

Bild 1a. Neue elektrische Schnellzuglokomotive 1 Bo + Bo 1 auf dem Hofe des Dynamowerks der Siemens-Schuckertwerke A.-G. in Siemensstadt bei Besichtigung durch den Herrn Präsidenten des Verwaltungsrats und den Herrn Generaldirektor der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Von links nach rechts: 1. Wilhelm Wechmann, 2. Carl Friedrich v. Siemens, 3. Generaldirektor Dr. Dorpmüller, 4. Dr. Anger, 5. Dr. Frischmuth, 6. Geheimrat Dr. Reichel, 7. Dr. Dr. Baumann, 8. Robert v. Siemens, 9. Dr. Steuernagel, 10. Herrmann.

Elektrische Schnellzuglokomotive mit Tatzlagermotoren Type 1 Bo + Bo 1 für die Deutsche Reichsbahn.

Von Geheimen Regierungsrat Dr.-Ing. Walter Reichel.

Allgemeines.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft gab im Jahre 1925 mehrere Probe-Schnellzuglokomotiven für 20 t Achsdruck in Auftrag, um Erfahrungen mit verschiedenen Ausführungsarten des Einzelantriebes sammeln zu können. Die Siemens-Schuckertwerke hätten am liebsten den sogenannten Westinghouse-Antrieb — Zwillingsmotoren an einer Hohlwelle treibend — gewählt, zumal da ihnen infolge ihrer Austauschbeziehungen mit der Westinghouse Mfg. Co. in Pittsburg auch die amerikanischen Erfahrungen voll zur Verfügung standen. Aber die Reichsbahn hatte wegen Ausführung einer Lokomotive dieser Bauart bereits mit anderen Firmen Fühlung genommen und wünschte von den Siemens-Schuckertwerken eine andere Lösung zu erhalten. Zuerst legten die Siemens-Schuckertwerke eine Lokomotive mit 4 hochliegenden Einzelmotoren vor, die mit Zwischenzahnradern und Hohlwellen auf die Treibachsen arbeiten sollten. Doch wurde das damit verbundene größere Gesamtgewicht der Lokomotive bemängelt. Daher entschieden sich schließlich die SSW nach eingehenden Untersuchungen für die Ausführung mit Tatzlagermotoren, weil diese gerade als raschlaufende Schnellzugmotoren bei einfachster Bauart das geringste Gewicht für die Leistungseinheit besitzen (4800 kg für 525 kW Dauerleistung bei 110 km/h Fahrgeschwindigkeit). Solche Motoren belasten die Treibachsen etwa mit der Hälfte ihres Gewichtes in Form von unabgefedert Last, so daß auf der Treibachse keine größere unabgefederte Last ruht als etwa $5\frac{1}{4}$ t wie bei Dampflokomotiven, wo bis 6 t bereits jetzt auftreten. Verfasser hat keine Bedenken, daß unabgefederte Lasten solcher Größe etwa den Oberbau angreifen könnten; weiter wird

beschrieben werden, wie auch noch der geringe Anteil der Motorlast abgefedert werden kann.

Der Wagenteil wurde von A. Borsig G. m. b. H., Berlin-Tegel, geliefert.

Die Lokomotive hat ein Gesamtgewicht von rund 105 t, gewogen 103,4 t, und ist bestimmt zur Beförderung von Schnellzügen mit 600 t Zuggewicht im Sommer und 630 t Zuggewicht im Winter bei einer Grundgeschwindigkeit von 95 km/h sowie zur Beförderung von Personenzügen mit 500 t Zuggewicht im Sommer und 530 t Zuggewicht im Winter bei einer Reisegeschwindigkeit von 45 km/h. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt 110 km/h.

Die Gesamtanordnung der Lokomotive ist aus den Bildern 1a und 1b zu ersehen.

Bemerkenswerte Angaben sind:

Stromart: Einphasenstrom	16 $\frac{2}{3}$ Hertz
Fahrdraht-Nennspannung	15 kV
Treibrad-Durchmesser	1 400 mm
Lauftrad-Durchmesser	1 000 mm
Länge über Puffer	16 836 mm
Gesamtradstand	13 800 mm
Entfernung der Drehzapfen	5 800 mm
Gesamtradstand der Drehgestelle	5 700 mm
Fester Radstand der Drehgestelle	3 400 mm
Zahl der Motoren	4
Übersetzung der Zahnräder	1:3,65

Vertragliche Leistungen sämtlicher Motoren zusammen, gemessen an den Motorwellen:

1 Stunde lang	1064 kW	bei 33 km/h
1 „ „	2128 „	„ 66 „
dauernd	1800 „	„ 66 „
„	1980 „	„ 80 „
„	2060 „	„ 99 „
„	2000 „	„ 110 „

Anfahrzugkraft am Treibradumfang 19500 kg bei 64,5 km/h
Im Prüffeld ermittelte

Dauerleistung	2200 kW	bei 110 km/h
Gewicht der elektrischen Ausrüstung	49 t	
Gewicht des Wagenteils	56 t	
Gesamtgewicht	105 t	

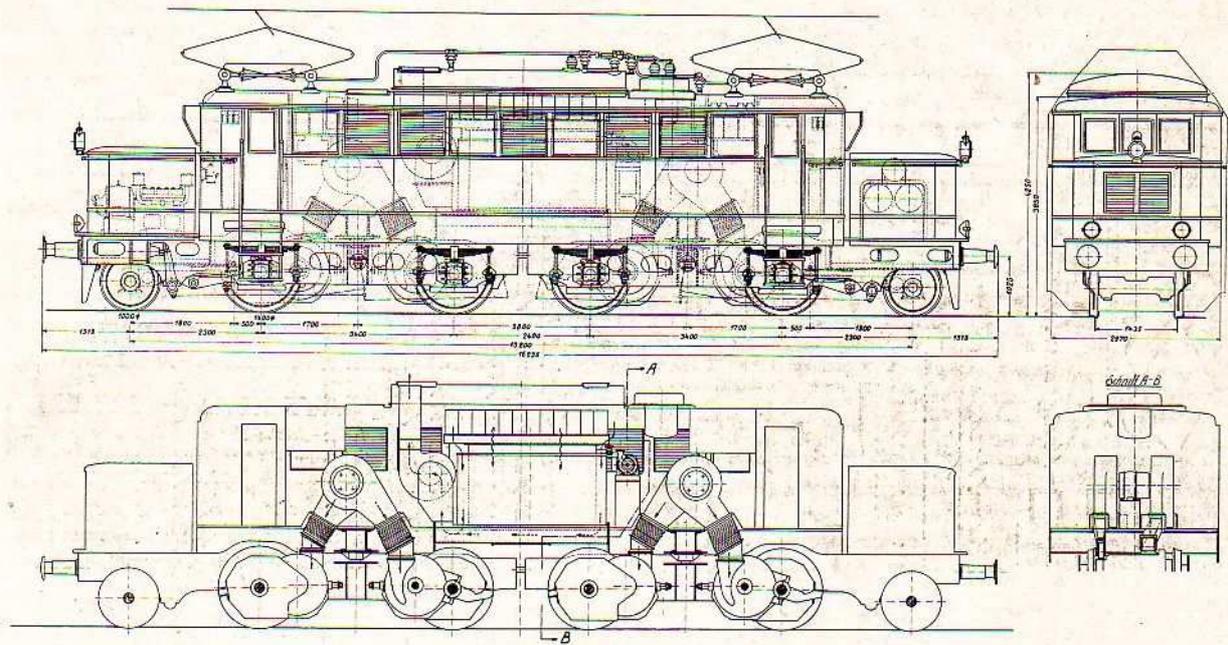


Bild 1b. Zeichnung der Schnellzuglokomotive. Maßstab 1:135.

Wagenteil.

Der Wagenteil besteht im wesentlichen aus den beiden Drehgestellen und dem Oberkasten.

Jedes Drehgestell (Bild 2) enthält zwei festgelagerte Treibachsen, die durch je einen Motor mittels Zahnradvorgelege angetrieben werden, und eine im Drehgestellrahmen angelenkte, als Bisselachse ausgebildete Laufachse. Der Rahmen ist als Außen-Blechrahmen durchgebildet. Beide Drehgestelle sind durch eine gelenkige Mittelkupplung miteinander verbunden, so daß die Zugkräfte der Motoren unmittelbar über diese Kupplung auf die Zug- und Stoßvorrichtungen übertragen werden.

Auf jedem Drehgestell erhebt sich über der Laufachse ein Vorbau. Der Vorbau des vorderen Drehgestells enthält die Hauptluftbehälter, die Akkumulatorenbatterie für die Beleuchtung und einen Werkzeugschrank, der Vorbau des hinteren Drehgestelles die Motorluftpumpe.

Die Drehgestelle sind mit dem Oberkasten durch zwei Drehzapfen verbunden, von denen einer mit

Rücksicht auf die Einstellung in Gleiskrümmungen längsverschieblich ist. Die senkrechten Drücke des Oberkastens werden auf die Drehgestelle durch je drei abgefederte Gleitpannen übertragen. Die Lastverteilung auf die Achsen kann mit Hilfe einer Federspannschraube am vorderen bzw. hinteren Gleitstück verändert werden.

Der Unterbau des Oberkastens ist mit Rücksicht auf die bedeutende senkrechte Belastung und die große Stützweite als Brückenträger aus U-Eisen und Winkeleisen ausgebildet. Der Oberkasten enthält an jedem Ende ein Führerabteil, dazwischen den Maschinenraum. In der Mitte des letzteren ist der ölgekühlte Transformator angeordnet (vgl. Bild 3), auf dem die Stufenschützen mit allen Ableitungen von den einzelnen Niederspannungsstufen des Transformators aufgebaut sind. Der Maschinenraum enthält ferner die Lüftersätze für den Transformator und die Fahrmotoren, den Ölpumpensatz und die Mehrzahl der elektrischen Schaltapparate, die in zwei Apparaterüsten untergebracht sind. Auf jeder Seite sind zwei feste Fenster, zwei Schiebefenster und fünf

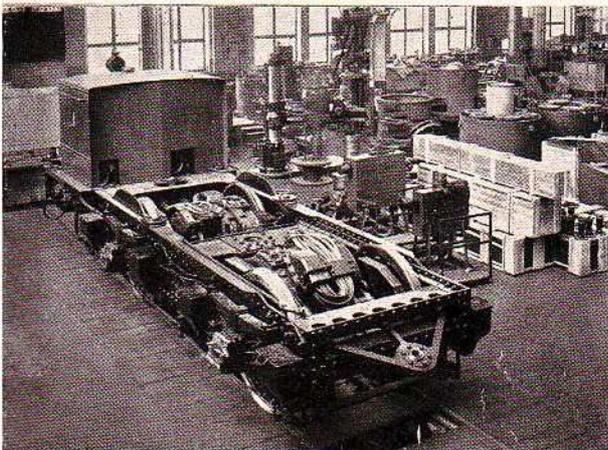


Bild 2. Drehgestell.

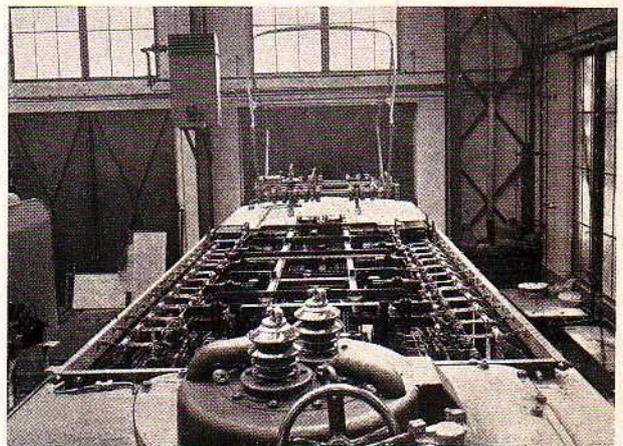


Bild 3. Blick in den Maschinenraum.

Lüftungsöffnungen mit Jalousien und Gittern vorgesehen. Bei heftigem Regen oder Schneesturm können die Lüftungsöffnungen durch Blechklappen verschlossen werden. Das Dach ist zum großen Teil abnehmbar, um den Transformator leicht ausbauen zu können.

Zur Bremsung dient die Kunze-Knorr-Luftdruckbremse, mit Zusatzbremse. Jedes Drehgestell enthält einen 14"-Bremszylinder, der die auf einer Seite drückenden Bremsklötze der beiden Treibachsen anzieht. Für die Handspindelbremse ist in jedem Führerstand ein senkrechtes Handrad vorgesehen, von dem unter Vermittlung einer nach dem Vorbau führenden Gelenkwelle die Bremse des betreffenden Drehgestelles betätigt werden kann.

Die Druckluftsandstreuere sind in der Weise an die Sandstreuähne angeschlossen, daß in der ersten Stellung des Sandstreuähnes die in der Fahrtrichtung vorderste Treibachse, in der zweiten Stellung alle vier Treibachsen besandet werden.

An dem Deckel ist die Kontakteinrichtung befestigt, bestehend aus sechs festen Klotzkontakten und sechs auf einer beweglichen Schaltbrücke sitzenden gefederten Klotzkontakten.

Der Schalterdeckel mit der Kontakteinrichtung kann nach Lösen der Verbindungsschrauben mit Hilfe von vier Zahnstangen hochgekurbelt werden, wodurch die Kontakte für die Untersuchung leicht zugänglich sind.

Am Deckel angebrachte Entlüftungsklappen ermöglichen den Ausgleich eines etwaigen Überdruckes bei schweren Abschaltleistungen.

Die bewegliche Schaltbrücke steht mit einer horizontalen Schaltwelle in Verbindung, auf deren einem Ende der mit einer Rolle versehene Einschalthebel sitzt.

Die gesamte Einrichtung zum Einschalten und Auslösen des Ölschalters, der sogenannte Antrieb, ist übersichtlich in einem neben dem Ölschalterkessel angeordneten Gehäuse enthalten.

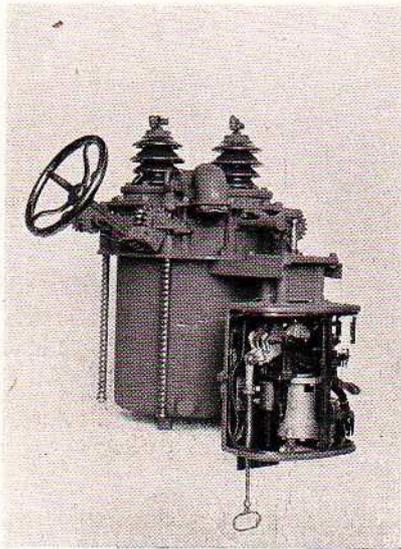


Bild 5. Ölschalter mit Antrieb.

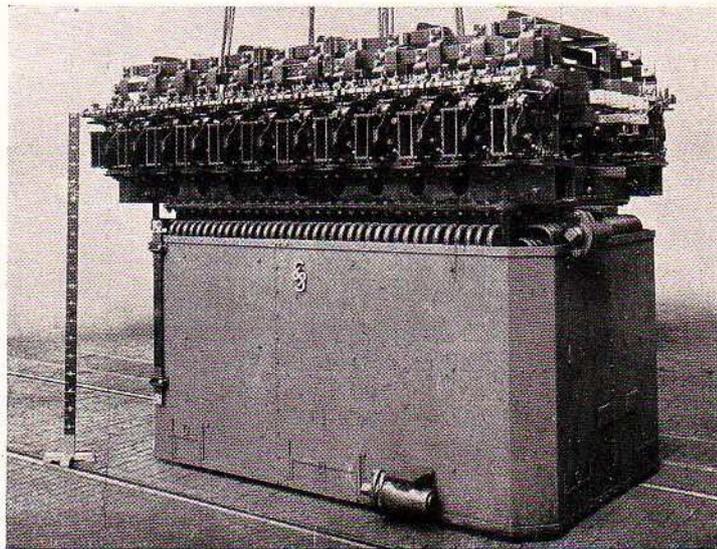


Bild 6. Transformator mit aufgebauten Stufenschützen.

Elektrische Ausrüstung.

Der Lauf des hochgespannten Stromes und des Stromes für die Fahrmotoren ist aus Bild 4 zu ersehen.

Hochspannungseinrichtung.

Der Einphasenstrom von 15 kV Nennspannung und von $16\frac{2}{3}$ Hertz Nennfrequenz wird von der Fahrleitung durch zwei Scherenstromabnehmer in der Einheitsausführung der Deutschen Reichsbahn abgenommen (vgl. Bild 1). In der Dachleitung, die von den Stromabnehmern zu dem Ölschalter führt, sind zwei Trennschalter angeordnet, die vom Innern der Lokomotive betätigt werden können.

Der Ölschalter (Bild 5) besitzt einen auf starken Überdruck berechneten Ölkessel, der mit einem hart aufgelöteten Stahlgußflansch auf dem Dach befestigt ist, so daß der Kessel in den Maschinenraum hineinragt. Der Deckel, der den Ein- und Ausführungsisolator enthält, befindet sich oberhalb des Daches. Der Kessel und der Deckel sind durch zwölf kräftige Schrauben verbunden.

Zum Einschalten dient ein Druckluftzylinder mit Kolben, der über eine Freilaufkupplung und eine Schaltstange auf den Einschalthebel wirkt. Falls Druckluft nicht vorhanden ist, muß das Einschalten mittels des im vorderen Führerstand befindlichen Handeinschalthebels erfolgen.

Das Ausschalten wird durch Senken der Schaltbrücke infolge Federkraft und Eigengewicht bewirkt. Die Auslösung der Ausschaltfedern kann von Hand durch Betätigung des in jedem Führerstand angebrachten Auslösehebels oder durch Ansprechen eines der drei in dem Ölschalterantrieb eingebauten Relais bewirkt werden:

1. Auslöserelais. Dieses wird mittels eines Kontaktes am Führerbügelventil in der Stellung „Ölschalter aus“ erregt.

2. Nullspannungsrelais. Die Magnetspule ist an die Steuerstromanzapfung 200 Volt des Transformators angeschlossen. Beim Sinken der Spannung unter etwa 120 Volt — das sind 60% der normalen Spannung — fällt der Anker ab. Eine Dämpfungsvorrichtung

verhindert die sofortige Auslösung des Ölschalters bei kurzzeitigem Spannungsrückgang.

3. Überlastzeitrelais. Die Magnetspule liegt im Sekundärstromkreis eines Stromwandlers, der in den Einführungsisolator des Ölschalters eingebaut ist. Sobald der Hochspannungsstrom den zulässigen, einstellbaren Wert eine bestimmte Zeit lang überschreitet, wird der Ölschalter ausgelöst.

Vom Ausführungsisolator des Ölschalters führt die Hochspannungsleitung zum Dachdurchführungsisolator und durch diesen ins Innere der Lokomotive zum Transformator, der in der Mitte des Maschinenraumes steht.

Der Transformator (Bild 6) setzt die Fahrdrachtspannung auf die für die Fahrmotoren und Hilfseinrichtungen geeignete Spannung herab. Er ist ein ölgekühlter Manteltransformator mit liegendem Blechkörper und stehend angeordneten Scheibenspulen in Sparschaltung. Die Oberspannungs- und die Unterspannungsspulen sind in Gruppen zusammengefaßt und auf den Kern abwechselnd aufgeschoben, um die Streuung gering zu halten. Während die Oberspannungsspulen aus Flachdraht gewickelt sind, sind die Unterspannungsspulen aus Kupferblechtafeln ausgeschnitten und haben in den unteren Stufen den wegen des hohen Anfahrstromes der vier parallel geschalteten Motoren (8000 A) großen Querschnitt von 765 mm².

Die der Oberspannungsklemme zunächst liegenden zwei Spulen haben verstärkte Isolation erhalten.

Der Transformator befindet sich in einem mit Öl gefüllten Kessel aus Eisenblech. Zur Abführung der Verlustwärme wird von einer durch einen besonderen Motor angetriebenen Kreiselpumpe (Bild 7) das Öl unten aus dem Kessel herausgesaugt.

Der Ölumlaufl geschieht in der Weise, daß das erwärmte Öl aus einem Sammelbehälter, der unterhalb der Spulen eingebaut und mit dem unteren Ölhahn am Kessel verbunden ist, von der Umlaufpumpe angesaugt und durch den oberen Ölhahn in einen Verteilungskasten gedrückt wird, der dicht unter dem Deckel am Umfang des Ölkessels entlangführt. Aus diesem Verteiler tritt das Öl in die mit Rippen versehenen Kühlrohre oben ein, wird von diesen unten wieder in den Kessel geleitet, steigt an dessen Wänden innen aufwärts und sammelt sich oberhalb der Spulen. Durch den Pumpendruck wird es durch die zwischen je zwei Spulen geschaffenen Kanäle hindurch in den bereits erwähnten Sammelbehälter gedrückt.

An den Rohren entlang, und zwar in Gleichrichtung zum Öl, wird ein Luftstrom (6,5 m³/s) gesaugt, der durch einen Blechmantel eingeeengt ist und die Öl-wärme aufnimmt.

Der Ölkessel mit den Henkelrohren ist von einem oben offenen Blechmantel umgeben. Durch die obere Öffnung wird von zwei Lüftern, die durch einen besonderen Motor angetrieben werden, Kühlluft angesaugt (Bild 8). Die Luft streicht an den Henkelrohren von oben nach unten entlang, durchströmt dann einen Sammelraum unter dem Transformator und wird schließlich durch zwei Abluftkamine über das Dach hinausgeblasen.

Der Deckel, durch den der Transformator-kessel oben öldicht abgeschlossen wird, enthält die Leitungs-

durchführungen, eine Öleinfüllöffnung, eine Sicherheitsmembrane und einen Ölstandszeiger. Zur Messung der Öltemperatur ist ein Quecksilber-Fernthermometer angeordnet.

Die Dauerleistung des Transformators beträgt rund 2100 kVA.

Die Niederspannungswicklung des Transformators ist mit zwölf Anzapfungen von 34 bis 697 Volt für den Motorstrom versehen. Außerdem sind eine Anzapfung 204 Volt für den Steuerstrom und drei Anzapfungen 629, 833 und 1020 Volt für die Zugheizung vorgesehen.

Im Kessel des Haupttransformators sind ferner zwei dreischenkige Schaltdrosselspulen, ein Ausgleichs-transformator und ein Hochspannungsstromwandler eingebaut.

Die Unterspannungsausführungen sind als breite Kupferschienen ausgebildet und an Hartpapierplatten befestigt. Sie stehen in Verbindung mit den Stufenschützen, die auf zwei Längsträgern auf dem Transformatordeckel isoliert aufgestellt sind (Bild 6).

Das Gewicht des ganzen Transformators einschließlich der Ölfüllung, der Schützen und der Verbindungsleitungen, so wie er auf dem Bild 6 dargestellt ist, beträgt rd. 15,4 t.

Fahrmotoren.

Jedes Drehgestell enthält zwei Fahrmotoren (Bild 9), die einerseits mit Tatzenlagern auf den Treibachsen ruhen, andererseits mit zwei Bolzen unter Zwischenschaltung von Federn im Drehgestell hängen.

Die Motoren sind Reihenschlußmotoren mit Wendepolen und Kompensationswicklung. Sie bestehen aus dem Gehäuse, dem Ständer, dem Läufer oder Anker, dem Bürstenring und den Zahnrädern mit Schutzkasten.

Das Gehäuse ist aus vier Teilen zusammengeschaubt: dem eigentlichen Gehäuse, in das der Ständer eingepreßt ist, dem Kollektorgehäuse mit großen Öffnungen für die Bedienung der Kohlebürsten und zwei Lagerschilden, welche die Rollenlager für die Läuferwelle enthalten. Die Tatzenlager besitzen Lagerschalen aus Stahlguß mit Weißmetallausguß und werden durch Wollkissen geschmiert, die mit leichtem Druck gegen die Achse gepreßt werden.

Der Ständer ist aus Blechringen mit Papierisolation zusammengesetzt, die durch Preßringe und Schrumpfstäbe zusammengehalten werden. In den Nuten sind in zehnpoliger Anordnung die Erreger-, Kompensations- und Wendewicklung enthalten.

Der Läufer besitzt eine Welle aus vergütetem Chromnickelstahl. Auf die Welle ist eine Stahlguß-nabe aufgepreßt, auf der die Ankerbleche und der Kommutator sitzen. Die Ankerbleche sind mit schräg zur Achse angeordneten Nuten versehen, um die Störungen in den Schwachstromleitungen zu vermindern.

Die Übertragung des Drehmomentes von den Motorläufern auf die Treibachse geschieht durch beiderseits angeordnete, einfache Stirnradgetriebe mit 23 zu 84 Zähnen bei 12 π Teilung. Während die Ritzel fest auf der Motorwelle aufgekeilt sind, haben die Zahnkränze der großen, auf die verlängerten Treibradnaben aufgepreßten Räder die Möglichkeit geringer tangentialer Verschiebung, um die unvermeid-

baren Ungenauigkeiten beim Aufpressen der beiden Räder auf einer und derselben Achse auszugleichen und kleine Abweichungen in der Parallelität der Treibradachse und der Läuferwelle zulassen sowie die beim Springen der Treibradachse auftretenden Stöße aufnehmen zu können. Die Rückstellung der Zahnkränze geschieht durch Blattfedern (Bild 10).

chem Zwecke die Kühlluft von rd. $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Motor aus dem Maschinenraum der Lokomotive entnommen und mittels Motorlüfter (Bild 11) dem Motor auf zwei parallelgeschalteten Wegen zugeführt wird (Bild 12). Der Luftstrom wird durch den Lagerschild auf der Kommutatorseite in die Kommutatornabe innerhalb des Belages geleitet und verzweigt sich vor dem Ein-

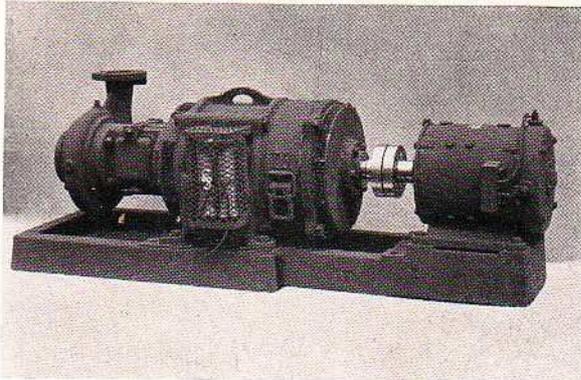


Bild 7. Ölumlaufpumpe mit Antriebsmotor und Lichtdynamo.

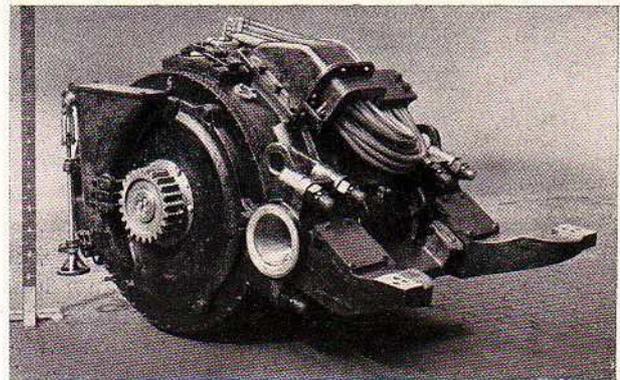


Bild 9. Fahrmotor.

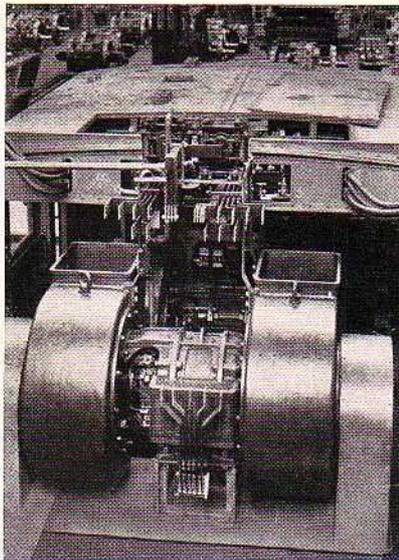


Bild 8. Lüftersatz für den Transformator.

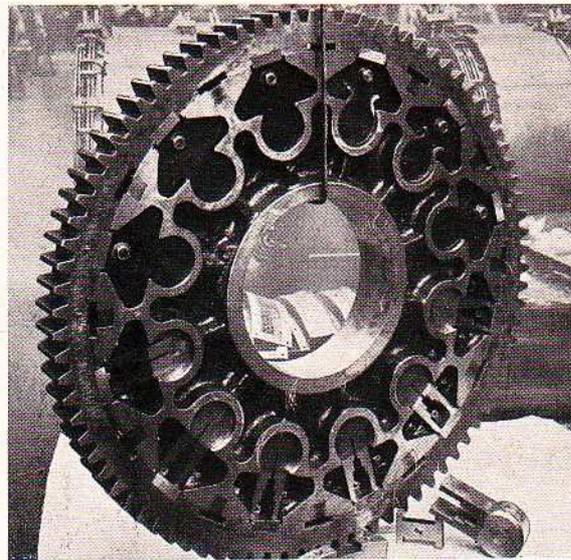


Bild 10. Gefedertes großes Zahnrad.

Über die Leistung des Motors ist folgendes zu sagen: Bei der Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive von 110 km/h und 1350 mm Durchmesser der Treibräder läuft der Motor mit rd. 1600 Umdr/min . Dem entspricht eine Zahngeschwindigkeit von rd. 23 m/s . Damit bei dieser hohen Geschwindigkeit und den hohen Zahnkräften die Wärme abgeführt werden kann, ist in jeden Zahnradschutzkasten eine kleine vom Zahnrad angetriebene Pumpe eingebaut, durch die das Schmieröl in starken Strahlen in den Zahneingriff eingespritzt wird. Zahnkranz und Ritzel sind aus hochwertigem, legiertem Stahl hergestellt, die Zahnflanken gehärtet und geschliffen. Der Zahnradschutzkasten ist aus Blechen zusammengeschweißt.

Der Motor ist als zehnpoliger kompensierter Reihenschlußmotor mit Parallelwiderstand zur Wendepolwicklung versehen. Als vollständig gekapselter Motor muß er mit Fremdlüftung ausgerüstet sein, zu wel-

tritt in die Läuferwelle; die größere Luftmenge wird durch besondere Lüftungsnuten, die unmittelbar neben den Wicklungsnuten nach der Welle hin in die Läuferbleche eingestanzt sind, axial durch den Läufer gedrückt und zieht die Wärme aus der Wicklung und dem Blechkörper, während die kleinere Luftmenge durch die Läuferwelle innerhalb des Blechinnendurchmessers hindurchzieht. Nachdem die beiden Zweige sich beim Austritt aus dem Blechkörper wieder vereinigt haben, wird die Luft an den Läuferwickelköpfen und den Ausgleichsleitern vorbeigeführt, von einem Schaufelrad gegen die Ständerwickelköpfe geblasen und verläßt den Motor durch Schlitze im Gehäuseumfang.

Der zweite Luftstrom wird oberhalb des Ständerblechpaketes in den Hohlraum des doppelwandigen Gehäuses geleitet und umspült den ganzen Umfang des Ständerückens. Auf der unteren Hälfte hat der

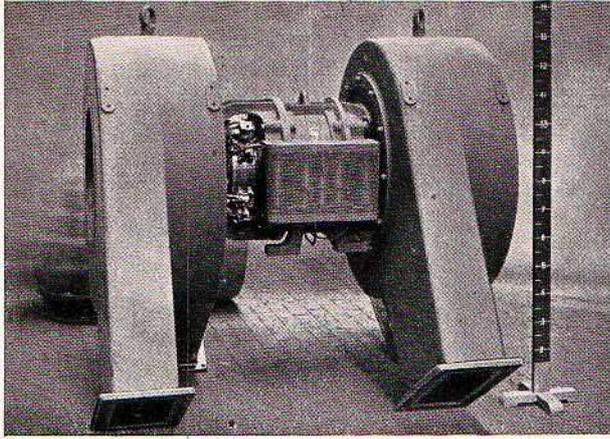


Bild 11. Lüftersatz für die Fahrmotoren.

Hohlraum Schlitze nach dem Kommutatorraum hin, in den die Luft über die Ständerwickelköpfe hineintritt. An vier Stellen des Umfanges werden Luftströme aus dem Hohlraum abgezweigt und durch Düsen radial auf den Kommutator geleitet. Aus dem Kommutatorraum befördert ein am Läufer angebauter Lüfter Kühlluft und Kohlenstaub durch Schlitze im Lagerschild ins Freie.

Die Kühlung ist so intensiv, daß die Leistung des Motors, der für 440 kW bei 960 Umdr/min. entworfen war, auf 525 bis 550 kW bei 1600 Umdr/min. ermittelt werden konnte. Meßergebnisse sind in nachstehender Tabelle und in der Kennlinie (Bild 13) zusammengestellt.

Motorgewicht 4800 kg ohne Zahnräder*)	die eingeklammerten Werte sind die Leistungen in der Lokomotive im Fahrluftstrom			
Dauerleistung an der Welle, kW	460 (480)	508 (530)	525 (550)	
Drehzahl, Umdr/min	960	1280	1600	
Geschwindigkeit km/h (bei halb- abgenutzten Radreifen)	67,0	89,5	111,8	
Klemmenspannung, Volt	430	535	610	
Ankerstrom, Ampere	1250	1100	980	
Erwärmung auf dem Prüffeld: Ständer und Kommutator 60°, Läufer 70° Übertemperatur.				

Es zeigt sich hier, daß infolge der guten Kommutierungseinrichtungen der Motor im Gegensatz zu älteren Motoren mit der vollen Stromstärke bis zu den höchsten Drehzahlen belastet werden kann, wodurch eine fast geradlinige, mit der Drehzahl ansteigende Leistungskurve entsteht. Voraussetzung hierfür ist natürlich, daß die Kupfer- und Eisenverluste, die mit der Drehzahl stark zunehmen, niedrig gehalten werden. Bei diesem Motor ist dies durch eine neuartige Ausführung der Ankerwicklung erreicht. Die Wicklung besteht nicht, wie sonst üblich, aus zwei übereinandergelagerten Schichten, sondern sie ist in vier Schichten angeordnet, wodurch der Leiterquerschnitt zur Vermeidung der Wirbelstromverluste niedrig gehalten werden konnte. Der nahezu quadratische Querschnitt des Leiters bringt es ferner mit sich, daß die Nutraumaussnutzung infolge geringer Raumbeanspruchung für die Leiterisolation besser wurde, was auch zu geringeren Kupferverlusten führt. Diese gute Ausnutzung des Motors mit der intensiven Kühlung macht sich dadurch besonders bemerkbar, daß die Dauerleistung stark

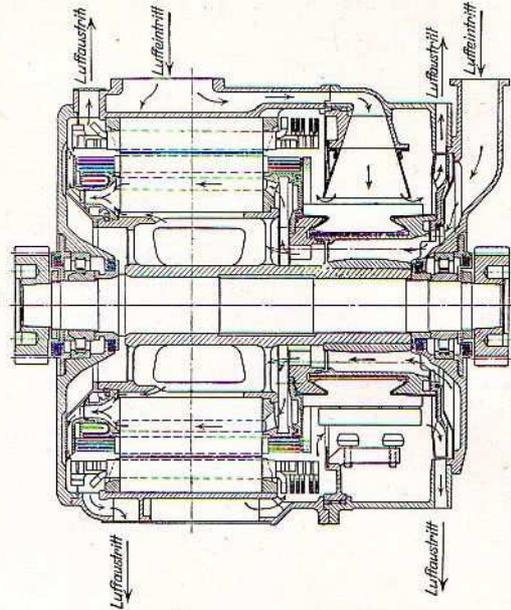


Bild 12. Zeichnung der Lüftung des Motors.

an die Stundenleistung heranrückt, und zwar beträgt die Dauerleistung 86% der Stundenleistung bei gleicher Drehzahl.

Bei der Höchstdrehzahl ist die Umfangsgeschwindigkeit am Kommutator gegen 45 m/s und am Läuferblechkörper gegen 67 m/s. Die hohe Ausnutzung zusammen mit knapper Konstruktion führte zu dem erfreulichen Ergebnis, daß bei einem Gesamtgewicht des Motors von 4800 kg ohne Zahnräder das Gewicht bezogen auf die Leistungseinheit nur $4800/525 = \text{rd. } 9,1 \text{ kg/kW}$ ist.

Eine Kontrolle der während des Betriebes auftretenden Erwärmung des Motors ist dadurch ermöglicht, daß in eine Spule der Kompensationswicklung eine Spirale aus ganz feinem Platindraht eingebaut ist, deren Widerstandszunahme an einem in Celsiusgraden geeichten Meßinstrument abgelesen werden kann. Außerdem ist noch eine Einrichtung getroffen, mit deren Hilfe nach Abstellen der Motoren

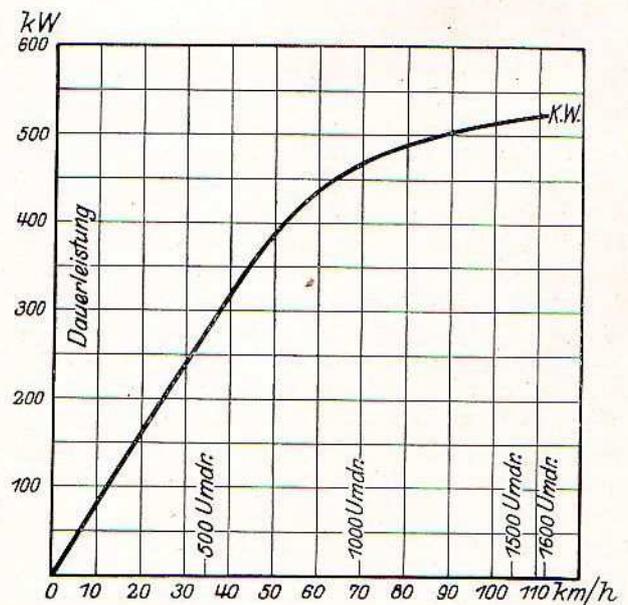


Bild 13. Kurve für die Dauerleistung des Motors.

*) Durch Verwendung eines geschweißten Gehäuses aus Stahlblech hergestellt, läßt sich das Gewicht auf 4500 kg ohne Zahnräder drücken.

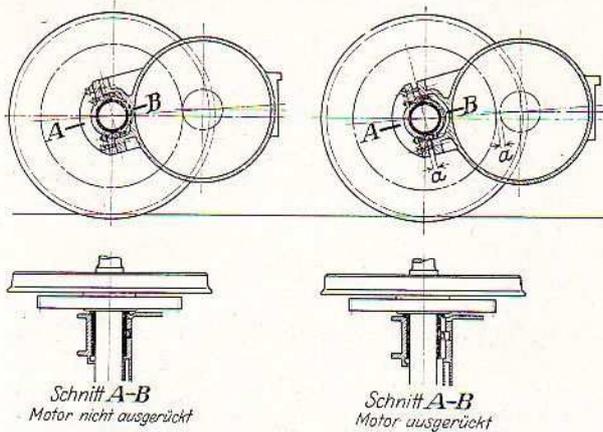


Bild 14. Zeichnung der Vorrichtung zum Ausrücken der Zahnräder.

die Widerstandszunahme der Kompensationswicklung selbst in derselben Weise gemessen werden kann, wie es im Prüfstande geschieht.

Beim Entwurf des Motors war die Aufgabe gestellt worden, daß die Kohlebürsten von oben besichtigt und von unten eingestellt und bedient werden sollen. Infolgedessen ist oberhalb des Kommutators eine kleine, durch einen leicht abnehmbaren Deckel verschlossene Öffnung und daneben ein Schauglas (Bild 9) und unterhalb des Kommutators eine große verschließbare Öffnung angebracht. Die Bürstenhalter sitzen an einem drehbaren Ringe, dessen Betriebslage durch eine Kerbe und eine unter Federdruck stehende Klinke festgelegt ist. Den Stromsammelringen im Bürsterring wird der Strom durch zwei Klemmenkontakte zugeführt, die durch Spindeln und Handräder geschlossen und gelöst und ebenfalls von unten her bedient werden können.

Bei Fahrzeugen mit mehr als einem Zahnradmotor fordert die Reichsbahn die Möglichkeit, die Zahnräder eines beschädigten Motors außer Eingriff zu bringen. Die Aufgabe ist beim behandelten Motor durch folgende, den SSW patentierte Einrichtung (Bild 14) gelöst. Im Tatzenlager ist zwischen der Lagerschale und dem Gehäuse ein Bügel eingebaut, der das Tatzenlager am Lagerdeckel festhält. Zum Ausrücken der Zahnräder werden nach Lösen der großen Deckelschrauben mit Abdrückschrauben, die im Lagerdeckel zwischen den großen Deckelschrauben eingedreht werden, die Lager aus ihrem Sitz im Gehäuse gelöst, ohne daß sie selbst geteilt oder geöffnet zu werden brauchen; sie stützen sich nach wie vor auf die Treibachse, und der ganze Motor wird mit Hilfe der Abdrückschrauben von der Treibachse weg nach der Aufhängeseite hin abgedrückt. Der Vergrößerung des Mittenabstandes von Läuferwelle und Treibachse können die Zahnradschutzkästen in geschlossenem Zustande dadurch nachgeben, daß der die Treibachse umschließende Teil ihrer Seitenwände schieberartig ausgebildet ist. Die Befestigung der Schutzkästen auf den Armen an dem Tatzenlagerdeckel muß vorher gelöst worden sein. Da nach dem Ausrücken die Lager geschlossen und ihre Schmierung gebrauchsfähig bleiben und da nach wie vor der Motor sich auf die Lager stützt, kann die Lokomotive mit verminderter Geschwindigkeit, aber mit eigener Kraft bis zum nächsten Ausbesserungswerk fahren.

Steuerung.

Die Verbindung der Fahrmotoren mit den verschiedenen Spannungsanzapfungen des Transformators wird durch Stufenschützen hergestellt. An jede der erwähnten zwölf Anzapfungen sind zwei Stufenschützen (Bild 15) angeschlossen. Diese besitzen einen oberen festen Kontakt, gegen den der untere Kontakt durch einen Elektromagneten bei Erregung mit Steuerstrom gepreßt wird. Zur Erzielung eines hohen Kontaktdruckes ist eine Kniehebelübersetzung vorgesehen*).

Die Stufenschützen sind in zwei Reihen zu je zwölf Stück auf dem Deckel des Transformators aufgebaut (Bilder 3 und 6).

Bei jeder Schaltstufe — mit Ausnahme der ersten und zweiten — sind stets drei Schützen in jeder Reihe eingeschaltet.

Die Einzelströme der Stufenschützen werden durch zwei Dreifach-Drosselspulen und einen Ausgleichstransformator, die, wie bereits angegeben, in dem Transformatorkegel untergebracht sind, zu einem Gesamtstrom mittlerer Spannung vereinigt, der sich wiederum teilt und über zwei Niederspannungsstromwandler, Schmelzsicherungen, die Fahrmotoren, den Fahrtwender und die Trennschützen zum Transformator zurückfließt.

Für jeden Fahrmotor ist eine doppelpolige Schmelzsicherung vorgesehen (Bild 16). Die Schmelzeinsätze bestehen aus Kupferlamellen. Sie werden mit Hilfe einer Keilverschraubung befestigt und sind daher leicht auswechselbar.

Um die Fahrtrichtung zu wechseln, wird die Stromrichtung in der Erregerwicklung der Fahrmotoren umgekehrt. Hierzu dient der Fahrtwender, der zwei

*) Vgl. H. Balke und P. Weber „Die Entwicklung der Schützen-Steuerungen für Wechselstrom-Vollbahn-Fahrzeuge“. — Elektrische Bahnen, 1927, Heft 8.

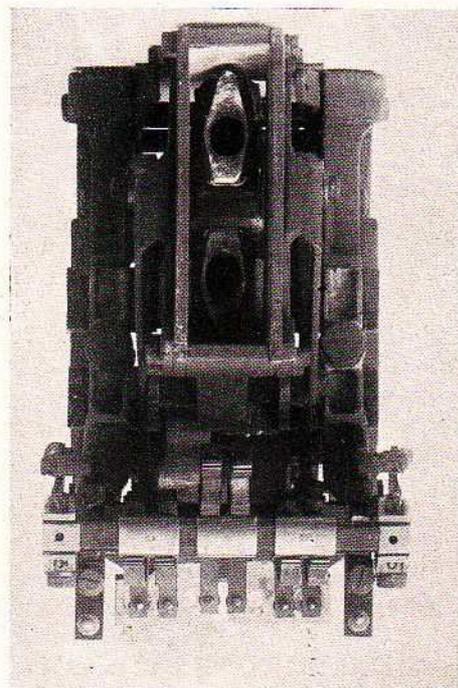


Bild 15. Stufen- und Trennschütz.

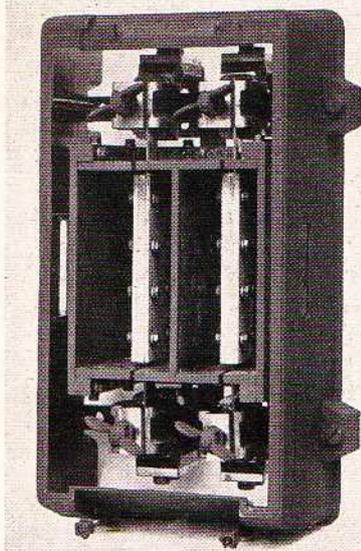


Bild 16. Motorsicherung.

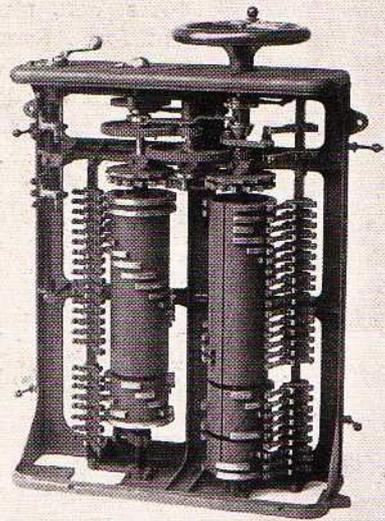


Bild 17. Fahrschalter mit Schutzwand.

Druckluftzylinder mit elektrisch gesteuerten Ventilen besitzt.

Durch die Trennschütze werden die Fahrmotoren in der Nullstellung des Fahrschalters einpolig abgeschaltet. Es ist hierfür dieselbe Schütztype wie für die Stufenschützen verwendet.

Der Strom zur Erregung der Magnete der Stufenschützen, der Trennschützen und der Druckluftventile des Fahrtwenders, der sogenannte Steuerstrom, wird im Betriebe einer besonderen Anzapfung des Transformators mit rd. 200 Volt Spannung entnommen. Um die Steuerung und die Hilfseinrichtungen ohne Fahrdratspannung prüfen zu können, sind im vorderen Apparaterüst der Schuppensteckerschalter und am Oberkasten außen zwei Prüfsteckdosen angeordnet.

Vom Schuppensteckerschalter fließt der Steuerstrom über die Steuerstromsicherung zu den Fahrschaltern.

Jeder Fahrschalter (Bild 17) besitzt zwei Hauptschaltwalzen, die durch ein gemeinsames Handrad gedreht werden, und eine Umschaltwalze, die durch den Fahrtrichtungshebel betätigt wird. Alle Schaltwalzen bestehen aus einer Achse, auf der isoliert miteinander verbundene Kontakttringe und Kontaktstücke befestigt sind. Auf diesen schleifen die Kontaktfinger, die isoliert an feststehenden Leisten angeordnet sind. Durch die Umschaltwalze wird je nach der Stellung entweder das Vorwärts- oder Rückwärts-Druckluftventil des Fahrtwenders erregt.

Durch die linke Hauptschaltwalze werden die Stufenschützen 1 bis 12, durch die rechte Hauptschaltwalze die Stufenschützen 13 bis 24 gesteuert. Beide Walzen sind durch ein Getriebe verbunden, so daß bei jeder halben Umdrehung des Handrades abwechselnd eine Walze sich um eine Stufe weiterdreht, während die andere Walze stillsteht. Die Zahl der Schaltstufen beträgt 21. Die jeweils eingeschaltete Stufe ist auf einer Zahlenscheibe durch ein kleines Fenster in der Deckplatte des Fahrschalters zu ersehen.

Die Umschaltwalze und die Hauptschaltwalzen sind mechanisch so verriegelt, daß die Umschaltwalze

nur bei Nullstellung des Handrades gedreht und das Handrad nur bewegt werden kann, wenn der Fahrtrichtungshebel auf „Vorwärts“ oder „Rückwärts“ gestellt ist. Der Fahrtrichtungshebel kann nur in der Nullstellung abgezogen werden.

In der Mitte des Handrades ist ein Auslöseknopf für den Steuerstrom-Schnellausschalter angeordnet, durch den der gesamte Steuerstrom unterbrochen werden kann. Der Auslöseknopf ist in der Weise gegen das Handrad verriegelt, daß es nach Betätigung des Knopfes erst wieder in die Nullstellung zurückgeschaltet werden muß, um die Motoren wieder einzuschalten.

Als Sicherheitseinrichtung sind zwei Niederspannungs-Höchststromauslöser vorgesehen, die

im vorderen Apparaterüst untergebracht sind. Die Magnetspulen der Auslöser sind an die im Stromkreis der Fahrmotoren liegenden Niederspannungs-Stromwandler angeschlossen. Sie besitzen Ruhekontakte, über die die Steuerstromrückleitung der Schützen geführt ist. Bei Überlastung der Motoren wird der Steuerstrom unterbrochen und die Fahrmotoren werden durch die Schützen abgeschaltet.

Die Stufenschützen sind durch Hilfskontakte gegenseitig verriegelt, damit beim Hängenbleiben eines Schützes Kurzschluß oder Überlastungen des Transformators und der Schaltdrosselspulen nicht auftreten können.

Der Fahrtwender ist ebenfalls mit Hilfskontakten versehen, sodaß die Stufenschützen erst eingeschaltet werden können, wenn der Fahrtwender die der Einstellung des Fahrtrichtungshebels am Fahrschalter entsprechende Lage hat.

Die Trennschützen werden beim Übergang von der Vorstellung zur Stellung 1 des Fahrschalters eingeschaltet. Der Steuerstrom fließt hierbei über zwei Kontakte des Fahrschalters zur Erde. In den weiteren Fahrstellungen fließt der Steuerstrom über Hilfskontakte der Trennschützen. Wenn die Fahrdratspannung ausbleibt oder bei Überlastung der Fahrmotoren der Steuerstrom durch die Niederspannungs-Höchststromauslöser unterbrochen wird, so werden dadurch die Trennschützen ausgeschaltet. Der Fahrschalter muß somit in die Nullstellung zurückgedreht werden, um von neuem anfahren zu können.

Die Verbindung vom Fahrschalter zu den Schützen, dem Fahrtwender usw. ist mit Hilfe von Steuerleitungen hergestellt, die in einem Kabelkanal (Bild 18) eingelegt sind.

Hilfseinrichtungen.

a) Meßeinrichtungen.

In jedem Führerstand sind an den in einem besonderen Gehäuse enthaltenen fünf Strom- bzw. Spannungsmessern*) abzulesen:

*) „Die Wechselstromlokomotive der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft auf dem Wege zur Vereinheitlichung“, Teil IV. — „Die Meßeinstrumente“ von Gerstmeier, Elektrische Bahnen, Juliheft 1926.

1. der von jeder Motorgruppe aufgenommene Strom bzw. die entsprechende Zugkraft am Radumfang unter Vernachlässigung der Verluste im Getriebe,
2. die dem Fahrdrabt entnommene Stromstärke,
3. die Fahrdrabtspannung,
4. die Spannung für die Zugheizung.

Auf den Geschwindigkeitsmessern, Bauart Deuta, sind die bei den verschiedenen Geschwindigkeiten höchstzulässigen Zugkräfte angegeben.

Das bereits erwähnte Meßinstrument zur Kontrolle der Motorerwärmung ist ein Ohmmeter, das auf einer Schalttafel im vorderen Apparategerüst angebracht ist. Die Schalttafel enthält auch die Umschalter, bei deren Betätigung die Meßelemente nacheinander an die Batterie und das Ohmmeter angeschlossen werden.

Die Erwärmung kann ferner bei Probefahrten mittels der Widerstandszunahme der Kompensationswicklung ermittelt werden. Zu diesem Zweck sind die Enden der Kompensationswicklung mit je zwei Anschlußleitungen versehen, die an eine besondere Klemmentafel angeschlossen sind. Vor Antritt und nach Beendigung der Fahrt wird die Kompensationswicklung an eine auf dem Meßwagen mitgeführte Batterie angeschlossen. Der Strom wird mit Hilfe eines Vorschaltwiderstandes auf gleichen Wert eingestellt. Die an einem Millivoltmeter abzulesende Zunahme des Spannungsabfalles in der Kompensationswicklung ist ein Maß für die Widerstandszunahme und die Temperaturerhöhung.

b) Lüfter und Ölpumpe.

Die Kühlluft für den Transformator wird durch einen Lüftersatz (Bild 8) zugeführt, der aus einem Wechselstrom-Reihenschlußmotor von 16,5 kW bei 200 Volt und 1850 Umdr/min und zwei Schleuderradlüftern besteht. Die Lüfterräder sind auf die Wellenstümpfe des Motors aufgekeilt, die Gehäuse sind mit den Lagerschilden des Motors verschraubt.

Die Ölpumpe (Bild 7) für den Transformator ist eine Niederdruckkreislumpumpe, die von einem Wechselstrom-Reihenschlußmotor von 4 kW bei 200 Volt und 2000 Umdr/min angetrieben wird. Letzterer treibt mittels einer elastischen Kupplung außerdem die Lichtdynamo an.

Für je zwei in einem Drehgestell enthaltene Fahrmotoren ist ein Lüftersatz (Bild 11) vorgesehen, der ebenfalls aus einem Motor und zwei Schleuderradlüftern besteht.

Die drei Lüftermotoren können mit Hilfe zweier elektromagnetischer Schützen und eines Umschalters, des Sommer-Winterschalters, der sich im vorderen Führerstand befindet, wahlweise von der Transformatoranzapfung 85 Volt oder 204 Volt gespeist werden. Durch den Fahrshalter wird auf der Stufe 4 selbsttätig das an die niedrige Spannung angeschlossene Schütz I eingeschaltet. Beim Rangieren laufen die Lüfter daher nur mit niedriger Drehzahl. Auf Stufe 6 werden die Lüftermotoren durch Einschalten des Lüfterschützes II an die höhere Spannung gelegt, wenn der Sommer-Winterschalter sich in der Stellung „Sommer“ befindet, und laufen mit voller Drehzahl.

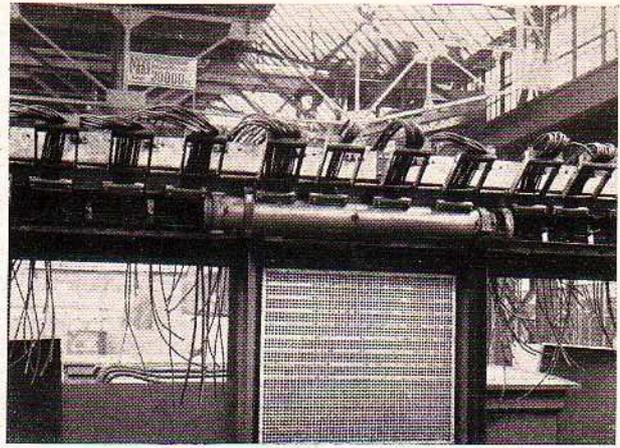


Bild 18. Kabelkanal während der Montage.

Beim Zurückdrehen des Handrades in die Nullstellung bleiben die Lüftermotoren eingeschaltet, weil das Lüfterschütz II über den Sommer-Winterschalter und Hilfskontakte des Schützes weiter erregt bleibt. Ist der Sommer-Winterschalter dagegen auf „Winter“ eingestellt, so fällt das Schütz I beim Übergang von Stufe 5 auf 6 nicht ab, sondern bleibt auf allen Stufen über den Sommer-Winterschalter und Hilfskontakte des Schützes eingeschaltet. Zum Abschalten der Lüfter in der Nullstellung des Fahrhalters ist in jedem Führerstand ein Druckknopf mit der Aufschrift „Lüfter aus“ angeordnet.

Um die Lüfter auch in der Nullstellung des Fahrhalters in Betrieb setzen zu können, ist in jedem Führerstand ein zweistufiger Lüfterhandschalter vorgesehen.

Zur Milderung des Stromstoßes beim Einschalten des Lüfterschützes II ist vor die drei Lüftermotoren ein Anlaßwiderstand gelegt, dem ein Schütz parallel geschaltet ist. Die Magnetspule dieses Schützes ist an die Ankerklemmen eines Lüftermotors angeschlossen. Sobald die Drehzahl des Motors einen bestimmten Wert erreicht, wird das Anlaßschütz eingeschaltet, das den Anlaßwiderstand kurzschließt.

c) Motorluftpumpe.

Die für die Luftdruckbremse, die Sandstreuer und die Luftpfeifen sowie zum Einschalten des Ölschalters und zum Heben der Stromabnehmer benötigte Druckluft wird durch eine zweistufige Luftpumpe (Lieferer Knorrbremse A.-G.) erzeugt, die durch einen Wechselstrom-Reihenschlußmotor (Lieferer Gruppe Bergmann und Maffei-Schwartzkopff) angetrieben wird. Der Motor kann von jedem Führerstand mittels eines Handschalters eingeschaltet werden. Zur Milderung des Stromstoßes beim Einschalten ist ebenfalls ein Anlaßwiderstand und ein Schütz zum Kurzschließen desselben vorgesehen.

Sobald der Druck 8 at erreicht, wird der Motor durch einen Druckregler (Lieferer Knorrbremse A.-G.) abgeschaltet. Dieser besteht aus einem an die Druckluftleitung angeschlossenen Druckluftzylinder, dessen Kolben mit einem Ausschalter verbunden ist. Wenn der Druck unter 6½ at sinkt, schließt der Schalter unter Wirkung einer Feder wieder den Stromkreis des Luftpumpenmotors.

d) Beleuchtung.

Zur Beleuchtung dient Gleichstrom von 24 Volt. Dieser wird durch eine von dem Ölpumpenmotor angetriebene Beleuchtungsmaschine, System Dick, für 24 bis 32 Volt, 0 bis 30 Ampere, 600/2600 Umdr/min geliefert. Damit bei einer Beschädigung der Beleuchtungsmaschine die Lampen und Signallaternen nicht erlöschen, ist eine Sammlerbatterie von 61 Ah Kapazität bei fünfstündiger Entladezeit vorgesehen. Das Zusammenarbeiten der Beleuchtungsmaschine mit der Batterie wird durch einen Beleuchtungsregler, System Dick, geregelt.

Zum Einschalten der verschiedenen Beleuchtungsstromkreise dienen Kleinautomaten, die gleichzeitig die Schmelzsicherungen ersetzen. Die Kleinautomaten sind in den Nebenschaltkästen enthalten, die in den Führerständen an der Rückwand angeordnet sind. Für die Deckenlampen im Maschinenraum ist Hotelschaltung vorgesehen.

e) Heizung der Führerstände.

In jedem Führerstand sind zwei Heizkörper mit Heizschläuchen von Brockdorff-Witzenmann angeordnet. Einer derselben ist mit einem Einsatz zum Wärmen von Speisen versehen. Zum Einschalten der Heizkörper dienen ebenfalls Kleinautomaten.

f) Einrichtung für Zugheizung.

Wie bereits erwähnt, ist der Transformator mit drei Anzapfungen 629, 833 und 1020 Volt für die Heizung

der Wagen vorgesehen. Die Verbindung mit der Heizleitung erfolgt durch elektromagnetische Schützen, die elektrisch gegeneinander so verriegelt sind, daß jedes nur dann anspringen kann, wenn die beiden anderen nicht eingeschaltet sind.

Die Schützen werden durch die in den Führerständen neben dem Fahrshalter angebrachten Heizkontrollen eingeschaltet.

Der Heizstrom fließt von den Heizschützen über einen Stromwandler zu den Heizkupplungen. An die Sekundärwicklung des Heizstromwandlers ist der Heizstromauslöser angeschlossen. Bei zu starkem Anwachsen des Heizstromes wird durch den Auslöser die Steuerstromrückleitung des Heizschützes unterbrochen, sodaß dieses ausschaltet.

Es ist ferner ein Heizspannungswandler vorgesehen, an dessen Sekundärwicklung die Heizspannungszeiger angeschlossen sind.

Leitungen.

Die Starkstromleitungen sind als blanke Kupferschienen ausgeführt. Die Steuerstromleitungen und die Leitungen für die Hilfsmotoren sind in Kanälen zu beiden Seiten des Maschinenraumes unter dem Dach verlegt, wodurch sich eine sehr einfache und übersichtliche Leitungsführung ergibt (vgl. Bilder 3 und 18).

Ein weiterer Aufsatz über die Betriebseigenschaften der hier beschriebenen Lokomotive folgt.