

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 51/52 (1908)
Heft: 20

Artikel: Die elektrische Traktion mit Einphasenwechselstrom auf der S.B.B.-
Linie Seebach-Wettingen
Autor: Studer, Hugo
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-27423>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Die elektr. Traktion mit Einphasenwechselstrom auf der S. B. B.-Linie Seebach-Wettingen. — Kirche und Pfarrhaus in Reinach-Menziken. — Die schweizer. Eisenbahnen i. J. 1907. — Miscellanea: I^{er} Congrès international de la Route à Paris. Monatsausweis über die Arbeiten im Rickentunnel. Monatsausweis über die Arbeiten am Lötschbergtunnel. Eine vollständige elektr. Küche. Neues Schaffhauser Baugesetz. Gegen Wasserstrassen, für Flussregulierungen in Oesterreich. Bedeutende Aufwendungen

für die Pariser Stadterweiterung. Eidgen. Polytechnikum. Vollendung der Mandschurischen Eisenbahn. Inventar aller alten Bauten und Kunstgegenstände Italiens. III. internat. Kongress zur Förderung des Zeichen- und gewerblichen Unterrichts. — Konkurrenzen: Schweiz. Nationalbank und eidg. Verwaltungsgebäude in Bern. — Nekrologie: C. F. Braun. Dr. Joseph de Werra. Karl Schäfer. — Vereinsnachrichten: Tessinischer Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Bd. 51.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter der Bedingung genauester Quellenangabe gestattet.

Nr. 20.

Die elektrische Traktion mit Einphasenwechselstrom auf der S. B. B.-Linie Seebach-Wettingen.

Von Ingenieur Hugo Studer in Zürich.

IV. Lokomotiven.

c) Lokomotive Nr. 3.

Die Beistellung dieser in Abbildung 53 dargestellten Lokomotive haben die *Siemens-Schuckertwerke* übernommen; sie wurde im Laufe des Jahres 1907 geliefert und am 7. Oktober kollauiert. Der wagenartige Aufbau ruht auf zwei dreiachsigen Drehgestellen von je 2×2100 mm Totalradstand. Der Drehzapfen-Abstand beträgt 6 m und die

Die Zug- und Stossvorrichtungen sind je an den äusseren Stossbalken beider Drehgestelle angebracht, wodurch eine einfache Konstruktion des Wagenbodens erreicht und Abkröpfungen der Längsträger und dergleichen vermieden werden konnten. Diese einfache Anordnung hat sich gut bewährt.

Die Bremse ist zwölfklötzig, auf jedes Rad einseitig wirkend, und wird pneumatisch oder von Hand bedient. Für die Betätigung der Sandstreuer und Stromabnehmer wird ebenfalls Druckluft verwendet. Diese wird durch eine elektrisch angetriebene Luftpumpe erzeugt und in einem zugehörigen Behälter aufgespeichert.

Der Antrieb der Lokomotive erfolgt durch einerseits auf den Achsen (von 170 mm Durchmesser) gelagerte und

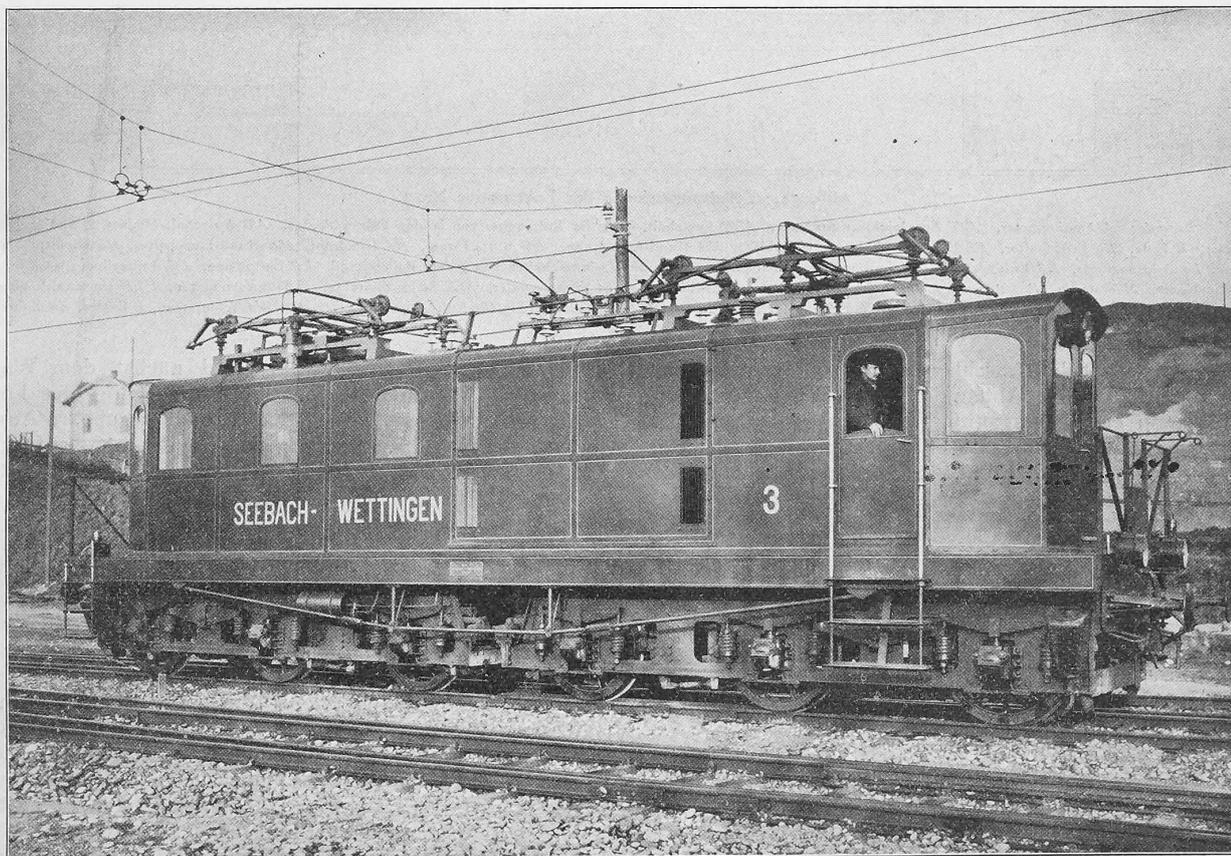


Abb. 53. Ansicht der Lokomotive Nr. 3.

totale Länge der Lokomotive über Puffer gemessen 13,7 m. Die Räder haben 1100 mm Durchmesser. Die Drehgestelle sind nach Art derjenigen des Schnellbahnwagens gebaut, den die Firma für die Schnellfahrten von 1901 bis 1903 auf der Versuchsstrecke Marienfelde-Zossen beige stellt hatte. Es ist eine seitliche Abfederung des Drehzapfens vorhanden, die ein sanftes Einfahren in Kurven, überhaupt eine sichere und ruhige Fahrt bei grössten Geschwindigkeiten gewährt, da die seitlichen Schwingungen schnell gedämpft werden. Die Federung ist eine doppelte (Blatt- und Spiralfedern), überdies sind zwischen der Federung von je zwei Achsen Ausgleichhebel eingebaut, um ungleiche Belastungen auszugleichen. Das Kastengewicht ruht auf je vier Spurfpannen der Drehgestelle, sodass die Drehzapfen selbst entlastet sind.

andererseits am Drehgestell aufgehängte Wechselstrom-Motoren mit einfacher Zahnradübersetzung. Zurzeit ist mit Rücksicht auf den Charakter der Strecke eine Uebersetzung von $1 : 3,72$ angewandt, was der normalen Geschwindigkeit von 50 km/Std. entspricht. Durch Einbau einer kleinern Uebersetzung lässt sich natürlich die Geschwindigkeit entsprechend steigern.

Die beiden Führerstände sind durch einen, den ganzen Wagenkasten durchlaufenden Mittelgang mit einander verbunden, und die zwei Transformatoren, sämtliche Apparate usw. in den links und rechts dieses Ganges liegenden und gegen denselben abgeschlossenen Räumen untergebracht.

Auf dem Dach sind (senkrecht über den Drehzapfen) zwei Bügel montiert, während die beiden Rutenstromabnehmer dazwischen angebracht wurden. Sämtliche Strom-

Einphasenwechselstrombahn Seebach-Wettingen.

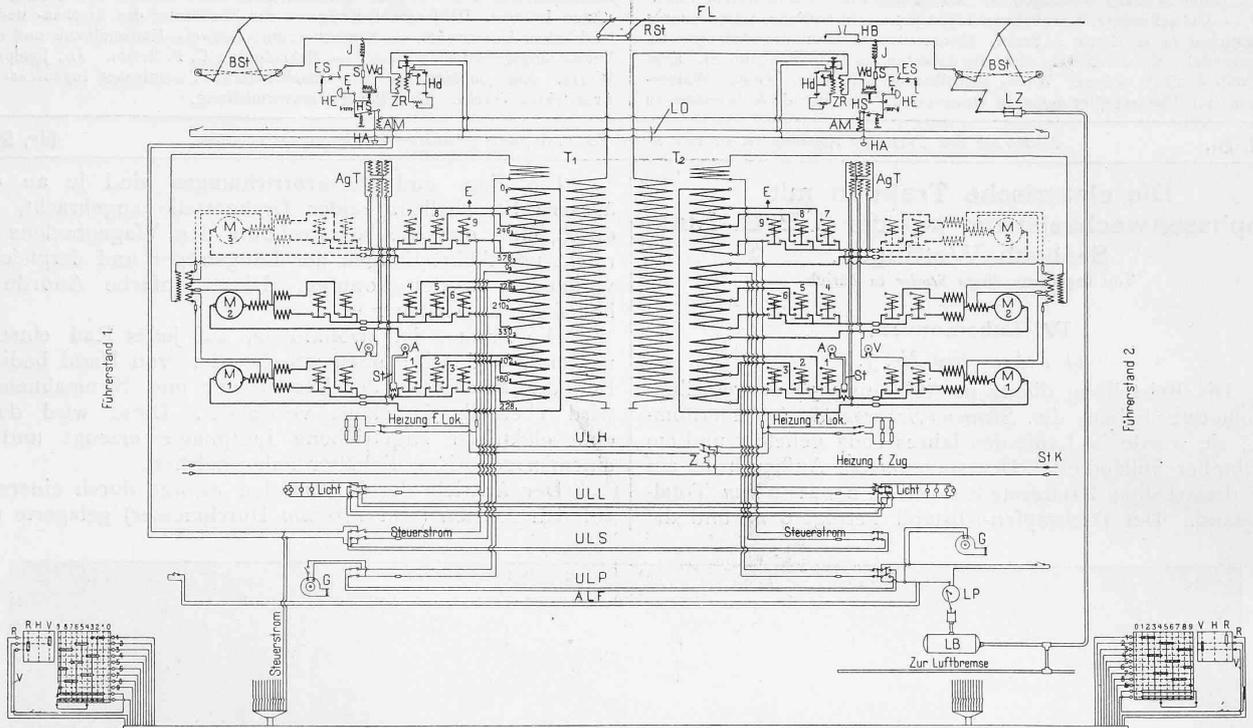


Abb. 54. Schaltungsschema der Lokomotive Nr. 3.

Legende: *A* Ampèremeter, *AgT* Ausgleichtransformator, *ALF* Ausschaltleitung für Luftpumpe von beiden Führerständen, *AM* Ausschalt-Magnet, *BSf* Bügelstromabnehmer, *E* Erde, *ES* Erdschalter, *FL* Fahrdrabt-Leitung, *G* Gebläse, *HA* Hand-Ausschalter, *HB* Blitz-Hörner, *Hd* Hitzdraht, *HE* Hand-Einschalter, *HS* Hochspannungsschalter, *J* Induktionsspule, *LB* Luftbehälter, *LO* Leitung zum Ausschalten der beiden Oelausschalter von jedem Führerstand, *LP* Luftpumpe, *LZ* Luftzylinder, Antrieb des Stromabnehmers, *M* Motoren, *RSf* Rutenstromabnehmer, *S* Hochspannungs-Sicherung, *St* Stromwandler, *StK* Steck-Kontakte, *T* Transformatoren, *ULH* Umschaltleitung für Heizung, *ULL* Umschaltleitung für Licht, *ULS* Umschaltleitung für Steuerstrom, *ULP* Umschaltleitung für Luftpumpe, *V* Voltmeter, *Wd* Widerstand, *Z* Zähler, *ZR* Zeitrelais, *R* und *V* Leitungen zur Umschaltunswalze *H*.

abnehmer sind mit den Abschlussüren der Hochspannungs-räume in mechanische Abhängigkeit gebracht (verriegelt), d. h. es kann ein Hochspannungsraum nur dann geöffnet werden, wenn vorher sämtliche Stromabnehmer niedergelegt, bzw. eingezogen worden sind, und umgekehrt müssen die Türen der zwei Räume, in denen sich Hochspannung

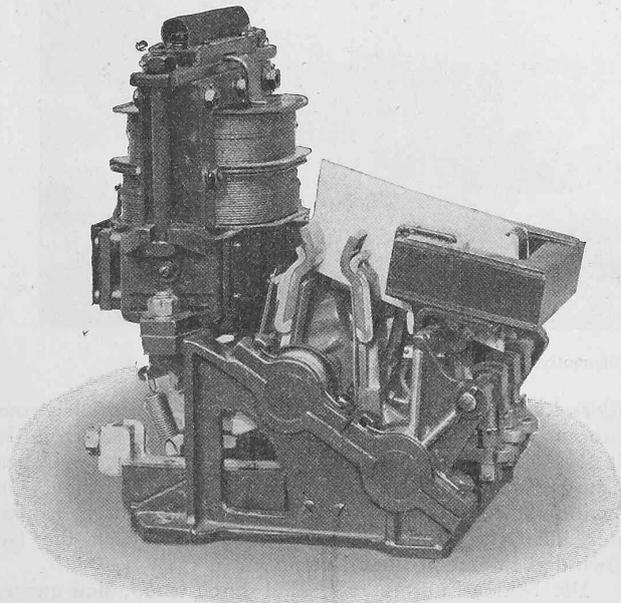


Abb. 55. Einzelschalter der Lokomotive Nr. 3.

befindet, geschlossen sein, bevor die Stromabnehmer an den Fahrdrabt angelegt werden können. Beim Oeffnen der Türen werden überdiess Schalter betätigt, welche die von oben kommende Hochspannungszuleitung an Erde legen.

Die zwei Transformatoren sind nächst dem Wagen-mittel und diagonal zu demselben beidseitig des Längs-ganges in zwei besonders, nur durch abschraubbare Aussen-türen zugänglichen, eisenverschalteten Räumen aufgestellt. Diese Türen sind mit entsprechend gestellten Vertikal-Jalousien versehen, sodass in jeder Fahrriichtung eine natürliche Luftkühlung dieser Räume stattfindet. Die Leistung eines jeden dieser Transformatoren ist 500 kw, das Uebersetzungsverhältnis $15\ 000/288 + 330 + 378$ Volt, d. h. die Sekundärseite ist in drei Teile von den erwähn-ten Spannungen zerlegt. Der Eisenkern besteht aus dünnen Blechen, die Hochspannungs-Wicklung aus Kupferdraht und die Niederspannungs-Wicklung aus hochkantgewickeltem Flachkupfer. Jede der beiden Wicklungen verteilt sich auf eine Anzahl Spulen, die zur Verminderung der Streuung so auf den Eisenkern aufgereiht sind, dass Hochspannungs- und Niederspannungsspulen abwechseln. Die drei Ab-teilungen der Sekundärseite sind wiederum in drei Stufen unterteilt, die an die einzelnen Schalter für die Spannungs-bezw. Geschwindigkeits-Regulierung angeschlossen sind. Jeder Transformator ist in einem geschlossenen, mit Oel gefüllten Eisengehäuse montiert. Um dem zur Kühlung dienenden Oele einen freien Umlauf zu ermöglichen, sind zwischen Kern und Wicklung durchgehende Hohlräume vorhanden.

In den Hochspannungszuleitungen zu den beiden Transformatoren ist je ein Haupt-Oelschalter besonderer Kon- struktion eingesetzt, der zugleich als Automat funktioniert, wobei die Auslösung bei Ueberlastung durch ein Maximal- relais erfolgt. Dieses Relais kann auch von den Führer- ständen aus in Funktion gesetzt werden. In jedem der zwei Hochspannungs-räume ist ferner eine Hauptsicherung untergebracht; daran anschliessend sind in drei Etagen die Einzelschalter der drei Motoren eines Drehgestelles für Vor- und Rückwärtsfahrt, sowie je drei Einzelschalter für die Spannungs- bzw. Geschwindigkeits-Regulierung der Motoren eingebaut (vergl. Abb. 54).

Diese *Einzelschalter* (Abb. 55) werden elektromagnetisch gesteuert; ihr Magnetkern besteht aus unterteiltem Eisen. Um einen Teil des Polschuhes ist zur Vermeidung des Brummens der Magnete eine Kurzschlusswicklung gelegt, die eine Hilfsphase erzeugt. Um die Kontaktflächen dauernd rein zu erhalten, sind die Kontakte so ausgebildet, dass sie sich beim Aufeinanderschlagen etwas gegeneinander reiben; dieselben sind ferner unterteilt und einer dieser nebeneinander geschalteten Kontakte eilt vor, ist Abreisskontakt und deshalb magnetische Funkenlöschung. Diese Einzelschalter sind mechanisch miteinander verriegelt, wodurch einerseits einander störenden elektrischen Verbindungen vorgebeugt wird und andererseits allfällig steckengebliebene Schalter jeweils durch die folgend eingeschalteten Einzelschalter herausgerissen werden.

Die Anordnung der Einzelschalter für die Spannungs- bzw. Geschwindigkeits-Regulierung ist folgende:

7	8	9
4	5	6
I	2	3

Mechanisch miteinander verriegelt sind 7 und 8, 8 und 9, 4 und 5 usw. Bei den neun Fahrstufen sind jeweiligen folgende Einzelschalter eingeschaltet:

I. Fahrstufe:	Schalter I	VI. Fahrstufe:	Schalter 2, 5, 8
II. „	„ I u. 4	VII. „	„ 3, 5, 8
III. „	„ 1, 4, 7	VIII. „	„ 3, 6, 8
IV. „	„ 2, 4, 7	IX. „	„ 3, 6, 9
V. „	„ 2, 5, 7		

Die dabei entstehenden Spannungsdifferenzen werden durch einen Ausgleichstransformator ausgeglichen.

untere Teil der Fahrwalze ist fest mit der Schaltkurbel verbunden, der obere wird durch Anschläge mitgenommen; durch die gegenseitige Beweglichkeit dieser beiden Teile wird ein im Steuerstromkreis liegender Sicherheitsschalter bedient. Die Schaltung erfolgt mit einer sogenannten Totmann-Kurbel, d. h. die Fahrwalze wird entgegen dem Druck einer Spiralfeder eingeschaltet und in der betreffenden

Stellung unter Druck auf die Kurbel vermittelt einer in den entsprechenden Sperrzahn des Schaltergehäuses eingreifenden Sperrklinke festgehalten. Wenn der Führer die Kurbel loslässt, sei es absichtlich oder z. B. wenn er bewusstlos werden sollte, wird unter dem Einfluss der Spiralfeder der erwähnte Sicherheitsschalter geöffnet und die Motoren werden stromlos (Abb. 56, S. 254).

Da die Bedienung sämtlicher Schalter der Lokomotive von diesem Fahrshalter aus elektrisch erfolgt und zwar

mit Niederspannung, so ist natürlich bei Anbringung der nötigen Leitungskabel und Kupplungen zwischen den Fahrzeugen nicht nur ein Steuern der Lokomotive von der Plattform eines andern Fahrzeuges aus möglich, sondern es können auch einige solcher Lokomotiven oder auch Motorwagen mit analoger elektrischer Ausrüstung zusammenarbeiten und gemeinsam gesteuert werden.

Mit Rücksicht auf die auf dieser Strecke zu befördern den Zuglasten und die Grösse der Zentrale sind zurzeit nur vier *Motoren* eingebaut (Abb. 57 bis 60). Dieselben sind achtpolige Reihenschlussmotoren, in geschlossenem Gehäuse, von 225 PS Stundenleistung bei künstlicher Kühlung. Das Gehäuse ist aus Stahlguss hergestellt und hat einen grössten Durchmesser von 810 mm. Ständer und Anker haben

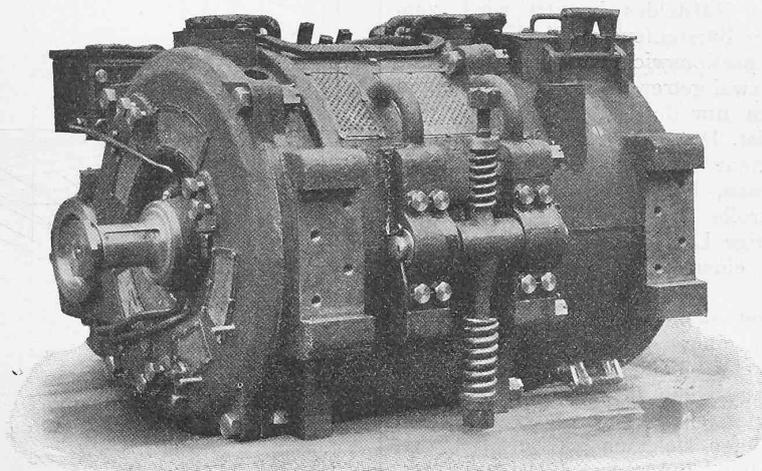


Abb. 59. 225 PS-Motor der Lokomotive Nr. 3.

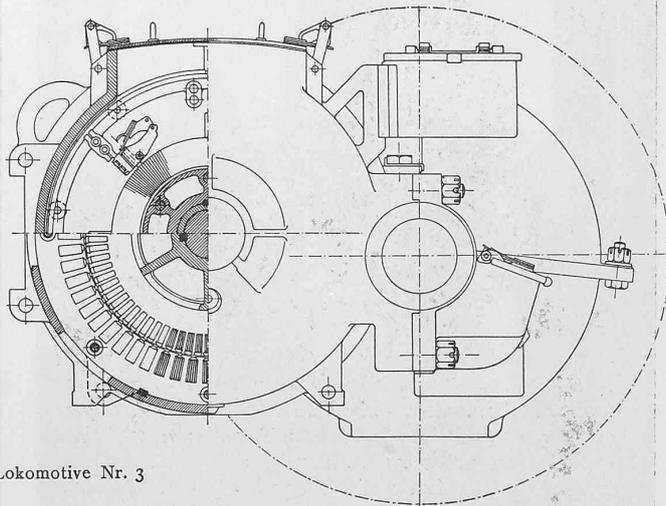
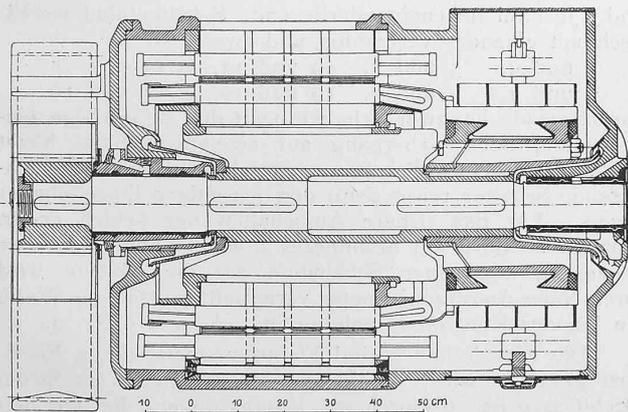


Abb. 57 und 58. Schnitte und Seitenansicht des 225 PS-Motors der Lokomotive Nr. 3
Masstab 1:15.

Die Einzelschalter werden vermittelt des Steuerhalters eines der Führerstände mit niedergespanntem Strom gesteuert, der aus den Sekundärwicklungen des grossen Transformators abgezweigt wird. Gleichenorts wird auch der Strom für Beleuchtung und Heizung der Lokomotive und zum Antrieb der Pumpen- und Ventilator-Motoren entnommen.

Die *Steuerschalter* haben eine zweiteilige Fahrwalze und eine damit wie üblich verriegelte Umschaltwalze. Der

nur geringe radiale Tiefe, sodass eine gute Kühlung leicht möglich ist. Die Motoren sind mit Wendepolen versehen, welche die unter den Bürsten auftretende Kurzschluss- und Stromwendespannung innerhalb eines grossen Geschwindigkeitsbereiches aufheben. Für diese Wendepole werden ohnehin vorhandene Zähne des Stators benutzt. Um auch die beim Beginn des Anfahrens auftretenden Kurzschlussströme unschädlich zu machen, sind die Kommutatorverbindungen aus Widerstandsdrähten hergestellt,

die oben in die Ankernten so eingelegt sind, dass sie das Drehmoment verstärken, also nicht ausschliesslich kraftverbrauchend sind.

Der Ständer hat gleichmässig verteilte Zähne und eine Erregerwicklung, die in je zwei Nuten eines Poles untergebracht ist und auch teilweise zur Kompensation der Ankerrückwirkung dient, sowie eine Kompensationswicklung, die in den übrigen Nuten angeordnet ist und zum Teil zur Erzeugung eines Hilfsfeldes benutzt wird, zum Zwecke der Beseitigung des Bürstenfeuers. Die Vereinigung der Erreger- und Kompensationswicklung gestattet ohne Mehraufwand von Kupfer zwei getrennte Erregerwicklungen unterzubringen, von denen nur die der Fahrrichtung entsprechende eingeschaltet ist. Der Anker hat eine in offenen Nuten liegende Schablonenwicklung. Die Bürstenhalter sind an einem gemeinsamen, leicht drehbaren Ringe befestigt, sodass eine Kontrolle der Kohlen leicht möglich ist. Die zur Kühlung nötige Luft wird den Motoren vermittelt Rohrleitung von einem elektrisch angetriebenen Ventilator zugeführt.

Die ganze Disposition der elektrischen Ausrüstung dieser Lokomotive erlaubt einerseits ein beliebiges Drehgestell während der Fahrt abzuschalten und andererseits einzelne Motoren durch Herausnahme der neben den Einzelschaltern aufgestellten Motorsicherungen ausser Dienst zu setzen, wodurch bei allfälligen Defekten grössere Betriebsstörungen vermieden werden können.

Das Gewicht der Lokomotive beträgt zurzeit (mit vier Motoren) 68 t und nach Einbau der vollständigen Motoren-ausrüstung gegen 75 t. Dieselbe entwickelt bei der zur Zeit eingebauten Uebersetzung von 1:3,72 und mit vier Motoren

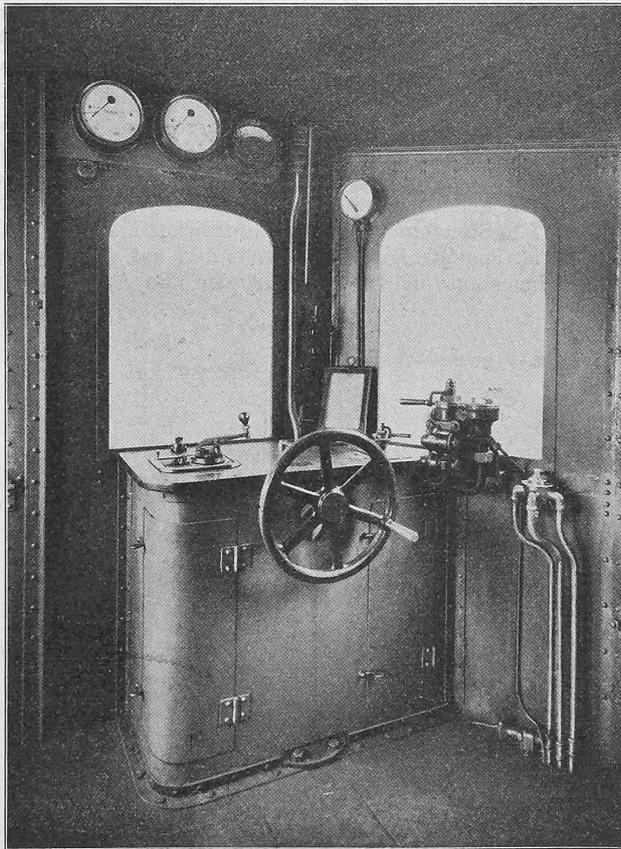


Abb. 56. Führerstand der Lokomotive Nr. 3.

4700 kg, mit sechs Motoren 7000 kg Zugkraft am Radumfang während einer Stunde und maximal 7800 kg bezw. 11700 kg.

d) Die Lokomotive Nr. 1, als Wechselstrom-Lokomotive.

Dieselbe hat durch den Umbau keine Aenderung im mechanischen Teil erlitten; ihr Dienstgewicht beträgt jetzt

40 t. Bei der elektrischen Ausrüstung ist die Gesamtanordnung in der Hauptsache die der Lokomotive Nr. 2. Die zwei Transformatoren haben Stufen-Anzapfungen auf der Sekundärseite erhalten, da die Umformergruppe wegfällt und der Strom direkt als Einphasenstrom den Motoren zugeführt wird. Es mag noch bemerkt werden, dass in die

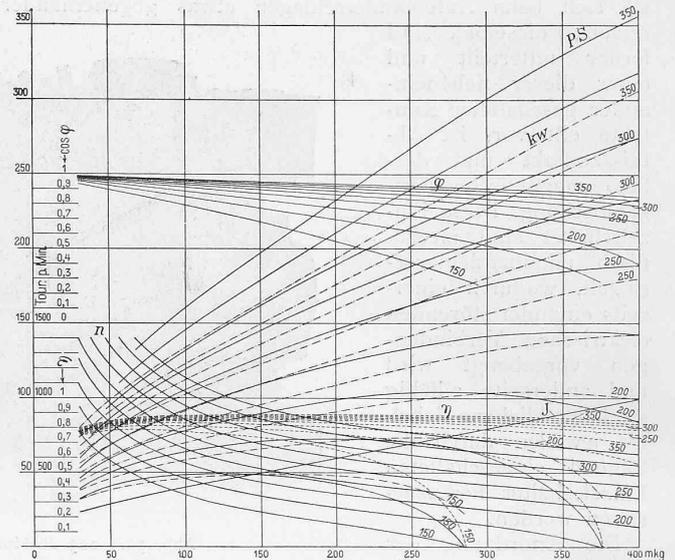


Abb. 60. Motorkurven der Lokomotive Nr. 3.

Verbindungen der zwei parallel geschalteten Transformatoren für jede Stufe kleine Messer eingeschaltet worden sind, die bei Defektwerden eines der Transformatoren rasch herausgezogen werden können, wodurch dieser Transformator von den Leitungen zu den Schaltern getrennt wird (vergl. Abb. 61 bis 63, S. 255 und 256).

Die Motoren sind gleich denjenigen der Lokomotive Nr. 2 mit den nachträglich, der Telefonstörungen wegen eingesetzten neuen Ankern ausgestattet, wobei aber die alten, ersten Kollektoren von Lokomotive Nr. 2 ohne jede Bearbeitung direkt wieder verwendet werden konnten. Bei der Lokomotive Nr. 1 ist vor den Motoren ein Hauptschalter eingefügt, der der Einfachheit wegen von Hand betätigt wird.

Als Schalter sind 16 Einzelschalter verwendet, die abwechslungsweise in zwei Reihen übereinander angeordnet sind. Je zwei nebeneinanderliegende Schalter sind mechanisch mit einander verbunden und zwar

- | | | | |
|----------|----------|------------|------------|
| 1 und 3, | 5 und 7, | 9 und 11, | 13 und 15 |
| 2 und 4, | 6 und 8, | 10 und 12, | 14 und 16. |

Normal sind die zwei Schalter nach der Ziffernfolge eingeschaltet; beim Uebergang auf eine neue Stufe bleibt der vorhergehende Schalter eingeschaltet und der nachfolgende Schalter reisst dann den jenseitigen Einzelschalter heraus. Für das sichere Ausschalten der beiden ersten Schalter ist noch ein besonderes Solenoid angefügt. Der Uebergang von einer Schaltstufe auf die nächste wird durch einen Autotransformator vermittelt, in analoger Weise wie bei der Kontrollerschaltung in Lokomotive Nr. 2.

Die Einzelschalter sind Elektromagnete, deren Eisenkern gehoben wird, sobald die Magnetspule vom Strom durchflossen ist, wodurch die Kontaktfinger, die mit den verschiedenen Stufen der sekundären Transformatorseite und den Motoren in Verbindung stehen, zur gegenseitigen Berührung gelangen. Beim Abschalten fällt der Magnet wieder herunter und löst auch die Hauptstromverbindung wieder. Die Kontakte sind, um ein Klebenbleiben zu vermeiden, mit starken Federn versehen; um ein Steckenbleiben der Magnete zu verunmöglichen, sind die benachbarten Magnetkerne durch über Rollen geführte Ketten mit einander verbunden, wodurch erreicht wird, dass wenn der eine Schalter eingeschaltet wird, der benachbarte unbedingt herausgerissen wird. Die Betätigung des Umschalters für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt, d. h. für

Einphaswechselstrombahn Seebach-Wettingen.

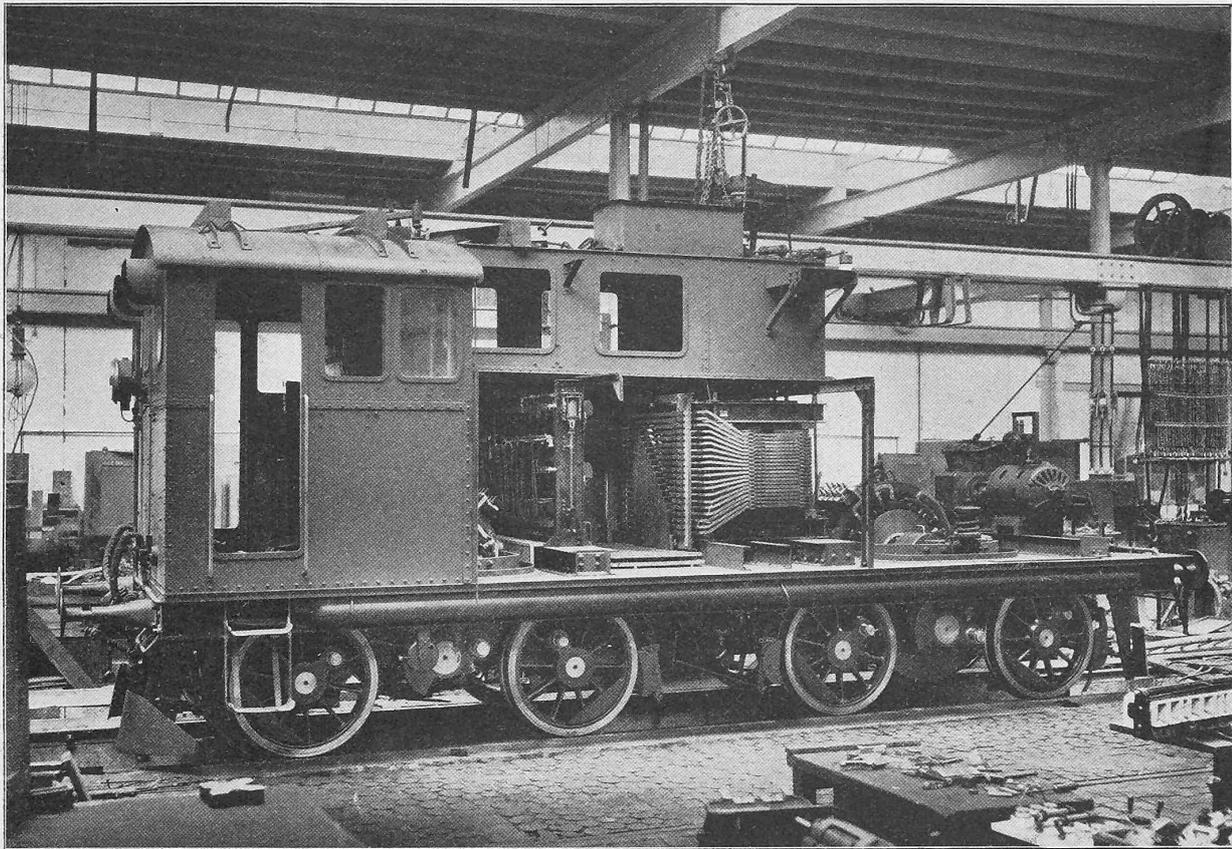
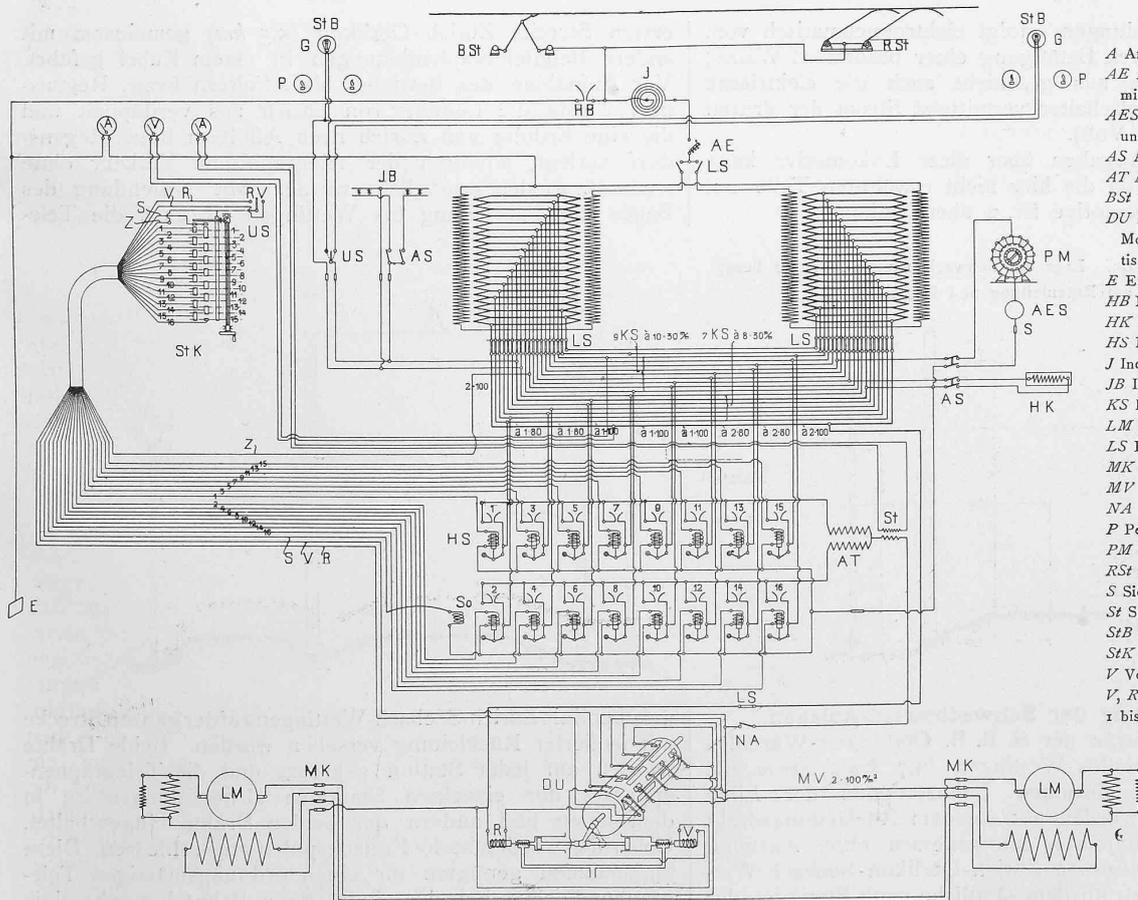


Abb. 61. Lokomotive Nr. 1 als Wechselstrom-Lokomotive, im Umbau.



Legende:

- A Ampèremeter,
- AE Aut. Aus- und Einschalter mit pneumat. Betätigung,
- AES Aut. Max- und Minim.-Aus- und Einschalter,
- AS Ausschalter,
- AT Autotransformer,
- BSf Bügelstromabnehmer,
- DU Drehricht.-Umschalter für die Motoren mit elektrisch pneumatischer Betätigung,
- E Erde, G Glühlampe,
- HB Hörner-Blitzschutzvorrichtung,
- HK Heizkörper,
- HS Einzelschalter,
- J Induktionsspule,
- JB Innen-Beleuchtung,
- KS Kupferschienen,
- LM Lokomotiv-Motor,
- LS Leitungsschliesser,
- MK Motor-Klemmbrett,
- MV Kabelverbindungen,
- NA Notausschalter,
- P Petrollampe,
- PM Pumpenmotor,
- RSf Rutenstromabnehmer,
- S Sicherung, So Solenoid,
- St Stromwandler,
- StB Stirnwall-Beleuchtung,
- StK Steuerkontroller,
- V Voltmeter, US Umschalter,
- V, R, Z Leitungskabel 3 mm, 1 bis 16 u. dsgl. 2 mm.

Abb. 62. Schaltungsschema der Lokomotive Nr. 1 als Wechselstrom-Lokomotive.

Einphasenwechselstrombahn Seebach-Wettingen.

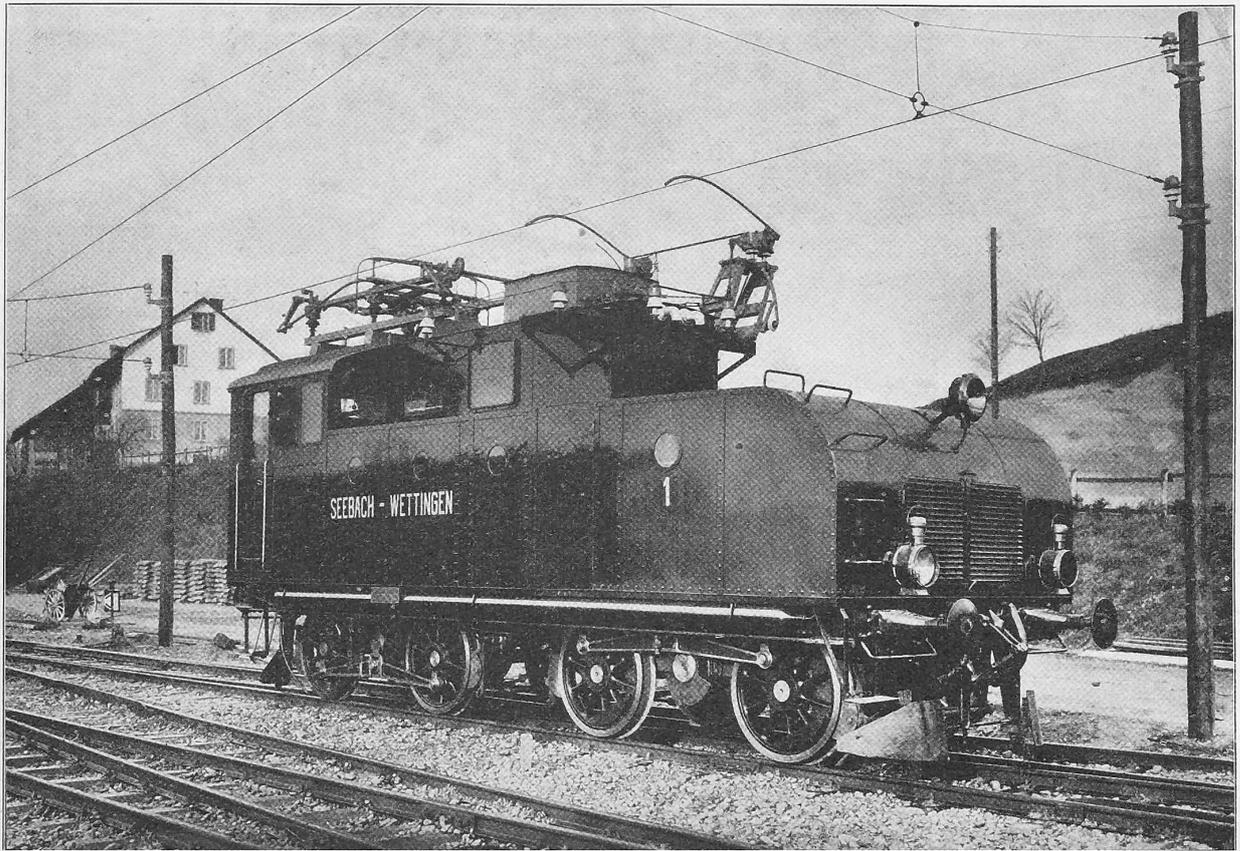


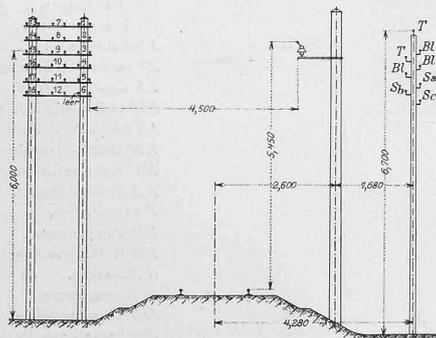
Abb. 63. Lokomotive Nr. 1 als Wechselstromlokomotive.

Umkehr der Verbindungen erfolgt elektropneumatisch vom Führerstand aus durch Betätigung einer besondern Walze; von gleicher Stelle aus geschieht auch die elektrische Steuerung der Einzelschalter vermittelt Strom der dritten Spannungsstufe (90 Volt).

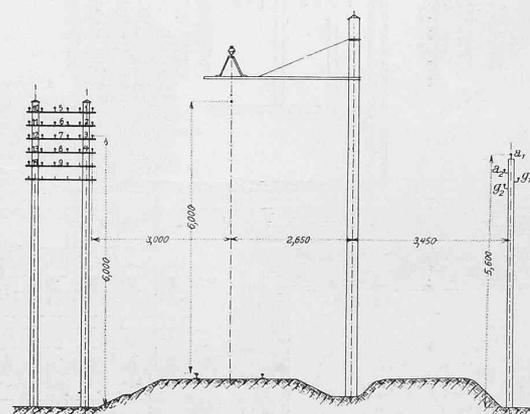
Auf weitere Angaben über diese Lokomotive kann verzichtet werden, da die hier nicht erwähnten Teile mit denjenigen der Lokomotive Nr. 2 übereinstimmen.

ersten Strecke Zürich-Oerlikon (5,5 km) gemeinsam mit andern Bahntelegraphenleitungen in einem Kabel geführt. Vor Aufnahme des Betriebes bis Affoltern bzw. Regensdorf wurde die Leitung von Zürich aus verdoppelt und die eine Erdung von Zürich nach Affoltern bzw. Regensdorf verlegt, wodurch der telegraphische Verkehr ohne weiteres wieder ermöglicht wurde. Mit Vollendung des Baues der Fahrleitung bis Wettingen ist auch die Tele-

Abb. 64 und 65. Lage der Schwachstromleitungen in Bezug auf Rutenleitung und Bügelleitung.



Masstab
1 : 150.



V. Beeinflussung der Schwachstrom-Anlagen.

a) Die Läutewerke der S. B. B. Otelfingen-Würenlos (2,5 km) und Würenlos-Wettingen (3,7 km), sowie die Signalleitungen der einzelnen Bahnstationen der Linie Seebach-Wettingen wurden mit eigenem Rückleitungsdraht versehen und funktionieren infolgedessen ohne Anstand.

b) Der Bahntelegraph Zürich-Oerlikon-Seebach-Wettingen (total 26,6 km), an dem sämtliche neun Stationen der Linie angeschlossen sind, war früher eindrähtig und auf der

graphenlinie Zürich-Seebach-Wettingen auf der ganzen Strecke mit isolierter Rückleitung versehen worden. Beide Drähte wurden auf jeder Station gekreuzt und die Telegraphenapparate der einzelnen Stationen abwechslungsweise in dem einen und andern der beiden Drähte eingeschaltet. Ueberdies wurden sechs Entladespulen angeschlossen. Diese Massnahmen genügten für einen ordnungsmässigen Telegraphendienst. Bei der eindrähtigen Bahntelegraphenlinie Bülach-Otelfingen-Würenlos-Wettingen-Brugg, die auf der

Einphasenwechselstrombahn Seebach-Wettingen.

Stromkurven (*E*) und Spannungskurven (*J*).

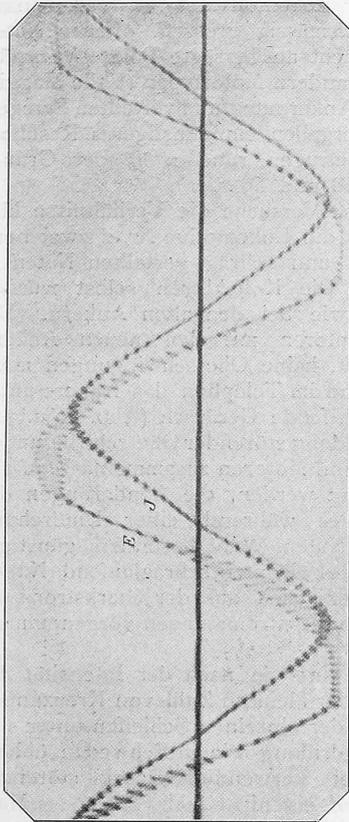


Abb. 67. 2 Motoren zu 250 PS mit alten Ankern. Lokomotive Nr. 2 + 150 t,
35 km-Std. auf 8‰ Steigung.

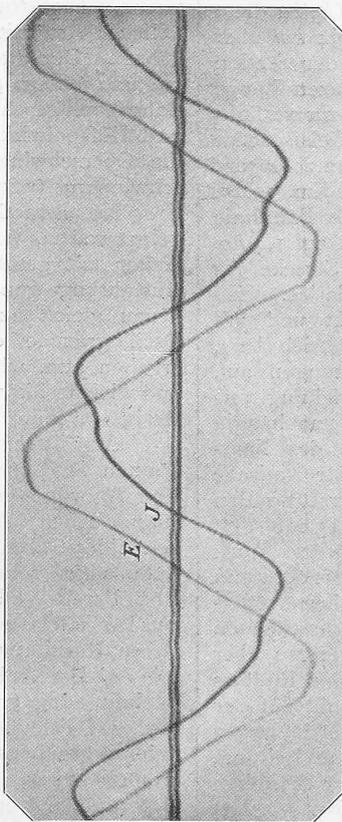


Abb. 69. 2 Valle-Maggia-Bahn-Motoren zu 60 PS. 995 Uml.-Min., 416 V. und 148 Amp.
im Prüfstand.

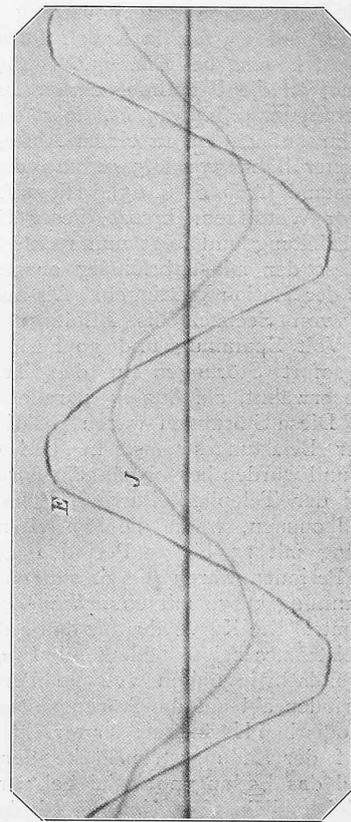


Abb. 71. 1 Motor zu 250 PS mit neuem Anker. Lokomotive Nr. 2 + 150 t,
45 km-Std. auf 10‰ Steigung.

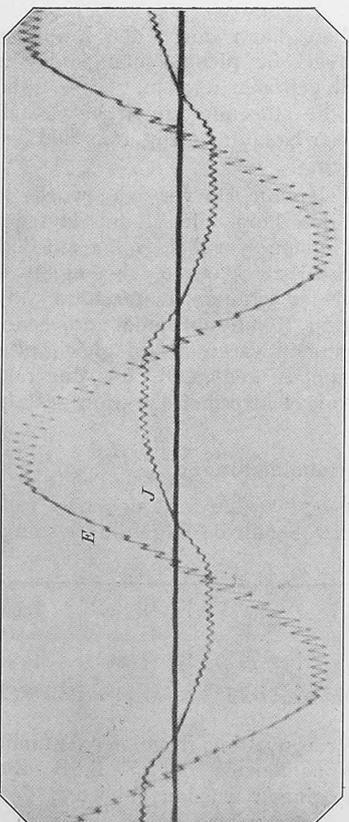


Abb. 66. 2 Motoren zu 250 PS mit alten Ankern. Lokomotive Nr. 2 leer,
30 km-Std. auf 10‰ Steigung.

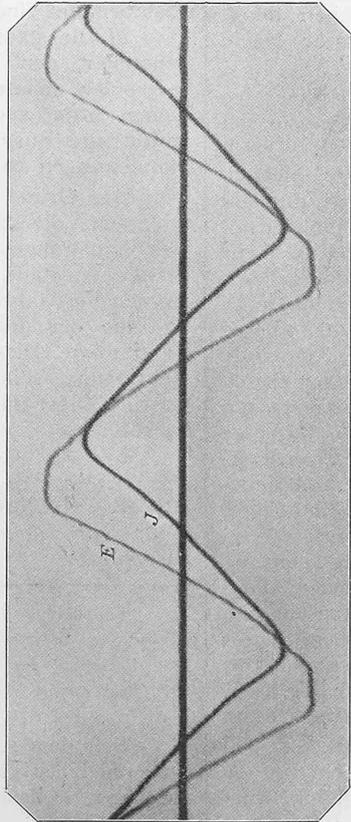


Abb. 68. 2 Valle-Maggia-Bahn-Motoren zu 60 PS. 440 Uml.-Min., 266 V. und 192 Amp.,
im Prüfstand.

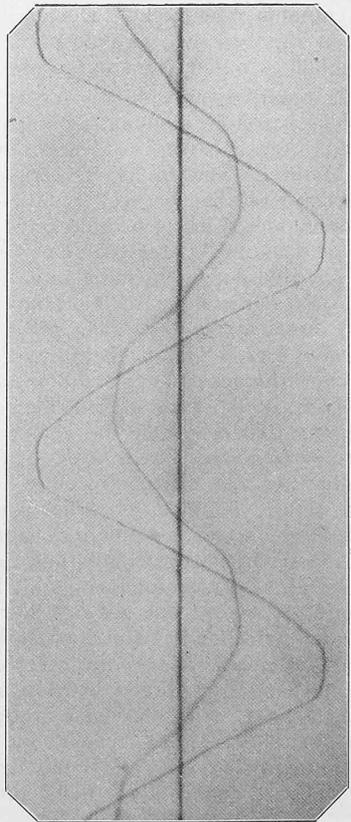


Abb. 70. 1 Motor zu 250 PS mit neuem Anker. Lokomotive Nr. 2 leer,
40 km-Std. auf 8‰ Steigung.

Strecke Otelfingen-Wettingen der Fahrleitung parallel läuft, waren gar keine besondern Massnahmen notwendig; gegenüber ihrer ganzen Länge von 35 km ist die Parallelführung von 7 km eine relativ kurze.

c) *Eidgen. Telephonleitungen.* Der von Zürich ausgehende interurbane Telephonstrang mit 28 Linien liegt ab Zürich auf 3,5 km in Kabel, führt dann 3,4 km über Land und kommt bei Km. 25,6¹⁾ (800 m vor der Station Affoltern) an die Bahnlinie, der er auf der ganzen Länge bis Wettingen, d. h. 17,7 km folgt und zwar zuerst links der Bahn auf 4,1 km in einem Abstand von Geleiseachse auf offener Bahn von 1,5 m und dann auf 12,2 km mit 3 m Abstand (Abb. 64 u. 65). Hierauf, d. h. bei Km. 39,25, kurz vor Wettingen, kreuzt dieser Strang die Bahnlinie und Fahrleitung und folgt nun rechts der Bahn auf 1,4 km dem Rest der mit Fahrleitung ausgerüsteten Strecke bis jenseits der Station Wettingen. Als nun 1904 die Versuchsstrecke von Seebach bis Affoltern vorgerückt und mit 15 000 Volt Spannung und 50 Perioden in Betrieb kam, traten sofort Störungen in den Telephonleitungen auf, die wie erwähnt, auf 800 m parallel der Fahrleitung verliefen. Diese Störungen waren praktisch ganz unabhängig von der Belastungsstromstärke und dem Ort des Fahrzeuges und wurden hervorgebracht durch die elektrostatische Ladung der Telephonleitungen. Dieselben verschwanden fast vollkommen, wenn die Fahrleitung unter 15 000 Volt Spannung mit 15 bis 30 Perioden gesetzt wurde. Auch bei 50 Perioden waren die Störungen unbedeutend, wenn die Spannungskurve mit einer Sinuskurve annähernd übereinstimmte. Die Kurve des für den Bahnbetrieb bestimmten Wechselstromes zeigte bedeutende Oberschwingungen über die Grundschwingungen von 50 Perioden. Der Einfluss der Periodenzahl auf die Störungsintensität beruht auf der physiologischen Hörbarkeit der verschiedenen Schwingungen und auf der Ladungsstromstärke der indizierten Leitung, während das Ladungspotential bei verschiedener Periodenzahl gleich blieb. Die Umformer-Lokomotive Nr. 1 selbst erzeugte keine Störungen.

Nach Umbau der Kraftstation für Wechselstrom mit 15 Perioden in der Sekunde verschwanden die vorgenannten Störungen so gut wie ganz, ob die Umformer-Lokomotive Strom entnahm oder nicht. Die oscillographischen Beobachtungen ergaben bei stromloser Linie nur sehr kleine Zackenbildung in der Spannungskurve.

Die unterdessen ebenfalls fertig gestellte Lokomotive mit Wechselstrom-Kommutatormotoren (Nr. 2) dagegen rief eine neue Art Störung im Telephonnetz hervor. Durch deren Motoren wurden Oberschwingungen der elektromotorischen Kraft hervorgerufen mit einer Schwingungszahl proportional der Fahrgeschwindigkeit, mit ungefähr gleicher Amplitude (max. 20 % der Grundwellenamplitude) bei mehr als 20 km Stundengeschwindigkeit. Die Amplitude dieser Zacken, wie zahlreiche Oscillogramm-Aufnahmen (Abb. 66 und 67) ergaben, ändert sich nicht wesentlich, ob die Lokomotive leer oder mit Belastung fährt. Die Amplitude der Stromstärkezacken steigt und fällt ungefähr symmetrisch mit der Grundwelle, während diejenige der Spannungszacken ungefähr an gleicher Stelle das Maximum hat, wo dasjenige der Stromstärkekurve liegt, also sich um die Phasenverschiebung aus der Symmetrieachse verschiebt. Arbeitet nur ein Motor, so sind die Schwingungen regelmässiger, bei den zwei normal in Reihe geschalteten Motoren werden die Zacken leicht unregelmässig und nehmen den Charakter von Interferenz-Erscheinungen an. Die Zahl der Oberschwingungen stimmt mit der Zahl der Rotornuten überein, die bei der betreffenden Geschwindigkeit an einem Statorpol vorübergehen. Diese die Telephonstörungen hervorgerufenen Oberschwingungen wurden nicht durch die Kommutation bedingt, denn dieselben bestehen z. B. auch wenn die Armaturen stromlos gemacht und mechanisch gedreht werden, sowie das Magnetfeld mit dem Fahrleitungsstrom erregt wird. Es sind auch nicht die Schwingungen der

Stromstärke, die stören, sondern die Schwingungen der in den Motoren erzeugten elektromotorischen Kraft. Die Störungen sind infolgedessen unabhängig von dem Ort der Lokomotive. Diese störenden Erscheinungen könnten also z. B. auch bei Induktionsmotoren ohne Kommutatoren auftreten. Die Rotoren der Lokomotivmotoren waren nach üblicher Art mit verhältnismässig grossen, offenen Nuten gebaut. Der Stator hat acht ausgeprägte Pole. Versuche mit unterdessen gebauten andern Motortypen (Valle Maggia-Bahn¹⁾, mit geschlossenen Ankernuten und verteilten Erreger- und Hilfspolwicklungen) ergaben ein günstigeres Resultat; die Oberschwingungen betragen rund 2 % der Grundschwingung (vergl. Abb. 68 und 69).

Nachdem durch diese Versuche die Verhältnisse klar gelegt waren, wurden für die Lokomotive Nr. 2 zwei neue Anker mit geschlossenen und schräg gestellten Nuten in Ausführung genommen. Die Kollektoren selbst wurden genau gleich ausgeführt wie bei den alten Ankern. Die Oscillogramme dieser Motoren mit den neuen Ankern ergaben nun, wie erwartet, keine Oberschwingungen mehr und gleichzeitig verschwand im Telephon das frühere unzulässig störende, direkt pfeifende Geräusch (Abb. 70 u. 71).

Als Mittel zur Vermeidung störender Oberschwingungen können für Generatoren und Motoren zusammenfassend alle jene Anordnungen genannt werden, die Aenderungen des magnetischen Widerstandes während einer Umdrehung vermeiden: Geschlossene Nuten, Wahl besonders günstiger Nutenzahlen, schräglauflende Polkanten, schräglauflende Nuten.

Parallel mit den Versuchen auf der Starkstromseite wurden solche an den Schwachstromanlagen vorgenommen. Deren Resultat war:

a) Die Anbringung einer je nach der Intensität der Beeinflussung grösseren oder kleineren Zahl von Kreuzungen der zwei Telephondrähte der einzelnen Schleifen unter sich (oder schraubenartige Verdrillung wie in Schweden üblich) ermöglicht es, selbst bei Verwendung stark störender Motoren die Geräusche auf ein nicht mehr störendes Mass herabzumindern und diejenigen der Motoren, die nur kleine Oberschwingungen erzeugen, so gut wie ganz zu beseitigen; vorausgesetzt ist dabei, dass die beiden Drähte einer Schleife vollkommen gleich isoliert und mit gleicher Kapazität behaftet sind.

b) Die statische Ladung kann durch den Einbau sogenannter, den Telephonverkehr nicht schädigende Entladespulen nahezu auf Null gebracht werden. Diese Spulen dienen ferner auch dazu, die störende Einwirkung zufällig auftretender unsymmetrischer Isolationsmängel in den Telephonleitungen zu vermeiden.

Auf Grund dieser Telephon-Hörversuche wurde beschlossen, die Schleifen des längs der Bahn laufenden Telephonstranges in der ersten Vertikal-Reihe auf jeder Stange (Abstand rund 50 m) zu kreuzen, diejenigen der zweiten Vertikal-Reihe auf jeder zehnten Stange (rund 500 m) und die der dritten, letzten Reihe auf jeder 20. Stange (rund 1 km). Diese Massnahmen waren neben gleichzeitiger Anbringung von Entladespulen genügend, um die regelmässige Zugsbeförderung mit elektrischer Traktion gestatten zu können.

VI. Betriebsleistungen.

Bis 30. November 1907 wurden von den drei Lokomotiven in regelmässigen Probefahrten folgende Leistungen ausgeführt:

Lokomotive	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Total
Lokomotiv-km	5 273	11 929	1 087	18 289
Brutto t/km	525 385	1419 188	195 520	2 140 093

Seit dem 1. Dezember 1907, dem Tage der Aufnahme des regelmässigen Traktionsdienstes der S. B. B.-Züge zwischen Seebach und Wettingen wurden geleistet:

¹⁾ Kilometrierung der S. B. B.

¹⁾ Vergleiche Seite 60 des laufenden Bandes.

Monatsleistung	Zugs-km ¹⁾	Brutto t/km	Watt-Std. bez. auf Br. t/km
1907 Dezember . . .	7080	954 280	34
1908 Januar . . .	7200	903 300	32,5
Februar . . .	6840	867 180	30
März . . .	7240	897 460	30

1) Personen-, gemischte und reine Güterzüge (regelmässiger Rangierdienst).

Während des ersten Trimesters der elektrischen Traktion der S. B. B. Züge mussten nur in drei Fällen zur Vermeidung grösserer Verspätungen Züge von der Ausgangsstation weg mit Dampflokomotiven geführt werden:

Erwähnenswert ist auch, dass bei den sehr starken Gewittern, die in der von der Bahn durchfahrenen Gegend schon wiederholt erfolgten, der Betrieb in keiner Weise beeinträchtigt wurde.

Eine kürzlich vorgenommene Untersuchung der Isolationsverhältnisse der gesamten Fahrleitungen hat ergeben, dass bei feuchtem Leitungszustand der gesamte Leistungsverlust (Ladung und Ableitung) nur 0,6 kw beträgt.

Die Anlage entspricht in ihren wesentlichen Teilen den Anforderungen eines Normalbahndienstes vollständig und bestätigt die guten Erfahrungen, die mit dem Einphasensystem auch in andern Ländern gemacht wurden.

Kirche und Pfarrhaus in Reinach-Menziken (Kanton Aargau).

Erbaut von Architekt Paul Stegwart in Aarau.



Abb. 8. Der englische Gruss. Glasgemälde im Chor.



Abb. 7. Tabernakeltüre aus vergoldeter Bronze.

Bildhauer Karl Leuch in Zürich.



Abb. 9. Die heilige Elisabeth. Glasgemälde im Chor.

1. Am 3. Dezember. Ursache: Zerspringen eines schon früher mechanisch beschädigten Isolators auf der Station Regensdorf. Der Leitungsunterbruch dauerte $\frac{5}{4}$ Stunden, da der Vorstand trotz Sichtbarkeit des Kurzschlusses die Stationsleitungen nicht abschaltete.

2. In der Nacht vom 17./18. Dezember. Ursache: Ankerbruch am Anfang der Fahrleitung auf der Station Seebach und infolgedessen Losreissen des Fahrdrahtes aus der ersten Klemme. Die dadurch möglich gewordene Erdung der Leitung ermöglichte es, da in Seebach noch niemand zur Stelle war, um die Stationsleitungen abzuschalten, erst um 6 Uhr morgens, d. h. kurz nach Abfahrt des ersten Zuges von Wettingen, die Linie unter Spannung zu setzen.

3. Am 6. Januar 1908. Ursache: Ein in der Frühe beim Einschalten in der Umformerstation herbeigeführter Kurzschluss, der das Unterspannungsetzen der Linie bis 6.15 morgens verzögerte.

Eine Anzahl von weitem Zugsverspätungen ist in der Hauptsache auf die Umformerstation zurückzuführen, die dem gleichzeitigen Verkehr zweier Züge, verursacht durch die in letzter Stunde vor der Betriebsaufnahme neu eingelegten Güterzüge, anfänglich nicht genügte.

Die Fahrleitung mit einfacher Isolation bewährt sich vorzüglich, trotz der hohen Spannung von 15 000 Volt und der sehr starken Verrussung der Isolatoren auf den Endstationen, sowie auf der Gemeinschaftsstrecke Wettingen-Otelfingen, die mit ihrer teilweise tiefen Leitungslage neben dem elektrischen Betrieb auch von schweren Güterzügen mit Dampflokomotiven befahren wird.

Gestützt auf die bei Seebach-Wettingen gemachten Erfahrungen bietet auch die Erstellung von Lokomotivtypen mit 3500 bis 4000 PS Stundenleistung keine Schwierigkeit, also von Lokomotiven, die allen Anforderungen, wie sie unsere Bergstrecken stellen, völlig genügen.

Es ist daher zu hoffen, die S. B. B. werden nunmehr die Elektrifizierung einiger Hauptlinien, insbesondere mit Berg- und Tunnelstrecken, selbst an die Hand nehmen und nicht weiterhin die Privatinitiative von Konstruktionsfirmen abwarten. In Verbindung damit hat aber der Ausbau der hierzu nötigen und dem Bunde z. T. bereits gesicherten Wasserkräfte zu erfolgen, damit der elektrischen Traktion auch der erforderliche, billige Strom zur Verfügung gestellt werden kann.