

Der Abschluss der Elektrifizierungsarbeiten der Rhätischen Bahn

Autor(en): **Dürler, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79/80 (1922)**

Heft 20

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-38091>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Der Abschluss der Elektrifizierungsarbeiten der Rhätischen Bahn. — Wettbewerb für ein Wehrmänner-Denkmal des Kantons Zürich. — Miscellanea: Ausfuhr elektrischer Energie. Ausbau des Münchner Hauptbahnhofes. Verein deutscher Ingenieure. Schifffahrt auf dem Oberrhein. Eidgenössische Kommission für Mass und

Gewicht. Schifffahrt-Kanal von Mailand zum Po. Deutsche Gewerbeschau München. — Nekrologie: F. Walsler. — Konkurrenzen: Monument des Schweizerischen Schützenvereins in Aarau. Bebauungsplan für die Stadt Belgrad. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittlung.

Band 79. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 20.

Der Abschluss der Elektrifizierungsarbeiten der Rhätischen Bahn.

Von W. Dürler, Ober-Elektroingenieur der Rh. B.

(Fortsetzung von Seite 198.)

V. Elektrische Lokomotiven.

Eine Uebersicht über den gegenwärtigen Park an elektrischen Lokomotiven der Rhätischen Bahn gibt die nachstehende Zusammenstellung. Die Lokomotiven Pos. 1 bis 5, insgesamt 14 Stück, waren lediglich für die Engadinerlinien bestimmt gewesen; mit fortschreitender Elektrifizierung mussten sie auch auf den übrigen Strecken zu einem wesentlich strengeren Dienst herangezogen werden¹⁾.

I-D-1 Lokomotive, Lieferung 1918.

Die erste für die Kriegselektrifizierung angeschaffte, unter Pos. 6 aufgeführte Maschine ist seinerzeit von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. auf eigenes Risiko als eine für die Verhältnisse der Rh. B. passende Maschine für die schweizerische Landesausstellung 1914 gebaut worden. In Band LXXVI dieser Zeitschrift²⁾ hat sie seinerzeit Prof. Dr. W. Kummer näher beschrieben. Es sollen hier darum lediglich die vor Inbetriebnahme an der Lokomotive noch vorgenommenen Aenderungen erwähnt werden.

Schon an der Lokomotive Nr. 301 war es nötig geworden, den ursprünglich vorhandenen Zweistangen-Antrieb durch Einbau je einer horizontalen Kuppelstange zwischen den Motorkurbeln in Dreistangenantrieb umzuändern, da sich der Zweistangenantrieb ohne Einbau federnder Zwischenglieder hier wie auch anderwärts nicht bewährt hatte. Es wurde darum ebenso an dieser Ausstellungs-Lokomotive eine horizontale Kuppelstange angebracht.

Die Motoren, Bauart B. B. C.-Déri, erfuhren gleichfalls eine ganz wesentliche Verbesserung, indem Widerstands-Verbindungen eingebaut wurden. Diese sind nach der Brown, Boveri & Cie. geschützten Bauart ausgeführt und

¹⁾ Vergl. den schon erwähnten Bericht von Ing. H. Haueter, in Band LXXVII, S. 239 (13. Mai 1916).

²⁾ Band LXVI, S. 125 (11. September 1915).

bestehen aus Bändern eines Materials hohen spezifischen Widerstandes, das in Isolationsmaterial zwischen Metallplatten eingebettet ist. Diese Disposition der Widerstände vermeidet ein Heizen der Wicklung, was bei den früheren Ausfuhrungsarten mit in den Nuten eingebetteten Widerstandsverbindungen sich als grosser Nachteil erwiesen hatte; durch die Anwendung der Metallplatten wird aber auch gleichzeitig eine grosse momentane Wärmeaufnahmefähigkeit erreicht, wie sie bei den Anfahrten erforderlich wird. Die Widerstandsverbindungen gestatteten die Bauart des Motors mit nur einem Kollektor, während die übrigen Dérimotoren der Rh. B. sämtlich zwei Kollektoren besitzen.

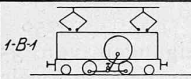
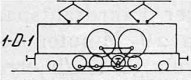
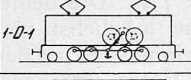
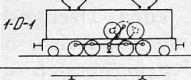
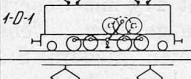
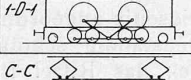
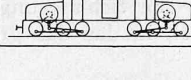
Nach dreimonatlichem Probetrieb ist die derart abgeänderte Lokomotive Ende 1918 von der Verwaltung der Rh. B. käuflich erworben worden.

C-C Lokomotive, Lieferung 1921.

Allgemeines. Die Bergstrecken (Albulalinie und Linie Landquart-Davos) mit ihren langen Rampen verlangten von vorneherein Lokomotiven grösserer Leistung und namentlich solche grösserer Dauerleistung als die ältern (Abbildungen 16 und 17). Der Vorspanndienst ist beim Betrieb einer Bahn gewöhnlich nicht sehr beliebt, auch überwiegen die Löhne für das zweite Lokomotivpersonal beim elektrischen Betrieb leicht gegenüber der Energie-Ersparnis, und es ist daher verständlich, wenn man zu möglichst leistungsfähigen elektrischen Lokomotiven greift.

Das maximale auf der Bergstrecke zu fördernde Zugs-gewicht ergab sich für die Albulalinie mit den längsten Ausweichgleisen von 200 m zu 200 t. Für diese Linie wurde daher auf der rd. 21 km langen Rampe mit 35 ‰ Steigung von den neuen Maschinen die Führung eines Anhängewichtes von 200 t gefordert; dabei sollte aber auch die Fahrgeschwindigkeit nicht hinter der der ältern elektrischen Lokomotiven mit 30 km/h zurückbleiben. Dies führte beim zulässigen Achsdruck von 11 t zum Bau einer Lokomotive mit sechs Triebachsen und einer Leistung am Radumfang von 1250 PS auf der Rampe. Bei der hierbei nahe liegenden Ausführung mit zwei dreiachsigen

Zusammenstellung der elektrischen Lokomotiven der Rhätischen Bahn

Pos.	Lieferjahr	Lok. №	Stückzahl	Type	Antrieb	Gewichte			Zahl & Stunden- bzw. Dauerleistung d. Motoren	Motortype	Gewicht pro Motor
						Mech. Teil incl. Bemannung & Ausrüstung.	Elektr. Teil	Komplet vollausgerüstet, ohne Schneepflug			
1	1912/13	201-207	7		Direkt über Blindwelle	kg 18900	kg 17810	kg 36710	1 x 300 PS 1 x 210 PS	Repulsion BBC-Déri	kg 9200
2	1913	301	1		Direkter Antrieb auf eine Triebachse mit Dreieck-Gestänge	26700	28470	55170	2 x 300 PS 2 x 210 PS	Repulsion BBC-Déri	9200
3	1912/13	351-352	2		Beide Motoren auf gemeinschaftliche Vorgelegewelle mit einseitigen Pfeilzahnradern und über Blindwelle	27840	21700	49540	2 x 300 PS ca. 2 x 200 PS	Seriemotor MFO	4300 einschl. Ritzel
4	1914	353-355	3		wie Pos. 3	30400	25870	56270 + 2500 kg für die Rückgewinnungs-Einrichtung	2 x 400 PS ca. 2 x 270 PS	wie Pos. 3	5200 einschl. Ritzel
5	1913	391	1		Wie Pos. 3, aber Zahn-räder beidseitig mit schrägen Zähnen	30200	25180	55380	2 x 300 PS	Doppelt gespeister Seriemotor AEG, Aufbau als Repulsions-motor.	4955 einschl. Ritzel u. Lagerköpfe
6	1918	302	1		Direkter Antrieb mit Dreieckgestänge fliegend zwischen zwei Triebachsen angreifend	28460	29400	57860	2 x 400 PS 2 x 290 PS	Repulsion BBC-Déri mit Widerstands-Verbindungen.	10250
7	1921 1922	401-406 407-410	6 4		Zahnradantrieb beidseitig auf tiefliegende Vorgelegewelle, von dort schräge Triebstange auf innere Kuppelachse	38400	27750	66150	2 x 600 PS 2 x 500 PS	Seriemotoren mit Widerstands-Verbindungen BBC	5750 ohne Ritzel

Drehgestellen ergab sich ein relativ kurzer fester Radstand und damit ein bedeutend günstigerer Anschnittwinkel in den Kurven als bei den ältern elektrischen Lokomotiven der Bauart 1-D-1, so dass es möglich schien, auf die Laufachsen zu verzichten, um eine nicht zu lange Maschine zu erhalten. Ihre Hauptdaten sind die folgenden:

für Thusis-St. Moritz, 200 t für St. Moritz-Thusis und 250 t für Thusis-Chur.

b) Landquart-Küblis-Davos Platz, zwei Fahrten hin und zurück mit Anhängengewichten von 200 t für Landquart-Küblis, 150 t für Küblis-Davos Platz und 200 t für Davos Platz-Landquart.

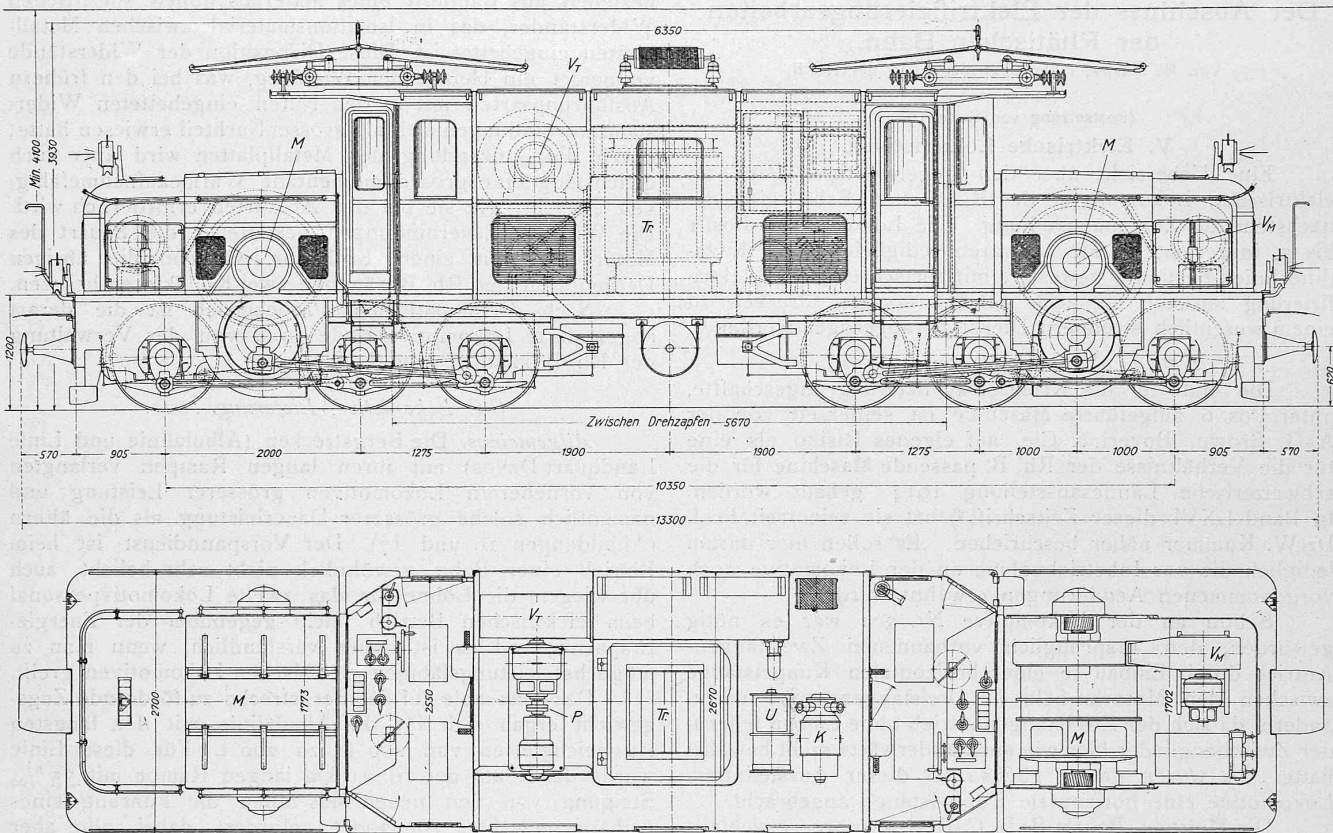


Abb. 16. Längsansicht und Grundriss der C - C - Lokomotive von 1200 PS Stundenleistung der Rhätischen Bahn. — Masstab 1 : 70.
Mechanischer Teil von der Schweizer. Lokomotivfabrik Winterthur, elektrischer Teil von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. und der Maschinenfabrik Oerlikon.

Spurweite	m	1,00
Maximale Steigung	‰	45
Maximale Fahrgeschwindigkeit	km/h	45
Fahrdrachtspannung: maximal	V	11 500
„ minimal	„	8 500
Periodenzahl pro Sekunde		15 ÷ 18
Fahrdrachthöhe über S. O.: minimal	mm	4 100
„ maximal	„	6 400
Maximale Höhe der Schleifstückoberkante:		
bei niedergelegtem Stromabnehmer	„	3 970
bei hochgestelltem Stromabnehmer	„	6 450
Maximale Schleifstückbreite	„	1 340
Maximale Länge der Lokomotive über Puffer (mit Rücksicht auf die Schiebebühnenanlagen)	„	13 300
Maximale Breite der Lokomotive	„	2 700
Triebraddurchmesser	„	1 070
Gewicht des mechan. Teiles einschliesslich Bremse, ohne Schneepflug	kg	37 950
Gewicht des elektrischen Teiles	„	27 750
Totalgewicht einschl. Personal und Sand, ohne Schneepflug, nach Abwägung	„	66 150
Laufmetergewicht: maximal	t	5,7

Der kleinste Kurvenradius beträgt auf offener Bahn 100 m, in Weichen 80 m, das Schienengewicht 23,5 bis 27 kg für den laufenden Meter.

Für die Leistungsfähigkeit wurden folgende Fahrten vorgeschrieben mit Umschlagzeiten von 20 Minuten und Aufenthalt auf jeder Zwischenstation von je einer Minute:

a) Chur-Thusis-St. Moritz, zwei Fahrten hin und zurück mit Anhängengewichten von 250 t für Chur-Thusis, 200 t

Hierbei sollten auf den Steigungen folgende Fahrgeschwindigkeiten eingehalten werden:

Steigung ‰	Anhängelast t	Fahrgeschwindigkeit km/h
45	150	30
35	200	30
20	250	31
10	250	36
0	250	45

Auf den Steigungen von 35 und 45 ‰ wurde mit obigen Belastungen beim normalen Schienenzustand und 9000 Volt mittlerer Fahrdrachtspannung ein sicheres Anfahren verlangt, in 2 1/2 Minuten sollte die vorgeschriebene Geschwindigkeit von 30 km/h erreicht werden.

Mechanischer Teil. Die beiden Drehgestelle erhielten Aussenrahmen, um möglichst viel Platz für den Einbau des Motors zu gewinnen; es ist dadurch möglich geworden, einen Normalspur-Motor einzubauen. Die erste und letzte Triebachse eines jeden Drehgestelles sind im Rahmen fest gelagert, die mittlere Achse besitzt 2 × 20 mm Seitenspiel. Zwischen der äussersten und mittleren Triebachse ist im Rahmen mit 215 mm Ueberhöhung gegenüber diesen die Vorgelegewelle gelagert. Ueber diese ruht in den am Rahmen angeordneten niedern Stahlguss-Lagerböcken der als geschlossener Lagerschildtyp ausgebildete Motor. Er arbeitet mittels beidseitig angeordneter Zahnradübersetzung 1 : 4,134 mit gegenständig schräg gestellten Zähnen auf die Vorgelegewelle; das Ritzel ist gegen die Vorgelegewelle abgedefert. Die Schmierung der Zahnräder erfolgt lediglich durch Oel, in das das grosse Zahnrad eintaucht.

Das Drehmoment wird vom Kurbelzapfen der Vorlegegehwelle mittels einer schrägen Triebstange auf die hinterste der drei gekuppelten Triebachsen übertragen; es ist dies der gleiche Antrieb, der sich schon bei der ersten Lötschbergbahn-Lokomotive¹⁾ gut bewährt hat.

Die Lokomotivbrücke stützt sich durch die zwischen den beiden innern Triebachsen liegenden Drehzapfen auf die H-förmigen Querverbindungsstücke der Drehgestellrahmen.

hauptsächlich gerügte Nachteil, dass man die Motoren weniger unter Augen hat, wurde bisher nicht empfunden.

Der eigentliche Lokomotivkasten umfasst einen mittleren Raum zur Aufnahme von Transformator, Schaltapparaten, Ventilations-, Vakuumpumpen- und Kompressor-Aggregaten, mit auf einer Seite angeordnetem Längsgang, und den an beiden Kastenenden angeordneten Führerständen. In jedem Führerstand ist rechts eine Tür an der

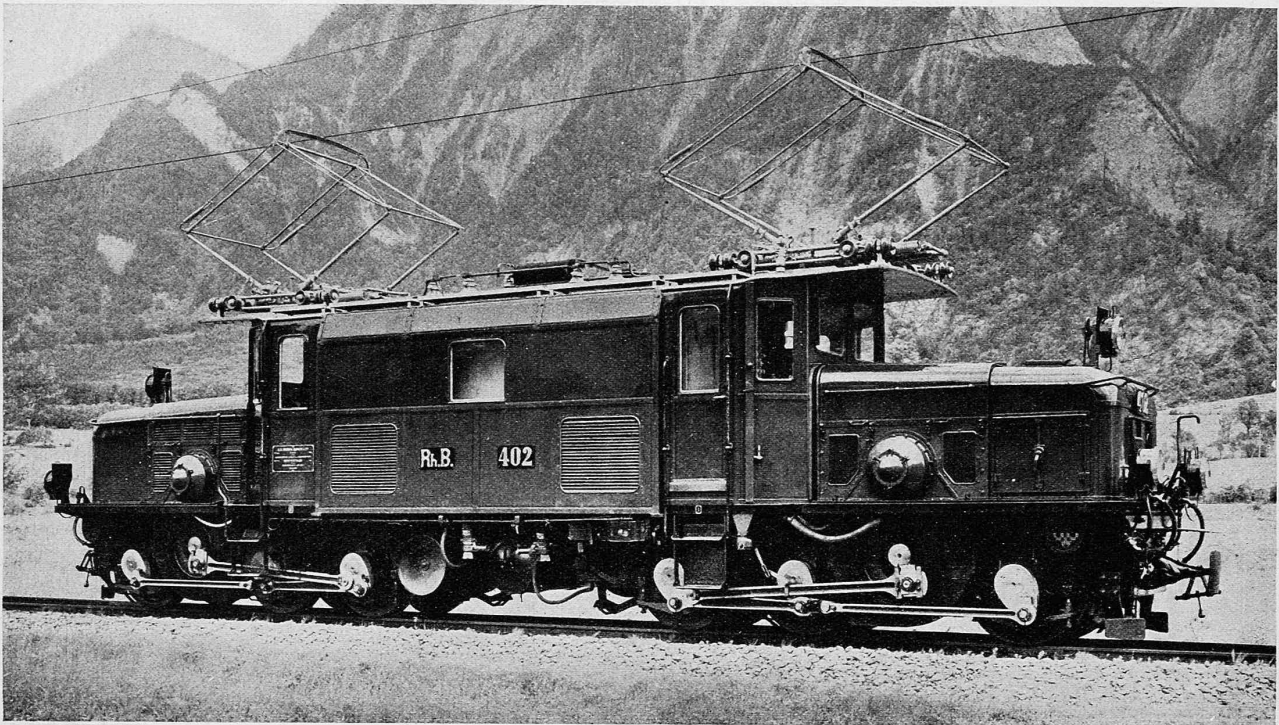


Abb. 17. C-C-Schmalspur-Lokomotive der Rhätischen Bahn. — Dauerleistung 1000 PS, Stundenleistung 1200 PS, max. Fahrgeschwindigkeit 45 km/h.

Als seitliche Abstützung sind auf Federn ruhende Stützen angeordnet. Ausserdem ist die Brücke am hintern Ende jedes Drehgestells mittels einer abgefederten Pendelstütze abgestützt; an gleicher Stelle ist auch ein Fangbügel angebracht, zur Sicherung gegen das Herausspringen des Drehzapfens aus seiner Pfanne bei Entgleisungen und dergl. Da die beiden Drehgestelle nicht miteinander gekuppelt sind — Platz für eine Kupplung wäre kaum vorhanden gewesen —, findet die Uebertragung der halben Zugkraft durch die beiden Drehzapfen und die Lokomotivbrücke statt, was jedoch keinerlei Nachteile brachte.

Die Kastenvorbauten über den Drehgestellen besitzen aufstellbare Klappdeckel, die eine leichte Revision der Kollektoren und Lager ermöglichen. Diese Vorbauten konnten schmaler als der Lokomotivkasten gehalten werden, sodass durch den seitlichen Durchgang ein Uebergang vom Zug auf die Lokomotive möglich wird.

Ueber die Zweckmässigkeit solcher Vorbauten an den elektrischen Lokomotiven gehen die Ansichten sehr auseinander. Bei der Rh. B. ist diese Bauart jedenfalls gegenüber den ältern Maschinen, die nur einen einteiligen Lokomotivkasten besitzen, als äusserst vorteilhaft empfunden worden und zwar in erster Linie für die Werkstätte, da der Ausbau der Motoren ganz entschieden erleichtert wird. Die Kastenvorbauten können sehr rasch für sich abgehoben werden, sodass nach Lösen seiner Kabelverbindungen der Motor ausbaubereit ist. Innerhalb zwei Stunden nach Eintreffen der Maschine in der Werkstätte ist es möglich, einen Motor vollständig auszubauen. Weiter bietet der Kastenvorbau dem an die Bauart der Dampflokomotive gewohnten Führer ein grösseres Gefühl der Sicherheit, der Führerstand kommt weiter zurück zu liegen, sodass die Fahrt im Führerstand weniger ermüdend wird. Der

¹⁾ Vergl. die Beschreibung in Band LVII, S. 89 (18. Februar 1911).

Lokomotivlängsseite angeordnet, links dagegen eine solche in der abgeschrägten Stirnwand für die schon erwähnte Uebergangsmöglichkeit vom Zug aus.

An mechanischen Bremsen ist eine Vakuumbremse System Hardy vorhanden, die beide Drehgestelle mit je sechs Bremsklötzen abbremst und einen Bremsdruck von 60 % des Adhäsionsgewichtes erzeugt, ferner eine auf das gleiche Gestänge wirkende Handbremse, mit der das zum betreffenden Führerstand gehörende Drehgestell abgebremst werden kann, bei Erzeugung eines Bremsdruckes von 50 % des gesamten Adhäsionsgewichtes. Die Vakuumbremse ist mit einer Sonderbremseinrichtung versehen, die so wirkt, dass bei normalem Bremsen während der Fahrt nur die Bremsen der Anhängewagen betätigt werden, während die Bandagen der Lokomotive vor zu starker Erwärmung geschont sind und ebenso die elektrischen Einrichtungen vor dem schädlichen Bremsstaub. Erst bei stärkerer Bremsung tritt die Lokomotivbremse selbsttätig in Funktion. Der Bremsschieber erlaubt dem Führer aber auch, durch Drehen in der andern Richtung die Lokomotive abzubremsen.

Als zum mechanischen Teil gehörig sind noch zu erwähnen die beiden Geschwindigkeitsmesser System Teloc, von denen der eine registrierend ist und Weg, Fahrgeschwindigkeit und Zeit genau markiert.

Der mechanische Teil der Lokomotive stammt von der Schweizer Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur.

Elektrische Ausrüstung. Die schon vorhandene grosse Zahl verschiedener Typen elektrischer Lokomotiven, die namentlich hinsichtlich der elektrischen Ausrüstung stark voneinander abweichen, liess es angezeigt erscheinen, den elektrischen Teil dieser sechs Maschinen in einheitlicher Ausführung zu beschaffen; dies musste sowohl für den Unterhalt, wie für die Bedienung und die Beschaf-

fung des Reservematerials nicht zu unterschätzende Vereinfachungen und Vorteile bringen. Es gelang denn auch, sich mit der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden und der Maschinenfabrik Oerlikon dahin zu verständigen, dass jede Firma die Lieferung einer Anzahl Teile übernahm. Brown, Boveri & Cie. als Generalunternehmer lieferten

führt die Leitung zu dem im Dach eingebauten Oelschalter und dann durch das Lokomotivdach zum Transformator. Dieser Einbau des *Hochspannungs-Schalters* in das Dach bringt den Vorteil mit sich, dass ein eigentlicher Hochspannungsraum dahin fällt. Die Betätigung des Schalters erfolgt pneumatisch von den beiden Führerständen aus

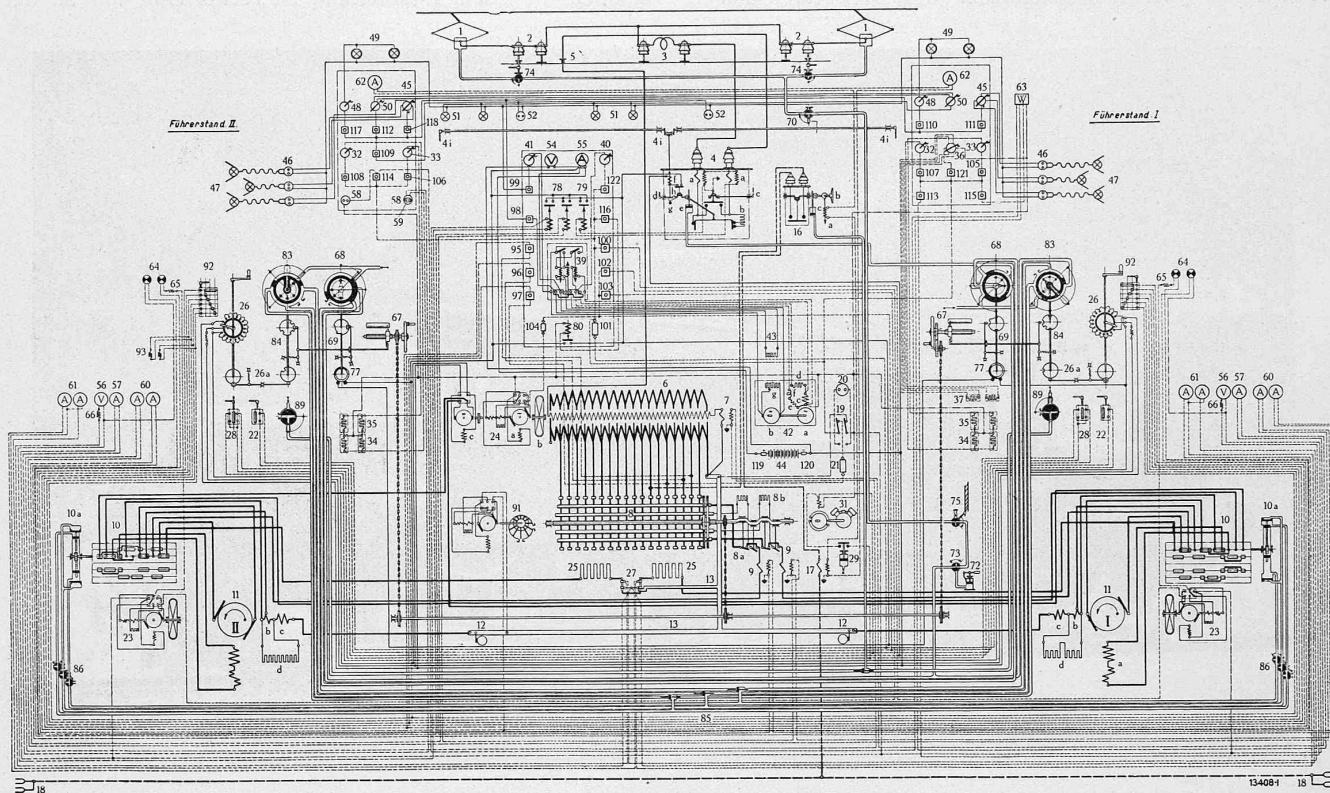


Abb. 18. Schaltungschema der elektrischen und pneumatischen Ausrüstung der C-C Lokomotiven von 1200 PS Stundenleistung.

Hochspannung: 1 Stromabnehmer, 2 Trennmesser, 3 Induktionsspirale, 4 Hauptschalter: a) Stromwandler für Max.-Strom-Relais, b) Stufenwiderstand, d) Handbetätigung, e) Luftbetätigung, f) Auslösespule, g) Auslöseklinke, h) Auslösestrom-Schalter, i) Hand-Notauslösung, c) Handbetätigung für Erdungsschalter, 5 Hochspannungseinführung, 6 Transformator, 7 Stromwandler für Hauptstrom, 8 Stufenschalter: a) Funkenschalter, b) Dämpfungswiderstand, 9 Stromwandler, 10 Wendeschalter mit a) pneumat. Antrieb, 11 Triebmotor: a) Erregerwicklung, b) Hilfspolwicklung, c) Kompensationswicklung, d) Hilfspolshunt, 12 Erdungsschleifring, 13 Erdungsschiene. — **Zugsheizung:** 16 Schalter für Zugsheizung, 17 Stromwandler, 18 Heizkupplung. — **Hilfsbetriebe:** 19/20 Umschalter und Steckdose für Depotanschluss, 21 Hauptsicherung, 22 Walzenschalter für Ventilatoren, 23 Motorventilator zu den Triebmotoren, 24 a) b) Motor-Ventilator zum Transformator, 24 c) Gleichstrom-Generator für die Erregung der Triebmotoren beim Bremsen, 25 Bremswiderstand, 26 Regulator für die Erregung des Generators (24 c) mit a) Sperrvorrichtung, 27 Shunt für Bremsstrom-Ampèremeter, 28 Walzenschalter für den Kompressor, 29 Kompressor-Automat, 31 Motor-Kompressor, 34 Fusswärmeplatte, 35 Führerstand-Heizkörper, 37 Oelwärmeplatte. — **Motorgenerator:** 39 Automat. Anlassapparat, 40 Schalter für den Motor, 41 Schalter für den Generator, 42 a) b) Motor-Generator, 43 Beleuchtungswiderstand, 44 Akkumulatoren-Batterie. — **Beleuchtungs-Stromkreis:** 45 Stufenschalter und 46 Steckdose für Lokomotiv-Laternen, 47 und 48 Schalter für Führerstand-Lampen, 49 und 50 Schalter für Innenlampen, 51 und 52 Steckdosen für Handlampe. — **Mess-Instrumente:** 54 Voltmeter und 55 Ampèremeter der Batterie, 56 Voltmeter und 57 Ampèremeter für Fahrleitungstrom, 58 Wattmeteranschluss, 59 Kurzschlussstecker, 60 Ampèremeter für Triebmotorstrom, 61 Ampèremeter für Triebmotorbremsstrom, 62 Ampèremeter der Zugsheizung, 63 Wattstundenzähler, 64 Meldelampe für Ventilator-Motor (23), 65 Widerstand dazu, 66 Vorschaltwiderstand für Voltmeter (56). — **Pneumatische Betätigung (Stromabnehmer):** 67 Handantrieb des Stufenschalters, 68 Stromabnehmer-Ventil, 69 Sperrvorrichtung dazu, 70 Sicherheits-Entleerungshahn, 72 Handluftpumpe, 73 Dreiweghahn dazu, 74 Absperrhahn mit Entlüftungsloch für Stromabnehmer verriegelt mit Trennmesser (2), 75 Verriegelungshahn für Dachleiter. — **Auslöse-Stromkreis:** 77 Auslöse-Kontakt für Hauptschalter, 78 Max.-Strom-Relais für Triebmotoren, 79 Max.-Strom-Relais für Hauptstrom, 80 Nullspannungs-Relais. — **Pneumatische Betätigung (Wende-Schalter, Zugsheizungs-Schalter):** 83 Wendeschalter-Ventil, 84 Sperrvorrichtung dazu, 85 Doppelrückschlag-Ventil, 86 Absperrhahn mit Entlüftungsloch zum Antrieb der Fahrtwender, 89 Dreiweghahn für Zugsheizungs-Schalter. — **Vakuumpumpe:** 91 Pumpe, 92 Bremskontrollen, 93 Stufenwiderstand dazu. — **Sicherungen:** 95 bis 123.

selbst in der Hauptsache die Traktionsmotoren, den Stufenschalter, die Stromabnehmer und führten die gesamte Montage aus; sie hatten dagegen die Lieferung von Transformator, Oelschalter, Wendeschalter, Ventilationsaggregaten und einer grösseren Anzahl Apparate an die Maschinenfabrik Oerlikon zu vergeben.

Das elektrische Schaltungschema der Lokomotiven ist in Abbildung 18 dargestellt. Da Vorspann und damit Vielfachsteuerung für diese grossen Lokomotiven überhaupt nicht in Frage kommen konnte, wurde für die Apparate reine Handsteuerung und Luftdruckbetätigung gewählt, wodurch sich das Schema relativ einfach gestaltet.

Der Hochspannungs-Stromkreis umfasst auf dem Dach die beiden Pantographen-Stromabnehmer, von denen jeder pneumatisch und elektrisch mit einem Griff, der Lufthahn und Trennmesser betätigt, vom Lokomotivinnern aus abgetrennt werden kann. Eine auf dem Dach angeordnete Drosselspule dient als Ueberspannungsschutz. Von ihr

mit einem Ventil, das in der ersten Stellung den Stromabnehmer anlegt. Sein Ausschalten geschieht elektrisch mittels Kontakten am gleichen Ventil oder durch Betätigung der Notauslösung mittels eines Gestänges. Automatisch kann die Auslösung durch drei Maximalrelais, eines im Transformatorenstromkreis und je eines in den beiden Motorenstromkreisen angeordnet, sowie durch ein Nullspannungsrelais erfolgen.

Der Transformator (Abb. 19) von 940 kVA Dauerleistung ist als Lufttransformator mit künstlicher Ventilation gebaut. Massgebend für die Wahl dieser Bauart war der Umstand, dass er leichter wurde als ein Oeltransformator; nur so konnte das durch den zulässigen Achsdruck begrenzte Gewicht der Lokomotive eingehalten werden. Befürchtungen gegen die Verwendung von Lufttransformatoren bei 11000 Volt Oberspannung bestanden bei der Rh. B. nicht, da sich bei den in fünf Lokomotiven seit 1913/14 in Betrieb befindlichen Lufttransformatoren keinerlei Schwie-

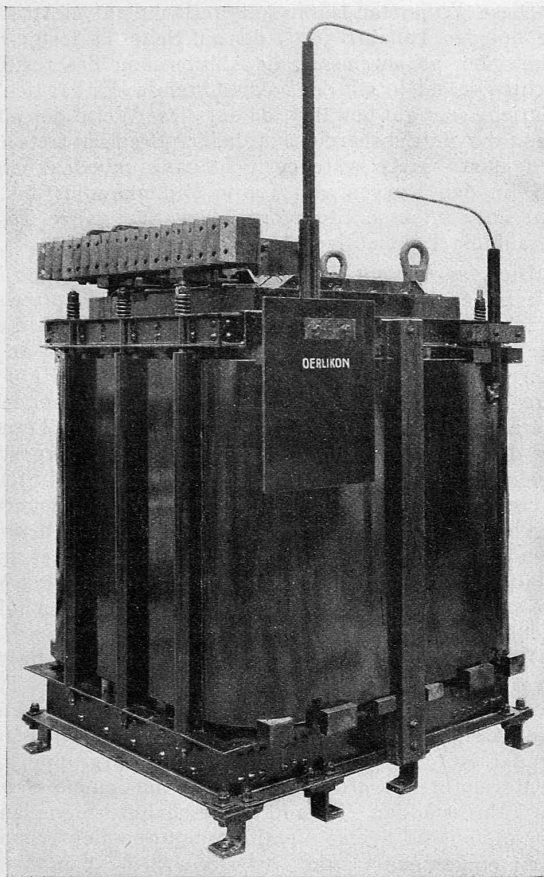


Abb. 19. Stufentransformator von 940 kVA der Maschinenfabrik Oerlikon.

rigkeiten ergeben hatten. Die innerhalb der Hochspannungswicklung angeordnete Niederspannungswicklung besitzt 18 Anzapfungen zur Speisung der Motoren, deren oberste 610 V aufweist. Sie besteht aus zwei parallel geschalteten, auf beide Säulen verteilten Hälften aus Flachkupperwindungen und einer darüber angeordneten, mit der erstern

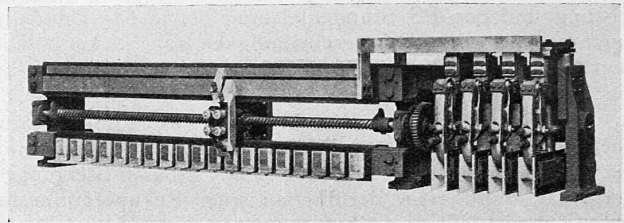


Abb. 20. Stufenschalter, geliefert von der A.-G. Brown Boveri & Cie.

in Serie geschalteten Wicklung aus Rundkupfer zur Erreichung der für später vorgesehenen Heizspannung von 1200 Volt. — Zur Kühlung des Transformators dient ein Ventilator von einer Leistung von 300 m³ Luft pro Minute bei 60 mm Wassersäule.

Im Triebmotoren-Stromkreis befindet sich zunächst, unmittelbar neben dem Transformator, der *Stufenschalter* (Abbildung 20), für 18 Fahrstufen gebaut, im Aufbau einem Batterie-Zellenschalter ähnlich, mit Haupt- und Hilfsbürste, zwischen die ein Widerstand beim Uebergang von einer Stufe zur folgenden eingeschaltet wird. Haupt- und Hilfsbürste werden durch das Drehen einer Leitspindel bewegt; diese letzte betätigt mittels Exzenter die auf einer Seite des Stufenschalters angeordneten Funkenschalter mit Blasspulen, an denen die Unterbrechungen im Haupt- und Hilfsbürsten-Stromkreis stattfinden. Die Betätigung des Stufenschalters erfolgt rein mechanisch durch Drehen der am Kontrollertisch angeordneten Handräder mittels Kettenübertragung und einer unter der Lokomotivbrücke durchgehenden, in Kugellager laufenden Welle.

Vom Stufenschalter führen die Verbindungskabel nach den in den Kastenvorbauten unmittelbar vor den Traktionsmotoren angeordneten Wendeschaltern, die ebenfalls rein pneumatisch betätigt werden und je eine Stellung für Vor- und Rückwärtsfahrt, sowie eine solche für elektrische Bremsung besitzen. Die Betätigung erfolgt durch ein Ventil, das neben dem Stromabnehmer- und Hochspannungschalter-Ventil auf dem Kontrollertisch angeordnet und in der üblichen Weise mit letztgenanntem Ventil und der Stufenschalterbetätigung verriegelt ist.

Die *Triebmotoren* (Abb. 21) sind zwölfpolig als reine Seriennmotoren mit Kompensations- und shuntierter Wendepolwicklung ausgeführt. Sie besitzen überdies Widerstandsverbindungen zwischen Ankerwicklung und Kollektor, in gleicher Ausführung wie die weiter vorn bei der 1 D 1-Lokomotive, Lieferung 1918, beschriebenen. Die Möglichkeit, sie als Normalspurmotoren zu bauen, erlaubte einen Typ zu verwenden, der schon bei den 1 B B 1-Probelokomotiven der Gottthardbahn ausprobiert worden ist. Der Kollektor mit 120 mm breiter Schleiffläche ist sehr kräftig gebaut und lässt eine Abnutzung von rd. 15 mm zu. Die zwölf Bürstenhalter, die je zwei schräg stehende Kohlenbürsten von 20 x 56 mm Schleiffläche führen, sind mittels Porzellan-Isolatoren an einem zur Revision mit Schneckentrieb drehbaren Bürstenjoch befestigt. Oben und unten am Lagerschild angebrachte Klappen ermöglichen eine leichte Kontrolle der Bürsten.

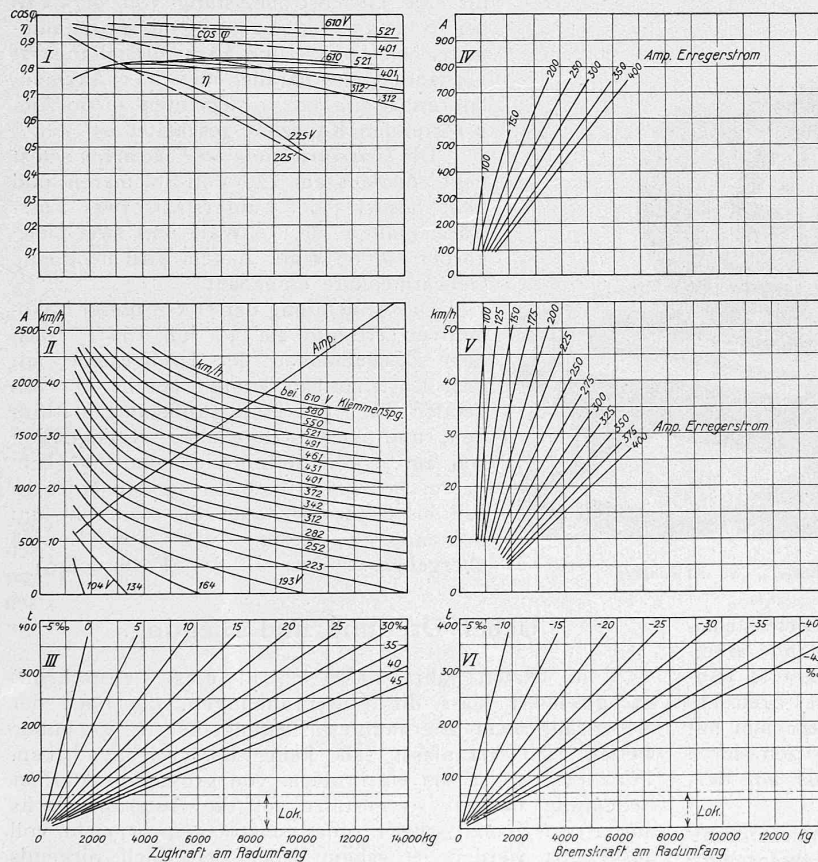


Abb. 22. Fahr- und Bremskurven des Triebmotors von 600 PS Stundenleistung der C.-C.-Lokomotiven. I Leistungsfaktor und Wirkungsgrad einschliesslich Verluste im mechanischen Teil der Lokomotive, ohne Transformator und Nebenbetriebe. II Stromaufnahme der Triebmotoren und Fahrgeschwindigkeit bei verschiedenen Klemmspannungen. III Zuggewichte einschliesslich Lokomotive auf verschiedenen Steigungen. IV Bremsstrom für Triebmotoren. V Fahrgeschwindigkeit. VI Zuggewichte einschliesslich Lokomotive.

Zur Kühlung des Motors ist unmittelbar daneben, durch kurzen Anschlusstutzen mit ihm verbunden, ein Ventilator angeordnet, gebaut für 120 m³ Luft pro Minute bei 100 mm WS und 1700 Uml./min., angetrieben von einem 5,5 PS-Einphasenseriemotor.

Der komplette Traktionsmotor ohne Zahnräder und ohne Ventilator wiegt 5750 kg. Er besitzt 500 PS Dauerleistung und 600 PS Stundenleistung bei je 615 Uml./min., entsprechend einer Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h. Die charakteristischen Kurven des Motors sind in Abbildung 22 auf Seite 14 dargestellt.

Im Anschluss an die Beschreibung des Motors sei zunächst noch etwas über die *elektrische Bremsanordnung* der Lokomotive gesagt. Bei den relativ grossen Steigungen der Rhät. Bahn wäre der Einbau einer Rekuperationseinrichtung jedenfalls vorteilhaft gewesen. Eine Untersuchung hat dann aber ergeben, dass diese Ausrüstung wesentlich schwerer gewesen wäre als die Apparatur für eine Widerstandsbremse; es hätte, um den zulässigen Achsdruck nicht zu überschreiten, die Lokomotivleistung herabgesetzt werden müssen, was einen neuen Motortyp bedingt hätte und auch sonst nicht erwünscht war. Andererseits konnten doch die Hauptvorteile des elektrischen Bremsens, nämlich die Schonung von Bandagen, die Ersparnis an Bremsklötzen und die Verminderung des schädlichen Bremsstaubes auch bei Widerstandsbremse erreicht werden und es wurde deshalb diese gewählt.

Hierzu werden die Felder der beiden Traktionsmotoren in Serie geschaltet und durch eine besondere Erregermaschine erregt, die mit dem Antriebmotor des Transformatorventilators gekuppelt ist. Die Erregermaschine selbst wird von der Beleuchtungsbatterie (18 Volt) aus erregt. Durch einen auf dem Führerstand angebrachten Nebenschluss-Regulator wird die Spannung dieser Erreger-

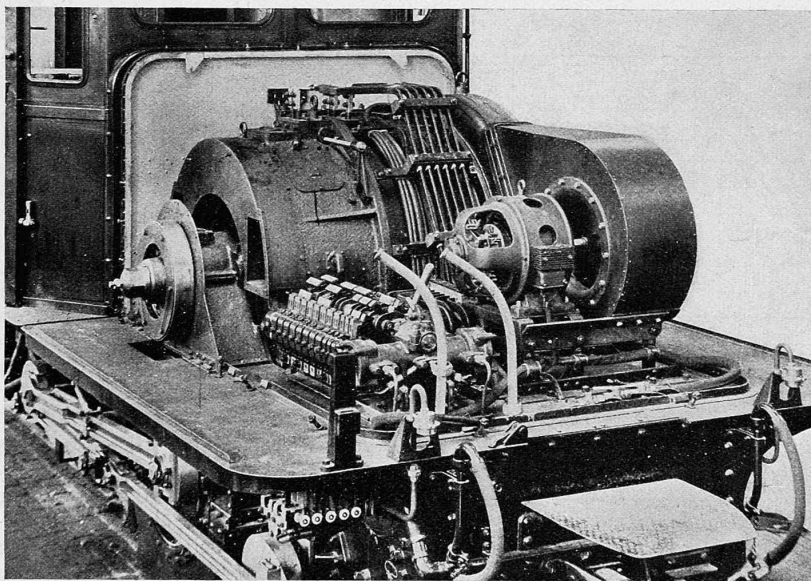


Abb. 21. 500 PS Lokomotiv-Triebmotor, Bauart Brown, Boveri & Cie., mit Zubehör.

maschine und damit die Erregung der als Gleichstrom-Nebenschlussgeneratoren auf zwei Bremswiderstände arbeitenden Traktionsmotoren verändert. Diese äusserst feinstufige Regulierung ermöglicht ein sehr stossfreies Bremsen. Das Umschalten der Motoren auf Bremsung geschieht mit den Wendeschaltern, die eine Bremsstellung besitzen, durch entsprechendes Umstellen des Druckluftventils auf dem Kontrollertisch.

Die Bremswiderstände sind aus Chromnickeldraht-Spiralen aufgebaut und seitlich neben dem Transformator in einem besondern Raum untergebracht. Sie werden mittels des Transformator-Ventilators gekühlt, der die durch den Transformator angesaugte Luft nachher durch sie drückt.

Diese Widerstandsbremse erlaubt auf elektrischem Wege bei der Talfahrt 50% der auf Seite 11 festgelegten Zugsgewichte abzubremse; die Abbremsung des restlichen Gewichtes geschieht mit der Vakuumbremse. Es hat sich dies im Betriebe sehr gut bewährt, da auf diese Weise der Führer sich von der Betriebsbereitschaft beider Bremsen stets überzeugen muss. Auch wäre es nicht ganz unbedenklich gewesen, in den Kurven von 100 m Minimalradius bei der zentral angeordneten Stossvorrichtung das ganze Zugsgewicht auf die Lokomotive abzustützen.

Die *Zugsheizung* geschieht z. Zt. noch mit 300 Volt, welche Spannung der siebenten Stufe des Haupttransformators entnommen wird. Die Leistung ist durch die zulässige Maximalstromstärke (von rd. 600 A.) der an den Wagen vorhandenen Heizkupplungen beschränkt. Für eine spätere Zeit, wo die Führung sehr langer Personenzüge grössere Heizleistungen erfordern sollte, ist am Transformator die Heizungsanzapfung von 1200 Volt vorgesehen, bei welcher 240 kW zum Anheizen während zwei Stunden bei Temperaturen unter 0° C, und 125 kW zum dauernden Heizen bei Temperaturen unter +10° C entnommen werden können. Das Aus- und Einschalten des Heizstromes in der Lokomotive geschieht durch einen mit automatischer Maximalauslösung versehenen Oelschalter, der von beiden Führerständen aus pneumatisch betätigt wird.

Die *Nebenbetriebe* liegen alle an der Spannungstufe von 220 Volt. Es sind dies die Antriebsmotoren des Transformator-Ventilators und der Ventilatoren der Traktionsmotoren, der Kompressor-Motor, der Vakuumpumpen-Motor, sowie der Motor der Beleuchtungs-Umformergruppe. Alle Ventilatormotoren werden zusammen mit einem Schalter in den Führerständen ein- und ausgeschaltet; Signallampen zeigen an, ob die beiden Ventilatormotoren der Traktionsmotoren eingeschaltet sind.

Für die *Lokomotivbeleuchtung* ist eine Einphasen-Gleichstrom Umformergruppe für eine Gleichstromleistung von 0,75 kW bei 18 bis 25 Volt Spannung mit einem automatischen Anlass- und Parallelschaltapparat vorhanden, die parallel mit einer Akkumulatorenbatterie mit 9 Elementen zu 60 Ampèrestunden Kapazität geschaltet ist.

Die *Heizeinrichtung der Lokomotive* selbst liegt ebenfalls am 220-Volt-Stromkreis, und zwar besitzt jeder Führerstand zwei Fusswärmeplatten zu 150 Watt und zwei Heizkörper zu 600 Watt. Zudem wird noch eine Oelwärmeplatte eingebaut.

Die Anlieferung der ersten dieser Lokomotiven erfolgte am 30. Juni 1921. Nach dem Zusammenbau der Drehgestelle mit dem Kastenaufbau konnte bereits am folgenden Tage die erste Probefahrt stattfinden, und nach stattgehabter Kollaudation war am 7. Juli die Inbetriebnahme möglich. In rascher Folge konnten in den Monaten Juli bis September auch die weiteren fünf Lokomotiven dieses Typs dem Betrieb übergeben werden. (Forts. folgt.)

Ueber Drehung und Biegung.

Im letzten Jahre habe ich in dieser Zeitschrift¹⁾ nachgewiesen, dass die Einschränkungen, die Bach der bisher allgemein anerkannten Biegungstheorie zu unterwerfen sich veranlasst sah, keine Berechtigung haben. Trotzdem es sich um ein Problem von grosser praktischer Bedeutung handelt, — gestützt auf die Autorität Bachs dürfen unsymmetrische Profile vielerorts nicht mehr voll ausgenützt werden, — scheint man sich doch nirgends dazu entschliessen zu können, die Kontroverse durch den *Versuch* zur Entscheidung zu bringen. Das ist zu bedauern.

¹⁾ Bd. 77, S. 195 (30. April 1921) und Bd. 78, S. 18 (9. Juli 1921).