Vollbahnbetrieb mit einphasigem Wechselstrom von 50 Perioden: Vortrag

Autor(en): **Bodmer, C.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **69 (1951)**

Heft 7

PDF erstellt am: **16.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-58809

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Wenn hingegen der primäre Zustand plastisch war, was bei Tongesteinen schon bei geringer Tiefenlage eintritt, bei pseudofestem Gebirge möglich ist und bei festem Gebirge ansehnliche, vom Tunnelbau bisher noch nicht erreichte Tiefenlagen erfordert, dann muss angenommen werden, dass — sofern keine Verfestigung des Gebirges eintritt — der echte Gebirgsdruck der Höhe der Ueberlagerung entspricht, ein Fall, bei dem die Gedankengänge Heims von der latenten Plastizität, die später durch Maillart und Andreae bestätigt wurden[30] [31]), tatsächlich zutreffen, wobei aber der waagrechte Seitendruck im ungestörten Gebirge keineswegs dem lotrechten Druck der Ueberlagerung gleichkommen muss.

[30]) R. Maillart: Ueber Gebirgsdruck. «Schweizerische Bauzeitung», Bd. 81, 1923, S. 168.

[31]) C. Andreae: Der Einfluss der Ueberlagerungshöhe auf die Bemessung des Mauerwerkes tiefliegender Tunnel. «Schweizerische Bauzeitung», Bd. 85, 1925, S. 71.

Vermehrte Anwendung des schrägen Bruchstrichs

DK 521.12

Seinem soeben erschienenen Buche «Grundlagen der graphischen Ermittlung der Druckschwankungen in Wasserversorgungs-Leitungen» stellt der Verlag R. Oldenbourg in München «Vorbemerkungen zum schrägen Bruchstrich» voran, denen wir folgendes entnehmen:

«In der mathematischen Literatur bürgert sich die Schreibweise mit dem schrägen Bruchstrich statt dem waagrechten immer mehr ein. Hierzu sei an folgendes erinnert: Der waagrechte Bruchstrich, der einzelne Doppelpunkt und der schräge Bruchstrich sind gleichbedeutende Zeichen der Division. Es gilt also:

$$\frac{a}{b} = a : b = a/b .$$

Der waagrechte Bruchstrich kann längere Ausdrücke zusammenfassen; seine Länge zeigt seinen Wirkungsbereich an. Die andern beiden Zeichen dagegen können nur je zwei benachbarte Zeichen in der Zeile verbinden, ebenso wie das Multiplikationszeichen.

Der Schrägbruchstrich erfordert also, die *Regel* zu beachten: *Die jeweils höhere Rechnungsart ist zuerst auszuführen,* also Division vor Multiplikation und beide vor Addition und Subtraktion, *solange weder Klammern noch sonstige Hinweise Gegenteiliges vorschreiben.*

Demgemäss ergeben sich folgende wichtige Formen:

$$a + b/c + d = a + \frac{b}{c} + d ;$$

$$a - b/c + d = a - \frac{b}{c} + d ; \; a/b \cdot c = \frac{a}{b}\, c .$$

Darinnen können a, b, c und d selbst zusammengesetzte Ausdrücke und selbstverständlich positiv oder negativ sein. Nur braucht für diese Formen beim Lesen der Schreibweisen mit Schrägbruchstrich die genannte Regel beachtet zu werden, denn alle sonstigen Ausdrücke mit Divisionen erscheinen unabhängig von der Regel eindeutig, weil Klammern gesetzt werden müssen, z. B.:

$$\frac{a+b}{c+d} = (a + b)/(c + d) .$$

Das Schreiben erfordert allgemeine Beachtung der Regel. Ausdrücke wie a/bc und $a/b/c$ sind nicht allgemein eindeutig und deshalb nicht allgemein brauchbar. Statt ihrer stehen eindeutige Formen zur Verfügung, wie $a/b \cdot c$ [noch deutlicher $(a/b)c$] und $a/(bc)$ sowie $(a/b)/c$ und $a/(b/c)$.

Beginnt der Nenner mit einem negativen Vorzeichen, so setzt man ihn besser in Klammern, also

$$\frac{a}{-b} = a/-b , \text{ besser } a/(-b) .$$

Die Formen mit waagrechtem und schrägem Bruchstrich seien einander in einigen Beispielen gegenübergestellt:

$$F/f - F/F_2 = \frac{F}{f} - \frac{F}{F_2} ;$$

$$F(t - x/a) = F\left(t - \frac{x}{a}\right) ;$$

$$\lambda/D \cdot c^2/(2g) \cdot dx + c^2/(2g) = \frac{\lambda}{D}\frac{c^2}{2g}dx + \frac{c^2}{2g} .$$

$$\lambda_1/\lambda_2 \cdot mn/y \cdot d_2 =$$

$$= \lambda_1/\lambda_2 \cdot m \cdot n/y \cdot d_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}\frac{mn}{y}\, d_2 .»$$

Wenn auch zuzugeben ist, dass die Schreibweise mit horizontalem Bruchstrich die Uebersicht erleichtert, bietet die Schreibweise mit schrägem Bruchstrich so grosse Vorteile für den Schriftsetzer, dass sie in der gedruckten Literatur — im Gegensatz zur Handschrift — nach Möglichkeit angewandt werden sollte.

Red.

Vollbahnbetrieb mit einphasigem Wechselstrom von 50 Perioden

DK 621.33.025.1

Vortrag, gehalten am 15. November 1950 im Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein von C. BODMER, Oberingenieur der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich

Fortsetzung von S. 72

5. Die $C_0\,C_0$-Lokomotive für die SNCF

Im Hinblick auf den Umstand, dass die konstruktiven Schwierigkeiten des 50 Hz-Motors mit der Leistung wachsen, hat die SNCF von Anfang an Lokomotiven mit grossen Leistungen in Aussicht genommen und die auf Tabelle 5 angegebenen Bedingungen gestellt. Die maximale Geschwindigkeit wurde zu 90 km/h festgesetzt. Die Lokomotiven waren mit elektrischer Nutzbremsung auszurüsten. Eine wesentliche Erschwerung bedeutete die Forderung, dass alle Züge auch mit Gleichstrom von 1500 V, wenn auch nur mit verringerter Geschwindigkeit, förderbar sein müssen, da der Bahnhof Aix les Bains mit dieser Stromart versehen ist. Naturgemäss ergaben sich hierdurch kompliziertere Anlagen und höhere Gewichte der Lokomotive.

Tabelle 5. Von der SNCF gestellte Leistungsbedingungen für die $C_0\,C_0$-Lokomotive

Steigung ‰	Anhängelast t	Geschwindigkeit km/h
	einstündig	
25	430	60
20	530	60
15	630	60
	dauernd	
10	780	65
5	1000	70
0	1300	80

Die Projektstudien ergaben, dass sich diese Bedingungen mit einer Lokomotive vom Typ $C_0\,C_0$ mit zwei dreiachsigen Triebdrehgestellen und sechs Triebmotoren erfüllen lassen. Die Einstundenleistung wurde zu rd. 2800 kW (3800 PS) festgesetzt. Bild 8 zeigt die Hauptabmessungen und die Raumeinteilung, Bild 7 eine Aussenansicht.

Ueber die berechneten Zugkräfte und weitere Grössen orientieren die Bilder 13, 14 und 15; sie gelten für normalen Wechselstrombetrieb, für Gleichstrombetrieb sowie für den Betrieb bei Rekuperation. Die zugehörigen Schaltschemata zeigt Bild 16. Wie dort ersichtlich, bilden die sechs Triebmotoren drei Gruppen mit je zwei in Reihe geschalteten Motoren.

An der Sekundärwicklung des Haupttransformators 7 befinden sich 16 Anzapfungen, die mit 16 Stufenhüpfern 13 ver-

Tabelle 6. Normalleistungen des Traktionsmotors der $C_0\,C_0$-Lokomotive

	Dauernd	Einstündig
Spannung V	230	230
Stromstärke . . . . . A	2400	2640
Leistung an der Welle . . kW	432	463
Geschwindigkeit . . . . . km/h	65	60
Zugkraft am Rad . . . . kg	2370	2750

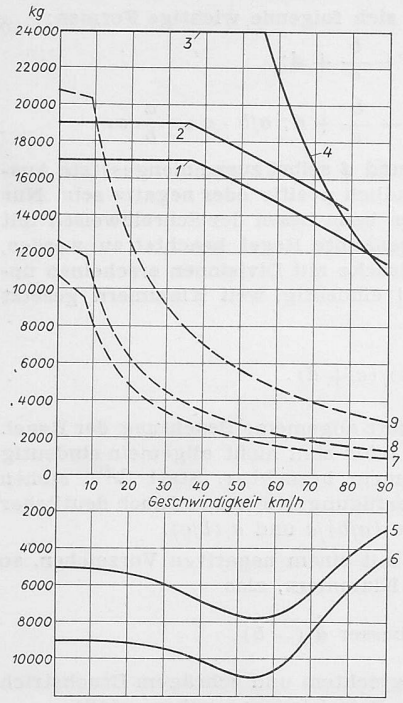

Bild 13 (links). Einphasen-Lokomotive für 20 kV, 50 Hz, Zugkräfte bzw. Bremskräfte in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

1 Dauerzugkraft
2 Einstundenzugkraft
3 Maximale Zugkraft
4 Zugkraft auf letzter Stufe
5 Einstundenbremskraft
6 Maximale Bremskraft
Gestrichelt: Zugkräfte im Gleichstrombetrieb 1500 V:
7 Dauerzugkraft
8 Einstundenzugkraft
9 Maximale Zugkraft

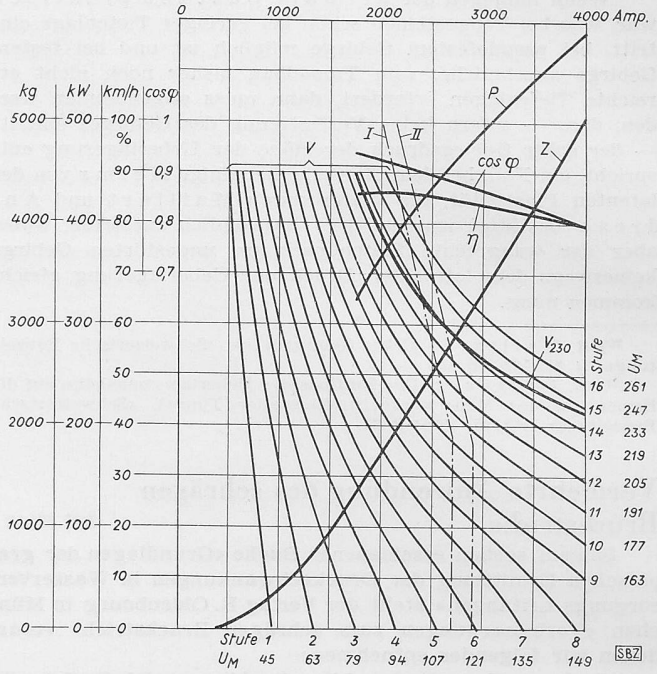

Bild 14 (rechts). Fahrkennlinien eines Triebmotors der $C_0\,C_0$-Lokomotive der SNCF

P Leistung in kW am Rad
Z Zugkraft in kg am Rad
V Geschwindigkeit in km/h bei 20 kV am Fahrdraht
V_{230} Geschwindigkeit in km/h bei 230 V am Motor
η Wirkungsgrad einschl. Getriebe in % bei 230 V am Motor (Getriebeverluste nach AJEE)
U_M Spannung in Volt am Motor bei 2400 A (Stufen 1 bis 4 im Stillstand).
I Dauerstrom, II Einstundenstrom, in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

bunden sind. Diese sind zu vier Gruppen von je vier Hüpfern zusammengeschaltet, von denen vier Ueberschaltspulen 15 (Vierzweigdrossel) nach einem Verzweigpunkt führen, an dem die drei Motorgruppen über Stromwandler 18 und Motortrennhüpfer 29 angeschlossen sind. Ein gemeinsames Erdschlussrelais 175 legt einen Punkt des Motorstromkreises an Erde und bewirkt im Falle eines Erdschlusses das Herauswerfen des Hauptschalters. Zur Nutzbremsung dient die schon früher erprobte Erregermotorschaltung.

Der Triebmotor selber weist ausser der verhältnismässig hohen Polzahl und dem Ausgleichleitersystem zweiter Ordnung gegenüber einem normalen Bahnmotor für $16\,^2/_3$ Hz keine besondern Merkmale auf. Die Zweifachparallelschaltung ermöglicht die Wahl eines günstigen Verhältnisses des Durchmessers zur Eisenlänge. Dank der mehrfachen Parallelschaltung der Statorwicklungen treten hohe Stromstärken nur an den Klemmen und an der Bürstenbrücke auf. Trotz des verschiedenen Einbaues konnten alle Triebmotoren genau gleich ausgeführt werden (Bild 22).

Für den Betrieb mit Gleichstrom musste eine besondere Einrichtung geschaffen werden. An sich würden sich die Einphasen-Triebmotoren für die Speisung mit Gleichstrom sehr gut eignen. Schwierigkeiten ergäben sich jedoch in der Anpassung der Spannung: Bei einer Fahrdrahtspannung von 1500 V müssten alle sechs Motoren in Reihe geschaltet werden und könnten trotzdem erst bei voller Geschwindigkeit und voller Leistung ohne Vorwiderstände arbeiten. Weiter müssten die verschiedenen Hilfsmotoren in ähnlicher Weise angepasst werden, was mit erheblichen Komplikationen verbunden wäre. Man verzichtete unter diesen Umständen auf die direkte Verwendung des Gleichstroms und stellte eine rotierende Umformergruppe von 500 kW auf, mit welcher der Gleichstrom in Einphasen-Wechselstrom von 30 bis 40 Hz umgewandelt wird. Der selbe Generator speist auch das Drehstromnetz für die Hilfsbetriebe. Damit konnte die ganze übrige Lokomotivausrüstung unverändert bleiben, was nicht nur die Konstruktion, sondern auch die Bedienung stark vereinfacht: Beim Wechsel der Stromart ist lediglich ein Steuerschalthebel umzustellen, während die Bedienung der Lokomotive im Bereich des Gleichstromnetzes genau gleich bleibt wie in dem des Wechselstromnetzes.

Die Zugheizung ist an der Klemme für 1500 V des Transformators angeschlossen; bei Gleichstrombetrieb erfolgt sie vom Fahrdraht aus. Die Hilfsmaschinen liegen als Kurzschlussankermotoren an einem Drehstromnetz, das vom dreiphasig gewickelten Generator 31, Bild 17, gespiesen wird, der beim Gleichstrombetrieb zur Versorgung der Traktionsmotoren mit Einphasen-Wechselstrom dient und von einem Gleichstrommotor angetrieben wird.

Bild 20 zeigt die günstig verteilte Anordnung der Ausrüstung im Lokomotivkasten. Ausser der Stromeinführung

Tabelle 7. Bei konstanter Klemmenspannung gemessene Wirkungsgrade des Traktionsmotors, gespeist mit:

Leistung an der Welle . . . . . %	75	100	125
Gleichstrom . . . . . %	91,0	92,0	91,6
Wechselstrom 50 Hz { Motor allein . . %	90,0	90,5	88,5
Wechselstrom 50 Hz { Motor mit Shunt . %	87,0	86,0	84,0

Tabelle 8. Auf Grund der Prüfstandversuche nach den IEV-Vorschriften ermittelte Lokomotiv-Leistungen

	Dauernd	Einstündig	Viertelstündig	Maximal
An der Motorwelle { PS	—	4300	—	—
An der Motorwelle { kW	—	3150	—	—
Am Rad kW	2970	3080	3480	—
Zugehörige Geschwindigkeit km/h	68	65	60	90 (100)
Zugkraft am Rad t	16	17,4	21,3	29

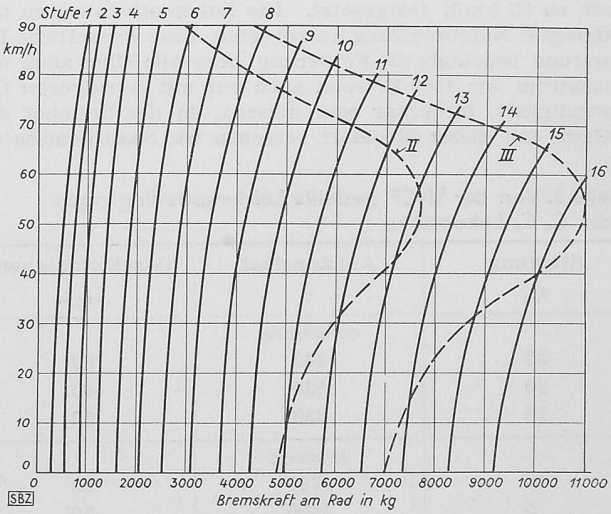

Bild 15. Bremskennlinien der $C_0\,C_0$-Lokomotive der SNCF. II Einstundenstrom 2000 A, III Maximalstrom 2400 A

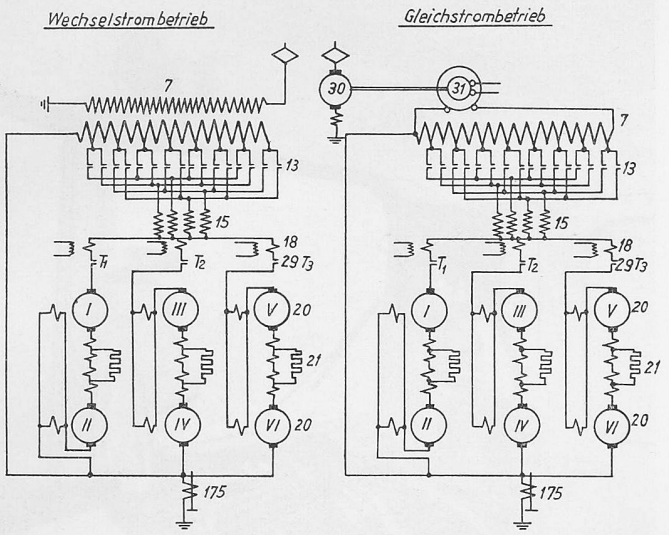

Bild 16. Hauptstromschema für die drei Betriebsarten.

7 Haupttransformator
13 Stufenhüpfer
15 Ueberschaltspule
16* Widerstand
17* Erregertransformator
18 Stromwandler
20 Triebmotor
21 Ohmscher Wendepol-Shunt
22* Induktiver Wendepol-Shunt für die Motoren I bis IV
22a* wie 22, jedoch für die Motoren V und VI
23* Bremsdrosselspule
29 Motortrennhüpfer
30 Umformermotor
31 Umformergenerator

Die mit * bezeichneten Apparate dienen der Rekuperationsbremsung

zum Transformator befindet sich die gesamte 20 kV-Ausrüstung auf dem Dach. Ein Hochspannungsraum birgt die 1500 V-Apparatur.

Der auf Bild 19 gezeigte Führerstand ist einfach und übersichtlich; er entspricht der Einfachheit der Bedienung.

6. Versuche und bisherige Betriebserfahrungen

Die Versuchsfahrten, mit denen am 11. September 1950 begonnen werden konnte, haben vollauf befriedigt. Insbesondere konnte dabei festgestellt werden, dass sich die Triebmotoren den Berechnungen entsprechend verhalten und die vorgesehene Leistungsreserve tatsächlich vorhanden ist.

Es ist durchaus verständlich, dass bei einer derart neuartigen Konstruktion ungewöhnlich umfangreiche Versuche durchgeführt werden müssen. Die Ingenieure der Bestellerin legten das Hauptgewicht auf die Nachprüfung des mit der Theorie vorausbestimmten Verhaltens der Triebmotoren durch Versuche auf Prüfstand und Strecke; sie ruhten nicht, bis alle irgendwie messbaren Grössen resslos abgeklärt waren. So mussten z. B. die drehmomenthemmenden und die transformatorisch erzeugten Eisenverluste getrennt bestimmt und mit der Berechnung verglichen werden. Es musste erklärt werden, weshalb und um wieviel die erstgenannten Eisenverluste beim Einphasenmotor geringer sind als beim Gleichstrommotor gleicher Leistung. Ferner mussten die Drehmomente bei kleiner Drehzahl sowie im absoluten Stillstand bestimmt und der Einfluss der Kurzschlussströme auf die Drehmomente untersucht werden. Die Messungen ergaben einen Drehmomentverlust im Stillstand und in Stillstandnähe von weniger als 3 %. Gegenstand eingehender Erörterungen waren die anzuwendenden Methoden zur Bestimmung der Wirkungsgrade und der Einzelverluste, sowie der Vergleich dieser Verluste mit denen in Gleichstrommotoren.

Die Messungen ergaben die auf Tabelle 7 angegebenen Motorwirkungsgrade, bezogen auf konstante Spannung. Wie ersichtlich, liegen die Mehrverluste bei Wechselstrom von 50 Hz vorwiegend nicht im Motor selbst, sondern im Shunt. Die grösseren Gesamtverluste beeinflussen daher die Konstruktion des Motors nicht nachteilig. Tabelle 8 zeigt die auf Grund der Prüfstandversuche nach den IEV- und SNCF-Vorschriften ermittelten Lokomotivleistungen.

Auch die übrige elektrische Ausrüstung zeigte bei den Versuchen ein sehr befriedigendes Verhalten. Insbesondere weisen die verschiedenen Asynchronmotoren der Hilfsbetriebe einwandfreien Anlauf auf, so dass der ursprünglich vorgesehene gestaffelte Anwurf fallengelassen werden konnte. Die Motorgeneratorgruppe für den Gleichstrom-Zusatzbetrieb ist mit einer patentierten Schaltung versehen, bei der die ganze Fremderregerwicklung als Seriewicklung dient. Hiermit konnte ein Anspringen innerhalb weniger Sekunden erreicht werden.

Der Uebergang von der einen auf die andere Stromart vollzieht sich anstandslos: Der Lokomotivführer unterbricht bei der Einfahrt in die Schutzstrecke zwischen den zwei Stromsystemen den Hauptstromkreis mittels Steuerschalter, dreht dann den erwähnten kleinen Schalthebel von der «Gleichstrom»-Stellung auf die «Wechselstrom»-Stellung oder umgekehrt und schaltet darauf den genannten Steuerschalter wieder ein. Vorsichtshalber lässt die SNCF im Bereich der Streckentrennung die Stromabnehmer senken. Ein «Stromfühler» hält den unrichtigen Schalter offen, macht also Bedienungsfehler unwirksam.

Trotz allen vorausgegangenen Einzelversuchen waren im Betrieb einige Anfangsschwierigkeiten zu überwinden. So sprach das Erdschlussrelais bei den höheren Fahrstufen an, weil der kapazitive Ladestrom des Triebmotorkreises ungenügend eingeschätzt worden war. Weiter löste der Gleichstrom-Schnellschalter beim Anwurf gelegentlich aus. Bei schweren Anfahrten stellte sich am Fahrdraht ein zu grosser Spannungsabfall ein. Der Stromstoss beim Einschalten der Nutzbremsung bewirkte gelegentlich das Auslösen des Hauptschalters. Es darf mit Genugtuung festgestellt werden, dass alle diese Störungen nicht dem 50 Hz-System zur Last fielen. Sie konnten übrigens rasch behoben werden[4]).

Der Versuchsbetrieb wird von der SNCF und von der ganzen Fachwelt mit grösster Spannung verfolgt, da seine Ergebnisse für die Wahl der beim weiteren Ausbau der elektrischen Traktion anzuwendenden Stromart ausschlaggebend sind. Ausser der Lösung mit Triebmotoren von 50 Hz verfolgt man auch andere Möglichkeiten, wie sie für Sonderfälle in Frage kommen, so z. B. Lokomotiven mit rotierenden Phasen- und Frequenzumformern oder solche mit Umformer auf Gleichstrom an den Triebmotoren oder mit Gleichrichter und Triebmotoren für Gleichstrom. Man erwartet, dass weitere Versuchslokomotiven gebaut werden.

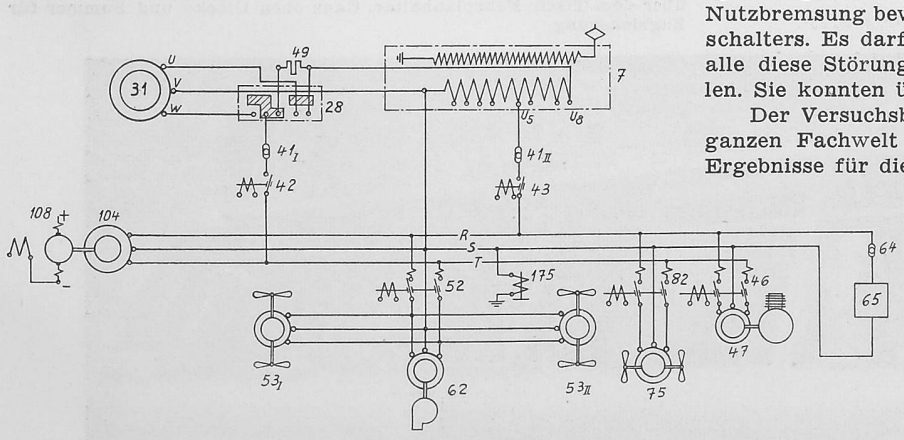

Bild 17. Schema der Hilfsbetriebe. 7 Haupttransformator, 28 Regimeschalter, 31 Wechselstromgenerator, ein- und dreiphasig, 41 I und 41 II Sicherungen für das Hilfsbetriebsnetz, 42 Hilfshüpfer Phase T, 43 Hilfshüpfer Phase R, 46 Hüpfer zu 47, 47 Motor zum Bremskompressor, 49 Anlasswiderstand, 52 Hüpfer zu 62, 53 I und 53 II Kühlluftventilatoren für die Triebmotoren, 62 Motor zur Transformator-Oelpumpe, 64 Sicherung zu 65, 65 Führerstandheizung 380 V, 75 Kühlluftventilatoren für die Triebmotor-Shunts, 82 Hüpfer zu 75, 104 Arnoumformer, 108 Ladegenerator, 175 Erdschlussrelais

[4]) Die Lokomotive hatte am 7. Febr. 1951 44770 km hinter sich, von einem unwesentlichen Ereignis abgesehen, störungsfrei und vom Betrieb gelobt. Die Triebmotoren verhalten sich bisher wie beste 16 2/3 Hz-Motoren.

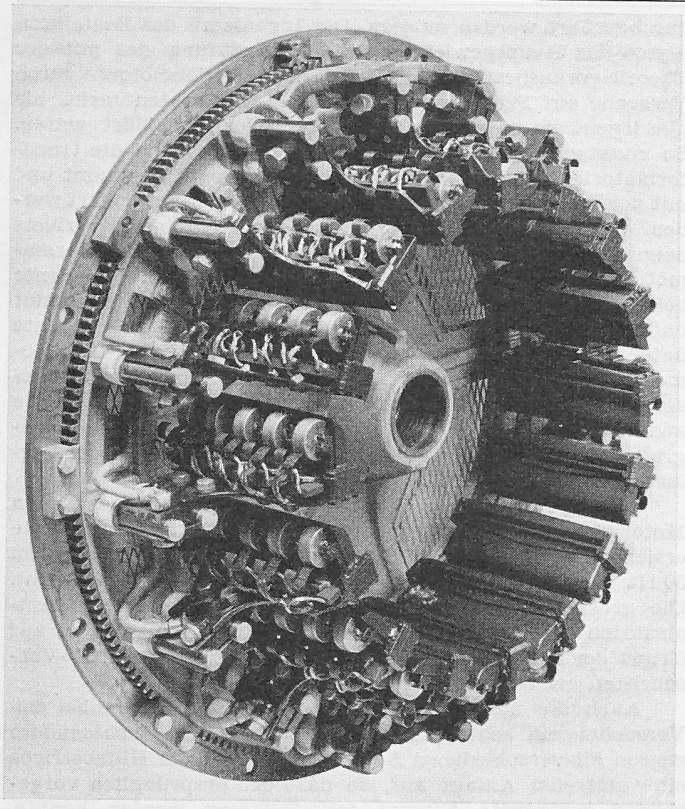

Bild 18. Bürstenapparat eines Triebmotors

In nächster Zukunft wird die SNCF die grossangelegten Versuche auf der Strecke Aix les Bains-La Roche sur Foron noch erweitern. Dieser Versuchsbetrieb verspricht in der Eisenbahngeschichte eine ähnliche Stellung einzunehmen wie die Versuche auf der Strecke Seebach-Wettingen in den Jahren 1906 bis 1908 und jene auf der Höllentalbahn. Es darf mit Befriedigung festgestellt werden, dass daran die schweizerische Industrie durch die Maschinenfabrik Oerlikon und die Lokomotivfabrik Winterthur führend beteiligt ist.

7. Zur Konstruktion des mechanischen Teils der C_0 C_0-Lokomotive

Von HERMANN HINNEN, Ingenieur der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur.

Die modernen schweizerischen Drehgestell-Lokomotiven (die Re 4/4-Lokomotiven der Schweizerischen Bundesbahnen[1]), die B_0 B_0-Lokomotiven der Lötschberg-Bahn[2]) und die Ge 4/4 der Rhätischen Bahn), mit denen hinsichtlich Laufeigenschaft und Unterhalt sehr gute Erfahrungen gemacht wurden, bildeten die Grundlage für die Projektierung und Durchbildung des neuen Lokomotivtyps. Von allem Anfang wurde darnach getrachtet, die bei dem sich so vorzüglich bewährenden zwei-

[1]) SBZ 1949, Nr. 19, S. 270*.
[2]) SBZ Bd. 127, S. 218* (4. Mai 1946), SBZ 1951, Nr. 2, S. 13*.

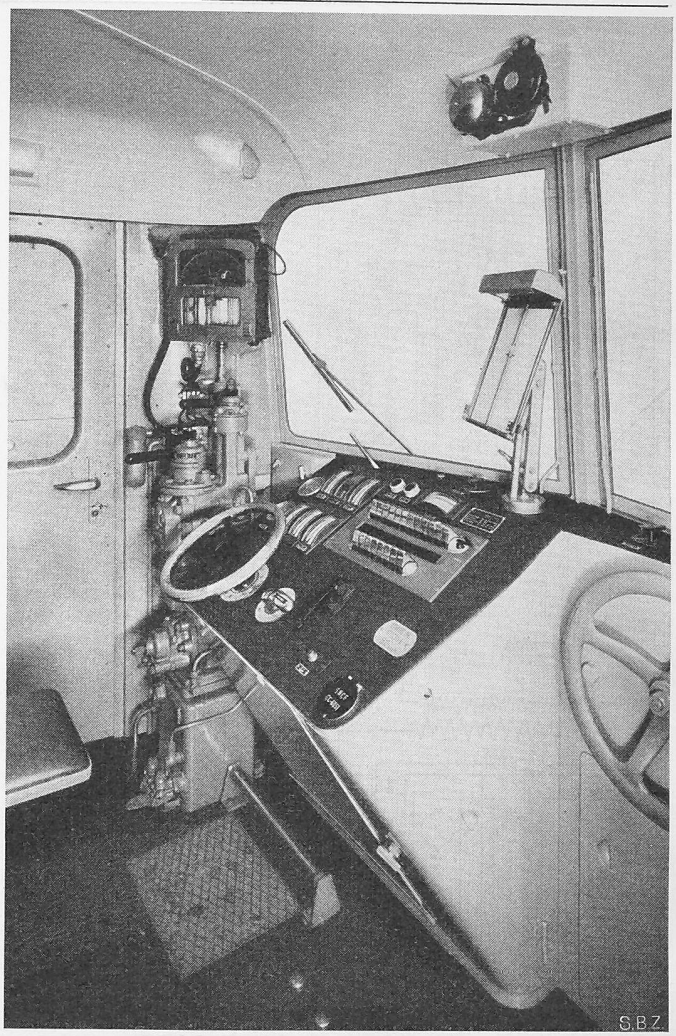

Bild 19. Führerstand der C_0 C_0-Lokomotive

Tisch, von links nach rechts, unterste Reihe:
Handrad des Steuerkontrollers, Wendeschaltergriff, Pfeifenhebel, Rückstelltaster der Zugsicherung, Aschenbecher

Mittlere Reihe:
Manometer (Luftbehälter und Bremsleitung), Voltmeter Gleichstromfahrdraht, Schleuderanzeiger, Voltmeter Wechselstromfahrdraht, Steuerschaltkasten
unten: Licht
oben: Stromabnehmer, Hauptschalter, Ventilation, Kompressor, Zugheizung, u. a. m.

Oberste Reihe:
Manometer (Bremszylinder), Ampèremeter (Gleichstrom), 2 Ampèremeter (Triebmotorstrom), Signallampen für Hauptschalter und für Hilfsbetriebe, Batterievoltmeter

Links neben dem Tisch Bremsblock mit den Bremsgriffen für die automatische und die direkte Luftbremse, darüber schreibender Geschwindigkeitsmesser. Rechts neben dem Tisch Handbremsrad. Rechts über dem Tisch Fahrplanhalter. Ganz oben Glocke und Summer für Zugsicherung

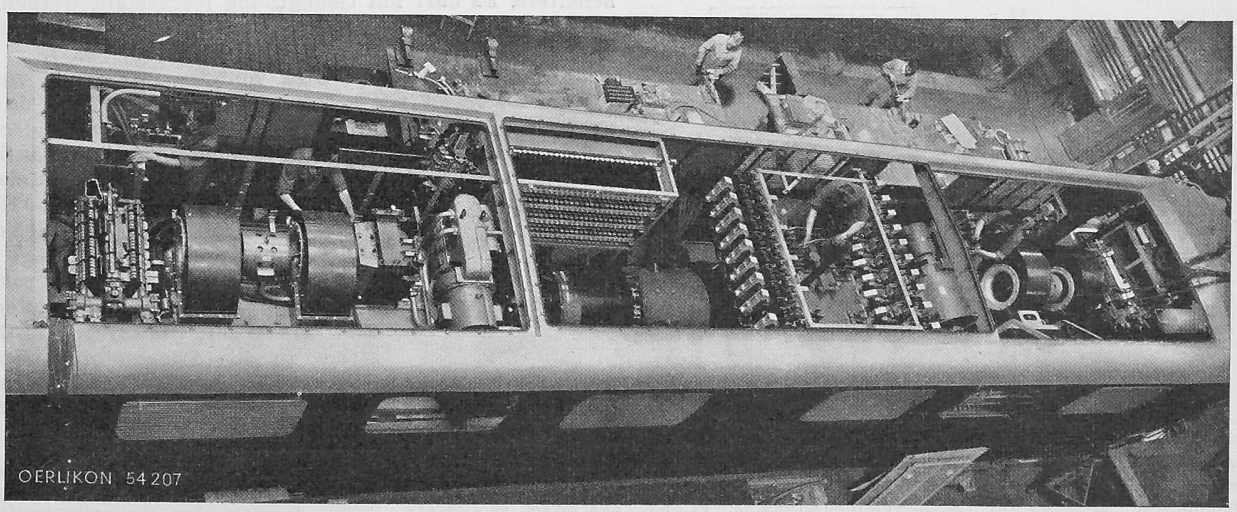

Bild 20. Einbau der elektrischen Einrichtung in der Lokomotiv-Montagehalle in Oerlikon. — Von links nach rechts: Wendeschalter, Ventilatorgruppe, Bremskompressor, Hauptumformer, Stufentransformator, Ventilatorgruppe

achsigen SLM-Drehgestell angewandten Konstruktionsprinzipien auf die dreiachsige Bauart zu übertragen.

a) Drehgestelle

Neue Wege mussten vor allem bei der Durchbildung der dreiachsigen Drehgestelle beschritten werden. Die vollständig abgefederten Triebmotoren sind hoch gelagert, wobei der mittlere Motor senkrecht über der Mittelachse liegt, während die beiden äusseren Motoren gegen die Drehgestellmitte zu geneigt sind, Bild 22. Diese Anordnung erlaubt einen kürzeren Radstand als bei tiefliegenden Motoren, bedingt aber eine besondere Ausbildung des Drehgestells und der Antriebe.

Im Gegensatz zu der bisher üblichen Ausführung weist dieses Triebgestell zwei Drehzapfen auf, die vor und hinter der mittleren Triebachse angeordnet und dort in zwei Quertraversen des Drehgestell-Rahmens befestigt sind. Die Drehzapfen-Lager sitzen in Kasten-Querverbindungen, die unter den Längsträgern des Drehgestell-Rahmens durchlaufen und an ihren beiden Enden mit dem Lokomotivkasten-Rahmen fest verschraubt sind. Die Drehzapfen-Lager weisen nicht nur Spiel in der Querrichtung, sondern auch in der Längsrichtung auf. Das Längsspiel ist so bemessen, dass einerseits das Drehgestell sich zwangslos drehen kann und es anderseits für jede Fahrrichtung «zieht» und nicht stösst.

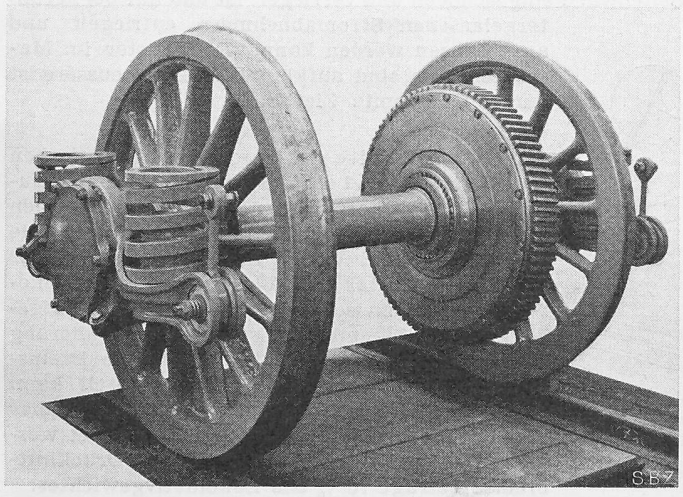

Bild 21. Radsatz mit «Anneaux flottants»-Antrieb

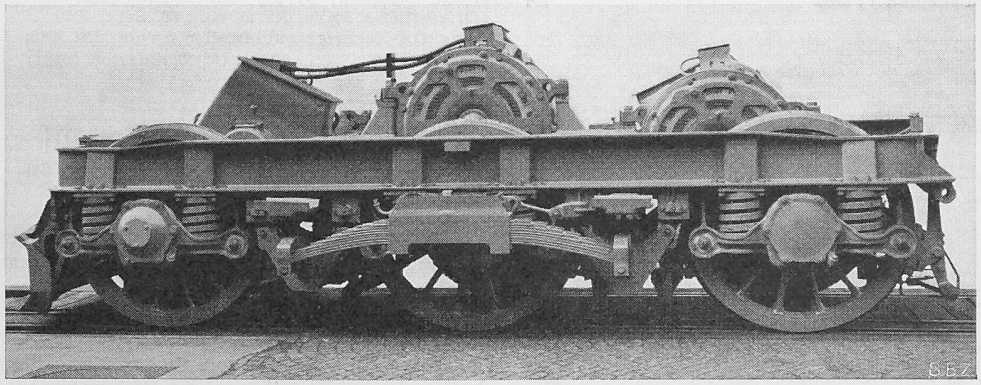

Bild 22. Dreiachsiges Drehgestell mit drei Triebmotoren

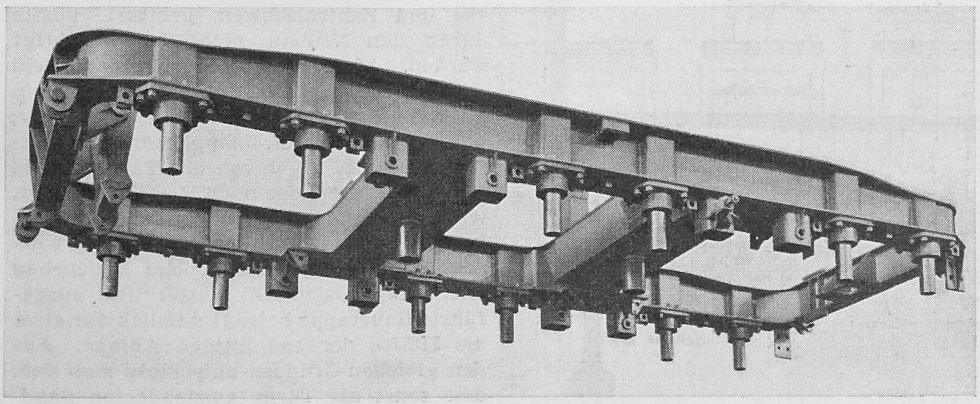

Bild 23. Drehgestellrahmen

Der Lokomotivkasten stützt sich über je zwei längsangeordnete Doppel-Blattfedern auf die beiden Drehgestelle ab. Diese Federn sind mittels besonders ausgebildeten Wiegen am Drehgestellrahmen pendelnd aufgehängt, so dass die vom Lokomotivkasten auf die Federn übertragenen Seitenbewegungen in gewissen Grenzen ausschwingen können. Als Abstützungselemente zwischen Lokomotivkasten und Längsfedern wirken Keilplatten; diese Platten laufen in kreisbogenförmigen Bahnen, deren Zentrum in der Mitte des Drehgestelles liegt, so dass sich das Drehgestell um dieses Zentrum dreht.

Die Drehgestell-Rahmen stützen sich mittels Schraubenfedern auf die Achslagergehäuse ab, die normale «Isothermos»-Gleitlager enthalten. Die Achslager werden durch je zwei zylindrische Zapfen (Bild 23) geführt. Dank der gegen aussen geschlossenen Führungsflächen bleiben diese Führungen praktisch abnützungsfrei. Dadurch werden nicht nur die Unterhaltkosten des Fahrzeuges beträchtlich gesenkt, sondern auch vorzügliche Laufeigenschaften der Lokomotive erreicht. Horizontale Stösse des Gleises auf den Radsatz werden durch «Silentblocs» gedämpft. Zur Dämpfung der praktisch reibungsfreien Schraubenfedern sind an den beiden Enden der Achslagergehäuse-Arme regulierbare Reibungsdämpfer angebracht (Bild 21). Die Radreifen der Mittelachsen haben dünnere Spurkränze, um ein zwangsloses Durchlaufen von Weichen und engen Kurven zu ermöglichen.

Wie alle Re 4/4- und B_0 B_0-Lokomotiven der vorgenannten Schweizer Bahnen ist auch dieses Fahrzeug mit einer Querkupplung zwischen beiden Drehgestellen versehen worden. Dieses Element hat den Zweck, die Drehgestelle beim Durchlaufen von Kurven in eine solche Stellung zu zwingen, dass Führungsdrücke und Anlaufwinkel der führenden Räder möglichst gering bleiben. Die Querkupplung besteht aus zwei an den innern Enden der Drehgestellrahmen gelenkig befestigten Deichseln, die in der Lokomotivmitte durch eine federnde Querverbindung miteinander verbunden sind. Die Federn der Querverbindung werden auf eine durch Berechnung zweckmässig festgelegte Vorspannung eingestellt. Ein bestimmtes totes Spiel in der Kupplung verhindert die gegenseitige Beeinflussung der Drehgestelle bei der Fahrt auf gerader Strecke.

b) Achsantriebe, Bild 21

Zur Uebertragung der Drehmomente von den vollständig abgefederten Motoren auf die Triebachsen ist die Lokomotive mit einem neuartigen Antrieb ausgerüstet, der von der SLM unter dem Namen «Anneaux flottants-Antrieb» ausgeführt wird. Er unterscheidet sich von den bekannten Federantrieben dadurch, dass das Drehmoment zunächst von drei im grossen Zahnrad gelagerten und tangential angeordneten Federelementen über zwei in radialer wie tangentialer Richtung frei bewegliche Ringe (Anneaux flottants) auf drei weitere ebenfalls tangential angeordnete, jedoch in den Mitnehmerarmen der Triebachse gelagerte Federelemente übertragen wird. Dieser neue Uebertragungs-Mechanismus hat den Vorteil, dass die Federelemente dank der Serie-Schaltung bei exzentrischer Lage der Triebachse nur die Hälfte der Exzentrizität aufzunehmen haben.

c) Lokomotivkasten, Bilder 7 u. 20

Der Lokomotivkasten besteht aus einem hohlkörperförmigen Untergurt (Bodenrahmen), der durch solide Kopfstücke und Querverbindungen kräftig versteift ist und zusammen mit den Seitenwänden und dem Dach eine tragfähige

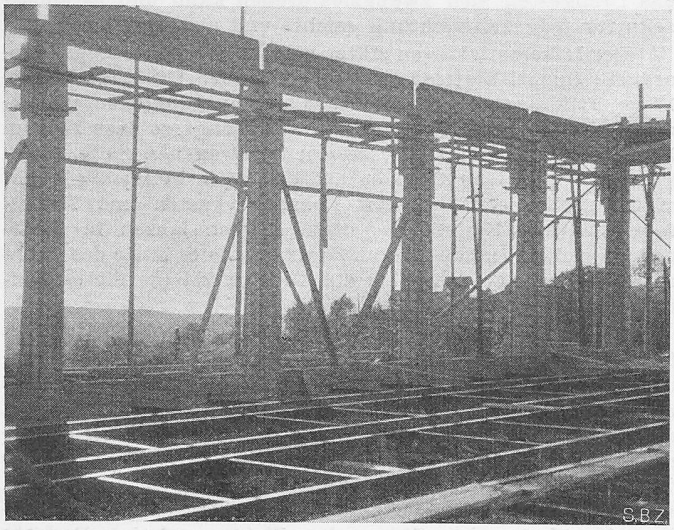

Bild 1. Eisenbetonkonstruktion mit Schlitzen für die Hetzerbinder

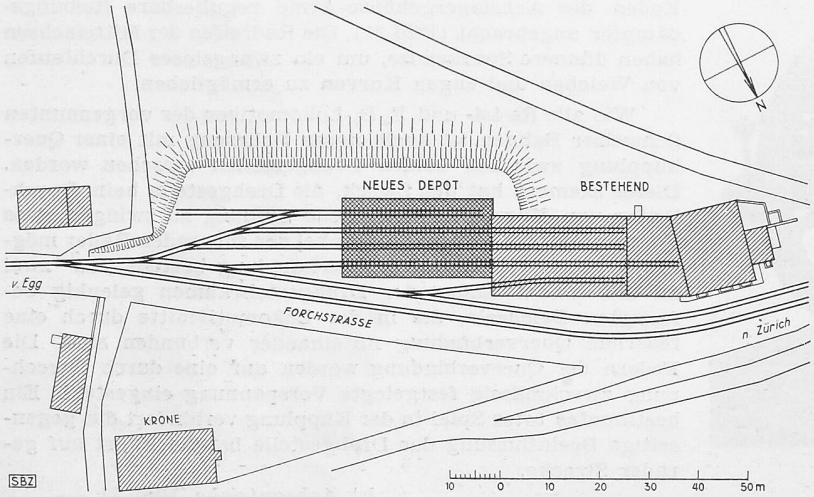

Bild 2. Die Bahnanlagen auf der Forch, Lageplan 1 : 1500

und verwindungsfeste Rohrkonstruktion bildet. Ihre Festigkeit ist so bemessen, dass der Kasten mit allen eingebauten Einrichtungen gleichzeitig an beiden Enden oder, im Falle einer Entgleisung, an einem Ende mitsamt dem Drehgestell gehoben werden kann. Drei grosse wegnehmbare Dachteile über dem Maschinenraum erlauben den Ein- und Ausbau der in diesem Raum befindlichen Einrichtungen.

Das Führerpult mit Kontroller und allen zur Bedienung der Maschine notwendigen Kontroll- und Messinstrumenten befindet sich auf der linken Seite der Führerkabine. Zwei breite Frontfenster ermöglichen eine sehr gute Sicht nach vorn. Diese Fenster sind, neben gewöhnlichen pneumatischen Fensterwischern, mit einer besondern Einrichtung versehen, mit der die Fensterscheiben auf der Innenseite durch eine Anzahl feiner Druckluftstrahlen belüftet werden können, um das Anlaufen oder Gefrieren zu verhindern. Für den Führer und den Beimann sind Klappsitze angebracht. Die Innenseite des Kabinendaches ist mit einer Aluminiumverschalung ausgekleidet und der Fussboden mit «Permali»-Platten belegt. Die Führerkabinen weisen zwei seitliche Einstiegtüren mit herablassbaren Fenstern auf. Für den Aufstieg auf das Dach ist in jeder Kabine eine Dachleiter vorhanden, die in eine Seitenwand eingeschoben und verriegelt ist und nur bei heruntergelassenen Stromabnehmern entriegelt und ausgefahren werden kann. Die Fenster im Maschinenraum sind aufklappbar. Das Aeussere ist durch verchromte Zierbänder belebt.

d) Bremse

Die Lokomotive ist mit der automatischen Westinghouse- und der nichtautomatischen Regulierbremse ausgerüstet. Auf jedes Rad wirken zwei Bremsklötze mit einteiligen Sohlen. Die Bremskraft wird durch vier Druckluftzylinder erzeugt, die unter dem Bodenrahmen des Lokomotivkastens zwischen den Drehgestellen aufgehängt sind. Zur automatischen Nachregulierung des Bremsgestänges sind schwedische Bremsregulatoren eingebaut. Jedes Drehgestell kann im weitern durch eine Handbremse von der über ihm liegenden Führerkabine aus gebremst werden. Der gesamte Klotzdruck der Druckluftbremse beträgt 70 % des Lokomotivgewichtes.

Literaturverzeichnis

[1] SBZ Bd. 39, S. 107, 113, 129 (8., 15., 22. März 1902).
[2] «Bulletin Oerlikon» Nr. 285 vom Oktober 1950.
[3] «Bulletin SEV», Nr. 20 vom 30. Sept. 1950.
[4] «SBB-Nachrichtenblatt» Nr. 5 vom Mai 1949.

(Diskussion folgt)

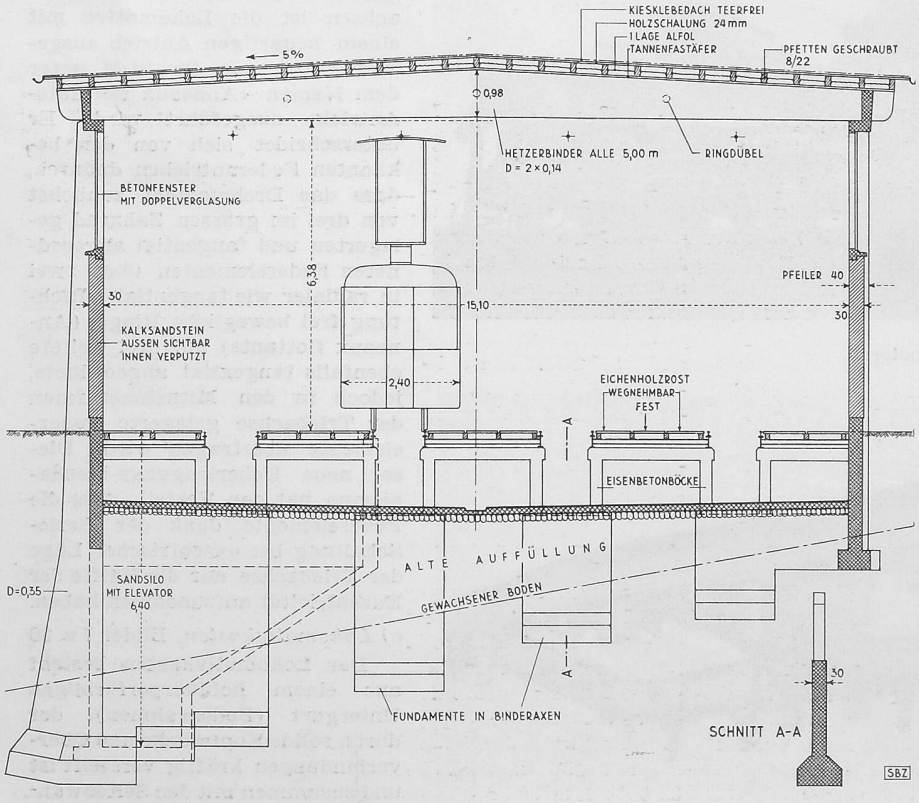

Bild 3. Querschnitt der Halle, Masstab 1 : 150

Wagenhalle der Forchbahn auf der Forch (Zürich)

DK 725.386(494.34)

Architekt E. MESSERER, Zürich

Bei der Projektierung dieser Halle der Forchbahn waren ausser den betrieblichen Forderungen der Bahnverwaltung vor allem die Gesichtspunkte des Landschaftsschutzes zu berücksichtigen. Das Gebäude liegt auf der Passhöhe der Forch in der Nähe des bekannten und vielbesuchten Wehrmänner-Denkmals. Die Aussicht, die man von diesem Ausflugsziel aus in Richtung Zürichsee und Zentralschweiz geniesst, durfte durch den Neubau nicht beeinträchtigt werden. Man entschloss sich daher, ein Flachdach zu wählen, weil diese Dachform am wenigsten auffällt. Das Steildach wäre, von oben betrachtet, unangenehm ins Blickfeld getreten. Auch von der Talseite, d. h. vom Strässchen, das nach Herrliberg führt, wäre das grosse Dach im dichten Obstbaumbestand als störend empfunden worden, was sich besonders beim Endausbau nachteilig ausgewirkt hätte. Die ausgeführte Bauetappe beträgt nämlich nur etwa die Hälfte der endgültigen Anlage. Aus den gleichen Gründen entschloss man sich, den sonst als Turm ausgebildeten Sandsilo in den Boden zu versenken, damit