

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	39/40 (1902)
Heft:	26
Artikel:	Die Erweiterungsbauten der Elektrizitätswerke und die elektrisch betriebene Strassenbahn in Schaffhausen
Autor:	S.H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-23469

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.02.2026

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

I N H A L T: Abonnements-Einladung. — Die Erweiterungsbauten der Elektrizitätswerke und die elektrisch betriebene Strassenbahn in Schaffhausen. — Die neuen Linien der rhätischen Bahn: Einiges über die Tunnelabsteckungen auf der Albula-Bahn. — Ueber Bogenbrücken mit elastischen

Pfeilern. — Künstlicher Zug durch Winddruck (System Voet). — Miscellanea: Mannheimer Neubauten. Einwirkung des Sonnenlichtes auf elektrische Entladungen. Die neuen österreichischen Alpenbahnen. Schwere Güterzugslokomotiven.

Abonnements-Einladung.

Auf den mit dem 3. Januar 1903 beginnenden XXI. Jahrgang der *Schweizerischen Bauzeitung* kann bei allen Postämtern der Schweiz, Deutschlands, Oesterreichs, Frankreichs und Italiens, ferner bei sämtlichen Buchhandlungen, sowie auch bei Herren **Ed. Raschers Erben**, Meyer & Zellers Nachfolger in **Zürich** und bei dem Unterzeichneten zum Preise von 20 Fr. für die Schweiz und 25 Fr. für das Ausland abonniert werden. Mitglieder des Schweiz. Ingenieur- und Architektenvereins oder der Gesellschaft ehemaliger Polytechniker geniessen das Vorrecht des auf 16 Fr. bzw. 18 Fr. (für Auswärtige) ermässigten Abonnementspreises, sofern sie ihre Abonnementserklärung einsenden an den

Zürich, den 27. Dezember 1902.

Herausgeber der Schweizerischen Bauzeitung:

A. Waldner, Ingenieur,
Dianastrasse Nr. 5, Zürich II.

Die Erweiterungsbauten der Elektrizitätswerke und die elektrisch betriebene Strassenbahn in Schaffhausen.

Im Jahre 1861 wurde die Errichtung eines Wasserwerkes in Schaffhausen und die Erstellung der seinerzeit viel Aufsehen erregenden Seiltransmission beschlossen und durch die „Wasserwerksgesellschaft Schaffhausen“ in Angriff genommen. Die Ausführung der Arbeiten wurde Heinrich Moser übertragen und die Anlage im Jahre 1866 dem Betriebe übergeben. Das durch zwei Steinpfeiler getragene Wasserwerkgebäude enthielt drei Turbinen von zusammen 760 P. S. Infolge der stetigen Nachfrage nach Kraft entschied man sich im Jahre 1887 zur Erstellung eines zweiten, fünf Turbinen umfassenden Werkes, das unterhalb der alten Anlage zu liegen kam. Zwei dieser Turbinen dienen zum Betriebe der zur Kammgarnspinnerei Schaffhausen gehörenden Gleichstromanlage (Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1893, Bd. XXXVII), zwei weitere Turbinen zum Antriebe zweier Einphasen-Wechselstromgeneratoren, die das Beleuchtungsnetz von Schaffhausen speisen,¹⁾ während die fünfte Turbine zur Zeit der Inbetriebsetzung der anderen Gruppen noch nicht aufgestellt war.

¹⁾ Schweiz. Bauztg. Bd. XXXI Nr. 23, 24 und 25.

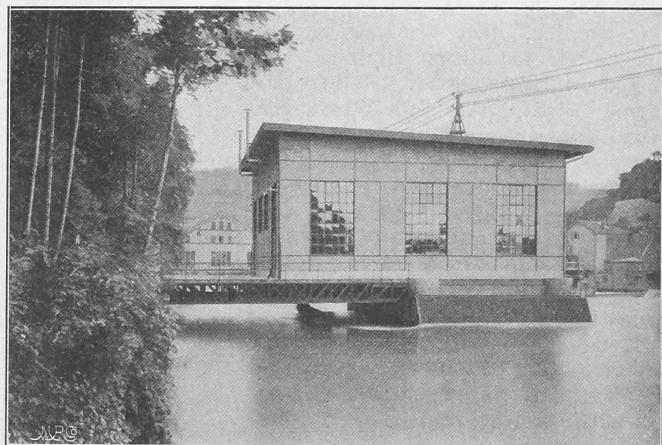


Abb. 2. Aussen-Ansicht der oberen Kraftzentrale.

Dies war der Stand der Anlage, als dieselbe im Jahre 1898 in den Besitz der Stadt Schaffhausen überging, die nach und nach den Ausbau der unteren und den Umbau der oberen Kraftzentrale, die gänzliche Auflösung der alten Seiltransmissionsanlage, die allgemeine Einführung des elektrischen Betriebes und den Bau einer elektrisch betriebenen Strassenbahn Schaffhausen-Neuhausen durchführte. Die Lieferung der Turbinen erfolgte durch die Firmen J. J. Rieter & Cie. und Escher Wyss & Cie., jene des mechanischen Teiles der Motorwagen durch die Schweiz. Industrie-Gesellschaft Neuhausen. Die Ausführung des elektrischen Teiles der Arbeiten wurden der Maschinenfabrik Oerlikon übertragen, welche bereits die Gleichstromanlage der Kammgarnspinnerei und die zu Beleuchtungszwecken dienende Wechselstromanlage eingerichtet hatte.

Für die neu zu erstellende Kraftverteilungsanlage wurde Drehstrombetrieb, für die Strassenbahn Gleichstrombetrieb gewählt. Der gesamte Ausbau und Umbau wurde ohne Betriebsstörung in der Kraftabgabe durchgeführt und die bisher mittels Seilbetrieb betätigten Fabriken während des Umbaues mit Drehstrommotoren ausgerüstet, sodass sie, als die alte Seiltransmissionsanlage für immer ausser Betrieb gesetzt wurde, sofort durch die mittlerweile in der unteren Kraftzentrale an die fünfte Turbine angeschlossene Drehstrommaschine betätigt werden konnten.

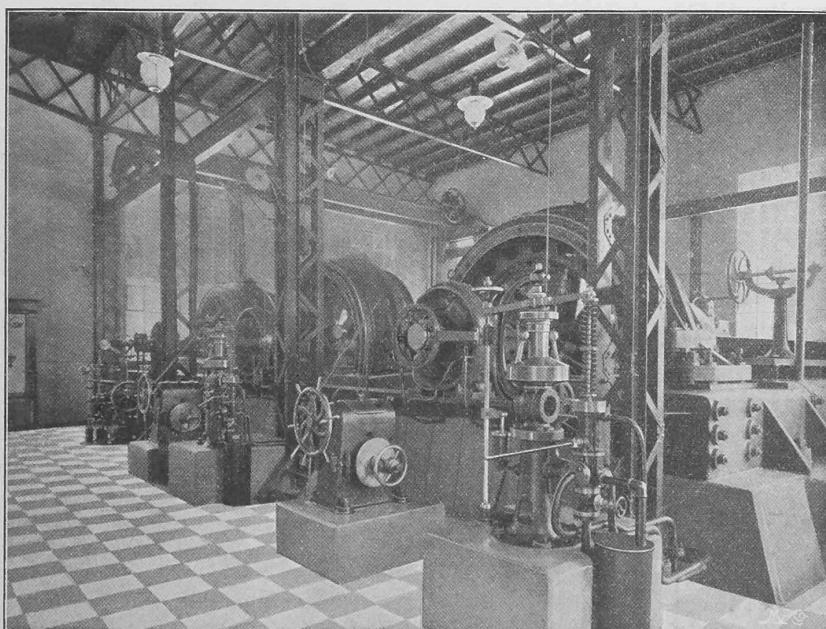


Abb. 5. Innenansicht der oberen Kraftzentrale.

Der Ausbau der unteren Kraftzentrale (Abb. 1 S. 284) umfasste die Aufstellung einer 350 P.S. hydro-elektrischen Gruppe zur Erzeugung von Drehstrom, die Montage zweier Drehstrom-Gleichstrom-Umformergruppen für den Strassenbahnbetrieb und die Erstellung der zugehörigen Apparatenanlagen.

Die von Escher Wyss & Cie. gelieferte 350 P.S. Turbine ist eine Jonvalturbine. Ihre Umdrehungszahl beträgt 60 in der Minute. Durch diese Turbine wird ein Wechselstrom-Drehstrom-Generator betätigt, der für das Kraft- und Lichtnetz als Reserve dient. Der vermittelte Kegelräder angetriebene Generator hat eine Aufnahmefähigkeit von 350 P.S. und leistet bei 167 Umdrehungen in der Minute als Einphasen-Wechselstrom-Generator 210 K.V.A. bei 2000 Volt und 50 Perioden, als Drehstromgenerator bei gleicher Spannung und Periodenzahl 300 K.V.A. Seine Armatur besteht aus zwei in Serie geschalteten Hälften. Jede derselben besitzt 108 Nuten und 54 Spulen, die von je 18 Windungen gebildet werden. Eine Windung besteht aus zwei parallelen Drähten von 4,4/5 mm Durchmesser. Die Erregerspule wird durch 300 Windungen von Kupferbändern von 1×60 mm Abmessung gebildet, die durch 0,5 mm Asbestbänder isoliert sind. Das Magnetrad trägt an seinem Umfange 2×18 aus Eisenblech hergestellte Polschuhe. Das Armaturgehäuse ist vierteilig. Der Antrieb der Erregermaschine erfolgt von einer auf die Generatorenwelle aufgekeilten, vierflügigen Seilscheibe aus durch 15 mm Seile.

Von den beiden Drehstrom-Gleichstrom-Umformergruppen, welche den Betriebsstrom für die Strassenbahn liefern und entweder von der oberen Zentrale, oder von dem vorher erwähnten Reserve-Generator gespeist werden, dient eine als Reserve. Jede Umformergruppe besteht aus einem unter einer Betriebsspannung von 2000 Volt arbeitenden, zwölfpoligen 150 P.S. Drehstrommotor (Maschinentyp Oerlikon 3067), welcher mittels isolierender und flexibler Kuppelung mit einer Gleichstromdynamo (Maschinentyp Oerlikon N.N. XIa) gekuppelt ist, die Strom von 550 Volt und 182 Amp. erzeugt. Die Umformergruppen machen 490 Umdrehungen in der Minute.

Zur Unterstützung der Umformergruppen ist eine in einem Nebengebäude untergebrachte Pufferbatterie, welche aus 276 Elementen besteht und eine Kapazität von 165 Ampèrestunden besitzt, vorgesehen.

Für den Drehstromgenerator, für die Gleichstrommaschinen und die Batterie, sowie für die Drehstrommotoren sind eigene, vollständig abgeschlossene Apparatenanlagen vorgesehen, welche die zur Bedienung der Maschinen und zur Messung des Stromes nötigen Apparate und Instrumente tragen. Die vorhandene Apparatenanlage, welche bereits früher zur Bedienung der Einphasen-Wechselstrom-Anlage diente, wurde umgebaut und vergrößert, um von ihr aus den als Einphasen-Wechselstrom-Generator laufenden Drehstromgenerator bedienen und mit den beiden Einphasen-Wechselstrom-Generatoren parallel schalten zu können.

Die obere Kraftzentrale (Abb. 2—6), wurde auf den zwei von Heinrich Moser gebauten, alten Steinpfeilern der ersten Wasserwerkanlage als eiserne, mit Backsteinen ausgemauerte Gerüstkonstruktion errichtet. Vor dem Einlauf befindet sich ein Rechen von 30 mm Spaltweite. Jede der drei Turbinen kann durch einsetzbare Spundwände abgeschlossen werden. Muss die obere Turbine abgesperrt werden, so wird den beiden untern Turbinen das Druckwasser von

Die Erweiterungsbauten der Elektrizitätswerke in Schaffhausen.

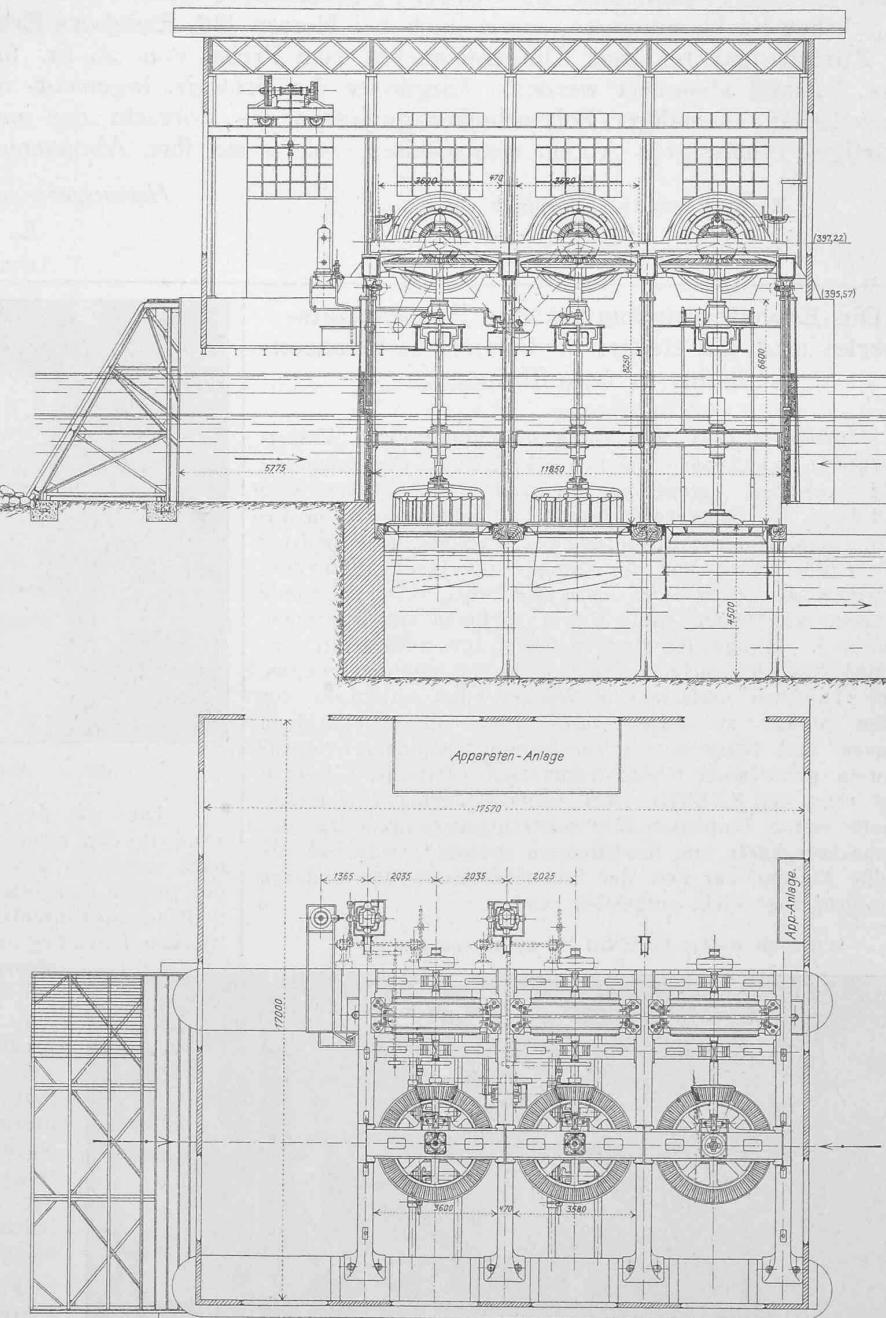


Abb. 3. Hydroelektrische Anlage der oberen Kraftzentrale. — Längenschnitt und Grundriss 1:200.

der untern Seite des Kanals aus zugeführt. Die Generatoren (Abb. 5) werden von den Turbinen mittels Kegelräder getrieben betätigt. Die unterste Maschinengruppe liefert den Betriebsstrom für die mechanische Bindfadenfabrik Schaffhausen, die beiden andern den Strom für das städtische Kraftverteilungsnetz.

Jede der drei Turbinen (Abb. 3 und 4), von denen die unterste eine von J. J. Rieter & Cie. gebaute Jonvalturbine, die beiden andern von Escher Wyss & Cie. gebaute Francis-

turbinen sind, wurde für eine Leistung von 350 P. S., bei 60 Umdrehungen in der Minute und 8400 bis 7800 Sekundenliter, gebaut. Das zur Verfügung stehende Gefälle beträgt bei Hochwasser 3,5 m, bei Niedrigwasser 4,5 m.

Der zum Betriebe der mechanischen Bindfadenfabrik dienende Drehstromgenerator (Maschinentyp Oerlikon 5011) erzeugt bei 170 Umdrehungen in der Minute Strom von 400 Volt verketteter Spannung und 51 Perioden. Jede Armaturhälfte besitzt 108 Nuten und 54 Spulen, die durch

zentrale, das Kraftnetz sowie die an dasselbe angeschlossenen Motoren der Strassenbahn-Umformergruppen von den beiden Drehstromgeneratoren der oberen Kraftzentrale gespeist. Im Falle der eine der beiden Wechselstrom-Generatoren ausser Betrieb gesetzt werden muss, tritt an seine Stelle der Wechselstrom-Drehstrom-Reserve-Generator, der auch aus hilfsweise mit beiden Wechselstrom-Generatoren parallel auf das Lichtnetz arbeiten kann. Der Reserve-Generator arbeitet anderseits auf das Kraftnetz, wenn einer der beiden Drehstrom-Generatoren der oberen Kraftzentrale ausser Betrieb gesetzt werden muss. Durch Aufstellung dieses zwei Stromarten liefernden Reserve-generators ist die Möglichkeit der Betriebsstörung durch Ausbleiben des Stromes in dem einen oder anderen Verteilungs-netze ausgeschlossen.

Von der oberen Kraftzentrale führen zwei unterirdisch verlegte Kabel von $3 \times 60 \text{ mm}^2$ Querschnitt zur Drehstrom-Apparatenanlage der untern Kraftzentrale und von letzterer über den eisernen Rheinsteg nach der Stadt. Das gesamte Kraftnetz ist unterirdisch in Tonkanälen verlegt. Es kamen durchwegs dreifach verselte Kabel mit doppeltem Bleimantel und asphaltierter Bandumhüllung zur Verwendung.

Zur Ab- und Einschaltung der einzelnen Leitungsstränge dienen zehn in der Stadt entsprechend angelegte Verteilungsstationen, von denen fünf gleich-

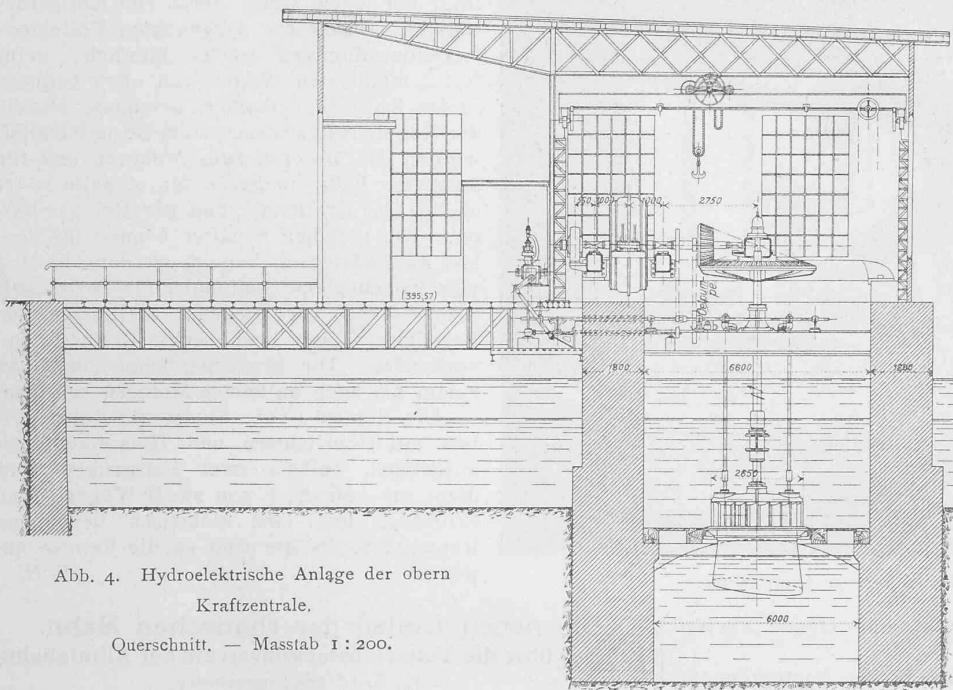


Abb. 4. Hydroelektrische Anlage der oberen Kraftzentrale

Querschnitt. — Masstab 1 : 200.

je acht Windungen von vier parallelen 4,8/5,3 mm Drähten gebildet werden. Die Armaturhälften sind parallel geschaltet. Die Erregerspule besteht aus 2×83 Windungen Kupferband von 60×2 mm Abmessung. Das Magnetrad hat 2×18 Pole. Der Generator ist mit einer vierpoligen Erregermaschine direkt gekuppelt.

Die beiden anderen nach dem gleichen Maschinentyp gebauten Drehstromgeneratoren erzeugen bei 170 Umdrehungen in der Minute und bei $\cos \varphi = 0,8$ Strom von 2000 Volt verketteter Spannung und 50 Perioden. Jede Armaturspule besteht aus 16 Windungen, die durch zwei parallele Drähte von 4,4/5,0 mm gebildet werden, die Erregerwicklung aus 300 Windungen von 60×1 mm Kupferband. Auch hier sind die Erregermaschinen mit den Generatoren direkt gekuppelt. Der Wirkungsgrad dieser Maschine beträgt bei Vollast 92 %, bei Halblast 87 %. Die Hochspannungswicklungen der Generatoren sind für eine Betriebsspannung von 2000 Volt und für eine Probespannung von 4000 Volt isoliert. Auch diese beiden Generatoren sind je mit einer vierpoligen Erregermaschine direkt gekuppelt.

Der für die Bindfadenfabrik vorgesehene Generator besitzt eine eigene kleine Apparatenanlage, während die beiden anderen Generatoren von einer gemeinsamen Apparatenanlage aus bedient werden. Diese Teilung wurde deshalb vorgenommen, weil die Bindfadenfabrik ihren Generator durch eigenes Personal bedienen lässt. Die gemeinsame Apparatenanlage ist nach den modernsten Anforderungen ganz in Eisen ausgeführt und mit perforiertem Eisenblech verschalt. Für jeden Generator, für jede Erregermaschine und für die Generalinstrumente ist je ein eigenes Marmorfeld vorgesehen, das die Messinstrumente und Apparatenhebel trägt. Sämtliche Apparate sind im Innern der Apparatenanlage, zu beiden Seiten eines Bedienungsganges angeordnet (Abb. 6).

Bei normalem Betriebe wird das Beleuchtungsnetz von den beiden Wechselstrom-Generatoren der untern Kraft-

zeitig als Transformatorenstationen, von denen fünf gleichzeitig als Verteilungstationen ausgebildet sind. Die Verteilungstationen enthalten die dreipoligen Schalter und Sicherungen der zu- und abgehenden Kabel. In den Transformatorenstationen wird die Hochspannung auf 200 Volt transformiert. Auch die Sekundärleitungen sind unterirdisch verlegt, bis auf die nach der weit außerhalb der Stadt gelegenen Pumpstation „Engestieg“ führende Leitung, die oberirdisch auf Masten geführt und an den Endpunkten, sowie an einigen exponierten Stellen durch Blitzschutzvorrichtungen gesichert ist.

Es sind derzeit neun Hochspannungsmotoren mit zusammen 815 P. S. und 28 Niederspannungsmotoren mit zusammen 318 P. S. an das Drehstromnetz angeschlossen. Die drei Pumpenstationen der Stadt werden ebenfalls elektrisch betrieben. Die totale Leistung der Drehstromanlage betrug im Betriebsjahre 1901 1 144 721 kw/St.

Die *Strassenbahn* besitzt drei Linien: Bahnhof Schaffhausen-Neuhausen, Bahnhof-Schützenhaus (welche Linie jedoch nur vom Obertor aus regelmässig befahren wird) und Bahnhof-Emmersbergquartier. Alle Linien sind einspurig ausgeführt. Die Länge der Ausweichegleise beträgt durchschnittlich 80 m, ihre Achsendistanz 2,5 m. Auf der Neuhauserlinie kommen Steigungen von 54 ‰ und 46 ‰ vor, auf der Breitelinie solche von 81 ‰ (mittlere Steigung 52 ‰).

Das Meterspur-Geleise ist durchwegs in der Strassenfahrbahn verlegt und zwar derart, dass die Schienenköpfe vollständig in das Niveau der Strasse versenkt sind. Als Unterlage der Schienen dient eine Packlage aus Bruchsteinen von 0,4 m Breite und 0,25 m Stärke mit darüberliegender Schotterschicht von 0,05 m. Zur Verwendung kamen Rillenschienen Phönix 14 b von 12 m Baulänge, deren Abstand durch eiserne Spurhalter gesichert ist. Alle Geleise sind mit Halbstoss verlegt. Die elektrischen Schienenverbindungen wurden nach System Edison-Brown ausgeführt.

Die Betriebsspannung für das Strassenbahnenetz beträgt 550 Volt. Die von der unteren Kraftzentrale kommende Speiseleitung von 100 mm^2 endet am Rheinsteg in einem Verteilungskasten, von welchem zwei Kabel zu zwei Streckenausschaltern der Neuhauserlinie führen. Zur

welche je 24 P.S. leisten, haben ein geschlossenes Gehäuse aus Stahlguss, das zugleich als Magnetkranz dient. Die aus lamelliertem Eisenblech hergestellten Magnetpole sind im Innern des Gehäuses angeschraubt, und die beiden Hälften des letztern sind aufklappbar, sodass das Innere des Gehäuses vollständig zugänglich ist und der Anker bequem ausgewechselt werden kann. Die Motorlager sind mit Ringschmierung, die Triebachsenlager mit Filzschmierung versehen. Die Stromabnahme am Kollektor erfolgt bei jedem Motor durch vier Kollektorbürsten. Durch die sogenannten Kollektorevisionsöffnungen ist es möglich, beim fertig montierten Wagen von oben bequem zu den Kollektorbürsten zu gelangen. Mittels der Regulierapparate, System Serie-Parallel, werden die Motoren zum Anfahren und für langsame Fahrt in Serie, für schnelle Fahrt und grosse Kraftleistungen parallel geschaltet. Die gleichen Schalter können für Vor- und Rückwärtsgang benutzt werden. Es sind vier verschiedene Stellungen für Serieschaltung, sechs verschiedene Stellungen für Parallelschaltung und sechs Bremsstufen vorhanden. Die Bremsung kann sowohl an einem als auch an beiden Motoren erfolgen.

Die Remise (Abb. 8) ist als Rohziegelbau mit Oberlichtern und Holzzementdach ausgeführt, enthält zwei Putzgruben und dient zur Aufnahme von zwölf Wagen. Eine Schmiede und eine elektrisch betriebene Reparaturwerkstatt sind an die Remise angebaut.

S. H.

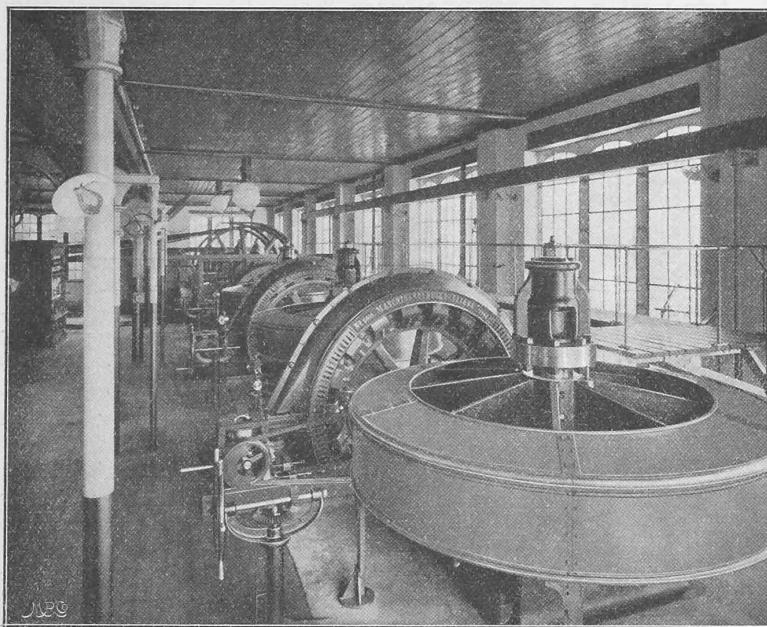


Abb. 1. Innenansicht der unteren Kraftzentrale.

Speisung der Schützenhauslinie dient eine eigene Speiseleitung ebenfalls von 100 mm^2 .

Zur Kontaktleitung ist ein 8 mm dicker, hartgezogener Kupferdraht verwendet, welcher mittelst 6 mm Stahl-Spanndrähten auf Masten aus Mannesmanröhren und Mauerrosetten $6,5 \text{ m}$ über Schienenoberkante aufgehängt ist. Durch entsprechend verteilte Blitzschutzapparate ist die Kontaktleitung gesichert. Zur Stromabnahme dienen Trolley, während die Rückleitung des Stromes durch die Schienen und von denselben nach der Unterstation durch ein isoliertes Kabel erfolgt.

Der mechanische Teil der neuen Motorwagen wurde von der Schweiz. Industriegesellschaft in Neuhausen geliefert. Das Untergestell besteht aus dem eigentlichen Motorgestell und dem Kastengestell. Ersteres hat zwei gepresste Stahlblech-Längsträger, welche durch Profileisen verbunden sind und auf den Achsbüchsen aus Stahlguss ruhen. Das Kastengestell wird von Pinzette- und Stahlfedern getragen. Die Plattformen sind geschlossen und von dem Wageninnern durch Schiebetüren getrennt. Die aus Holzlatten gebildeten Bänke laufen in der Längsrichtung. Außen ist der Kasten mit Stahlblech verkleidet und mit wasserdichtem Segeltuch abgedeckt. Die Wagen sind mit achtklötzigen Spindelbremsen ausgerüstet. Für die auf der Schützenhauslinie verkehrenden Wagen sind besondere Sicherheitsbremsen vorgesehen. Diese bestehen aus acht Radschuhen, die zu je vier zusammengekuppelt sind und mit einer von jedem Führerstande aus zu betätigenden Anlassvorrichtung unter die Räder gebracht werden können, sodass das ganze Wagnegewicht jeweils auf vier Radschuhen ruht. Die Schuhe werden mittelst einer seitlich am Wagen einzusteckenden Kurbel in die Ruhestellung zurückgebracht.

Jeder Wagen ist mit zwei Motoren (Maschinentyp Oerlikon T M^a) ausgerüstet (Abb. 7 S. 286). Die Motoren,

Die neuen Linien der rhätischen Bahn. Einiges über die Tunnelabsteckungen auf der Albulabahn.

Von W. Graf, Sektionsgeometer.

In den Tunnels, die auf der Albulabahn von Thusis bis St. Moritz in grosser Anzahl vorhanden sind, wurden verschiedene Methoden zur Bestimmung von Länge und Richtung

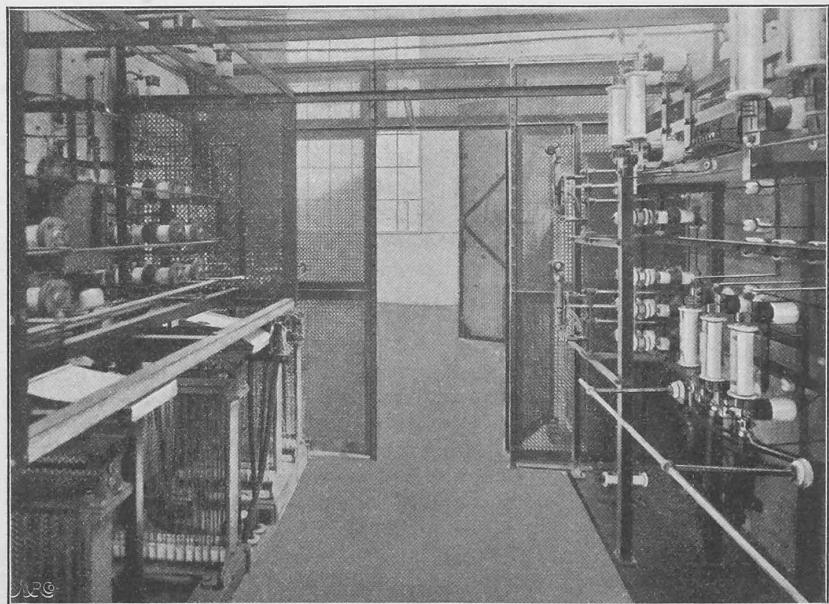


Abb. 6. Apparatenanlage der oberen Kraftzentrale.

angewandt, die den jeweiligen örtlichen Verhältnissen und sonstigen Umständen angepasst waren. Im folgenden sollen einige Beispiele in Kürze beschrieben werden.

I. Albulatunnel (5866 m. lang).

Durch eine frühere Triangulation war für den Baubeginn die Richtung der beidseitigen Vortriebstollen annähernd fest-

gestellt und auf jeder Seite durch einen festen Punkt, als „Observatorium Nord“ und „Observatorium Süd“, bezeichnet worden. Die Lage dieser zwei Richtungspunkte der Tunnelgeraden war durch eine Spezialtriangulation bestimmt, die auf jeder Seite des Albulahöhenzuges an drei neu berechnete Dreieckspunkte der eidgenössischen Triangulation anschloss. Mit dieser Triangulation wurden, wie aus Abb. 1 (S. 287) ersichtlich ist, auf jeder Bergseite einschliesslich der beiden Observatorien vier neue Punkte festgelegt und aus den Resultaten diejenigen Winkel abgeleitet, welche die gesuchte Tunnelrichtung mit den anstossenden Dreiecksseiten auf den Observatorien bildet. Die erste Triangulierung war von Ing. R. Wildberger in Chur ausgeführt, welcher auch die erste provisorische Absteckung der Achse über den Berg gemacht hatte. Auf dem topographischen Bureau in Bern wurde die Kontrollberechnung der Anschluss- und neuen Signale von Ingenieur Oberst Reber vom eidgen. topographischen Bureau durchgeführt, derauch während des Baues die Hauptkontrolle der Richtungsangaben im Tunnel ausühte. Die letzte Triangulation zur Tunnel längenbestimmung wurde von Sektionsgeometer W. Graf vorgenommen, der dann zusammen mit

Ingenieur Reber die definitive Achse über den Berg absteckte und im Tunnel während des Baues die Achsabsteckungen besorgte. Die ganze Arbeit war infolge der geringeren räumlichen Ausdehnung des Operationsgebietes, der geringeren Länge des Tunnels, sowie auch wegen der grossen Höhenlage desselben von 1814 m ü. M. mit weniger Schwierigkeiten verbunden, als dies z. B. bei den Richtungsbestimmungen für den Gotthard- und den Simplontunnel der Fall war.

Triangulation. Wie bereits angeführt, war die Lage der Tunnelgeraden durch die zwei fest angenommenen Punkte „Observatorium Nord“ und „Observatorium Süd“ bezeichnet, und zwar sollte die Lage jedes dieser Punkte aus drei Signalen abgeleitet und dann zur völligen Sicherheit die Gerade über den Berg abgesteckt und auf dem Gipfel durch von den Observatorien aus sichtbare Signale bezeichnet werden. Die Anlage des Dreiecksnetzes wird durch Abbildung 1 veranschaulicht. Die Observatorien und Signalknoten wurden bezeichnet durch in Zementmörtel gemauerte Signalfelder von den aus Abb. 2 (S. 287) ersichtlichen Abmessungen. Als Zentrum galt der Mittelpunkt der in den Pfeiler eingelassenen Eisenröhre von 8 cm lichtem Durchmesser, in die — zum Anvisieren von den andern Signalen aus — eine Holzstange von 75 mm Durchmesser und etwa 2 m freier Höhe gestellt wurde. Der Observatoriumspfeiler auf der Südseite, der auf dem Schuttkegel eines von Chô d'Valletta herunterkommenden Lawinenzuges liegt, wurde oberhalb durch eine in der Lawinenrichtung liegende, den Pfeiler überragende dachförmige Schutzmauer von etwa 3 m Länge versichert; zugleich wurde gegen das Pfeilerfundament ein Strebe pfeiler in Mörtel von etwa 2,2 m Länge und 2 m Breite erstellt, sodass jede Gefahr einer Beschädigung durch Lawinen ausgeschlossen erschien.

Die Winkelmessungen wurden teils im Herbst 1898, teils im Frühjahr 1899 vorgenommen. Zur Verwendung kamen Repetitionstheodolite von Kern & Cie. in Aarau mit Teilkreisen von 21 und 24 cm. Sämtliche Winkel wurden in beiden Fernrohrlagen fünf- bis sechsmal gemessen, im ganzen zehn- bis zwölffach repetiert und in gleicher Weise ebenfalls die Ergänzungswinkel zu 360° für jeden Winkel bestimmt.

Die Witterung war für die Winkelbeobachtungen meistens günstig. Die Messungen wurden vom 2.—16. September und vom 5.—8. Dezember 1898 ausgeführt, während im Juni und Juli 1899 noch die Ergänzungswinkel für die definitive Tunnelängenbestimmung zu messen waren.

Berechnung der Tunnellänge. Aus den neuerdings berechneten Koordinaten der Anschlusssignale III. Ordnung des eidgenössischen Triangulationsnetzes — nordseits aus jenen der Signale: Prosonch, Rugnux dains und Muot sureint, südseits aus jenen von Bevers, Piz Mezzem und Muot Gravatscha — wurden die Längen, Richtungswinkel und Koordinaten der neuen Signale, einschliesslich der beiden Observatorien abgeleitet; man fand hierbei für

$$\begin{array}{ll} \text{Observatorium Nord} & y = 178\ 362,91 \quad x + 37\ 204,87 \\ & \text{Süd} \dots \quad y = 185\ 757,28 \quad x + 41\ 359,87 \end{array}$$

woraus sich ergab:

$$\begin{array}{ll} \text{Azimut Observatorium Süd} - \text{Observatorium Nord} = \\ = 119^\circ 19' 56''. \end{array}$$

Länge zwischen Observatorium Süd und Observatorium Nord ($\log. 3,9\ 284\ 873$) = 8481,79 m auf Meereshöhe, oder auf die Höhe von 1810 m ü. M. bezogen = 8484,18 m

Durch die beidseitige Spezialtriangulation mit ergänzender direkter Längenmessung wurden bestimmt:

$$\begin{array}{ll} \text{Die Länge von Observatorium Nord bis zum ausgeführten} \\ \text{Portal bei Preda} \dots \dots \dots \dots \dots \dots = 1069,43 \text{ m} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Diejenige vom Observatorium Süd bis zum} \\ \text{Tunnelportal in Spinas} \dots \dots \dots \dots \dots \dots = 1548,72 \text{ m} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Zusammen} \dots \dots \dots \dots \dots \dots = 2618,15 \text{ m} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Womit die Länge des Albulatunnels mit} \dots \dots \dots \dots \dots \dots = 5866,03 \text{ m} \end{array}$$

gegeben war. Eine Kontrollwinkelmessung, die anlässlich der letzten Hauptabsteckung zu Ostern 1902 auf je einem in der Tunnelachse liegenden Punkt der beiden Stationsplateaus vorgenommen worden ist, ergab mit pothenotischer Berechnung ein mit obiger Länge vollständig übereinstimmendes Resultat.

Richtungsangabe vor und im Tunnel. Mit Hilfe der in der Berechnung gefundenen Azimute der von den beiden Observatorien ausgehenden Dreiecksseiten wurden die Winkel abgeleitet, welche die anzugebende Tunnelrichtung daselbst mit diesen anstossenden Dreiecksseiten bildet, und dann mit diesen Winkeln ein Achspunkt in die Nähe des Richtstollens übertragen. Nachdem die Richtung anfangs Juli von Sektionsgeometer W. Graf annähernd auf dem Gipfel des Piz Giumels bestimmt und weitere Vorbereitungen zur Absteckung getroffen waren, wurde die Tunnelrichtung auf

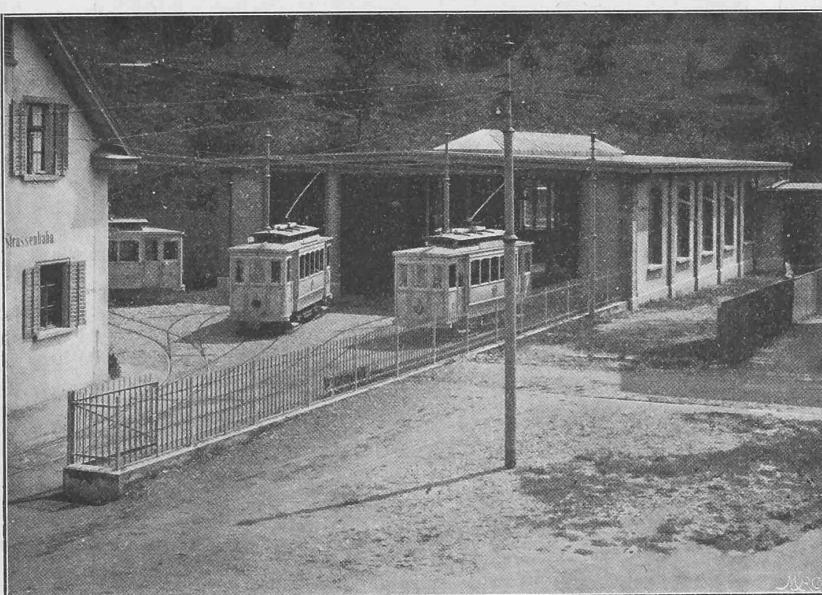


Abb. 8. Ansicht der Remise in Schaffhausen.

dem Berggipfel im Juli 1899 zur grössern Sicherheit von den Ingenieuren Reber und Graf nochmals kontrolliert. Zur Verwendung kam hierbei ein grosser Theodolit von 24 cm Teilkreis mit sehr empfindlichen Libellen. Bei dieser Absteckung war es leider nicht möglich, von einem einzigen Instrumentstand aus beide Observatorien gleichzeitig zu sehen. Es mussten zwei Stationen gemacht werden, die etwa $15-20\text{ m}$ auseinander lagen, und ein indirekter Richtungspunkt an dem nordwestwärts liegenden scharf gezackten Kamm des Rughux dadains angenommen werden, der auch von der zweiten, südlichen Station auf Piz Giumels aus sichtbar war. Die Absteckung ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

Von der Südstation aus war auch das Signal „Observatorium Süd“ sichtbar. Mit grosser Mühe wurden zwei Punkte festgelegt, seitlich versichert und durch eingemauerte Signalstangen bezeichnet, die von den betreffenden Observatorien aus sichtbar waren.

Für alle weitern Richtungsangaben von den Observatorien aus sind während des Baues dann ausschliesslich diese Signale benutzt worden; zugleich wurde auch, um von schlechter Witterung und von Nebel unabhängig zu sein, auf jeder Seite in nicht allzu grosser Höhe über dem Tunnel eine Visiermarke errichtet. Diese Visiermarke wurde auf einer solid befestigten, weiss bemalten Tafel von 1 m^2 durch einen 2 cm breiten schwarzen Strich gebildet, dessen Mittel durch zehnmalige Einvisierung vom Observatorium aus bestimmt war. Bei einer Entfernung dieser Visiermarken von rund 2000 und 2600 m vom Observatorium, ergaben dieselben gute Anhaltspunkte für die Achsangaben in den Tunnel hinein.

Nach dieser Feststellung der Tunnelrichtung ausserhalb des Tunnels wurden beiderseits bei den Tunnelportalen (bezw. etwa 60 m innerhalb) je ein guter Richtungspunkt angegeben, von dem aus mit Hilfe des bezüglichen Observatoriums die weitere Richtungsgabe in den Tunnel hinein erfolgte. Für diese Hauptrichtungspunkte waren in der Tunnelsohle ungefähr auf Planiehöhe 50 bis 70 cm lange Holzklötze von 30 cm Durchmesser einbetoniert und in dieselben grosse Eisennägel mit flachen, $5-6\text{ cm}$ breiten, versenkten Köpfen eingelassen. Die Angabe der Achsrichtungen im Tunnel bestand somit in der Verlängerung einer durch zwei Punkte bestimmten Geraden in den Tunnel hinein bis zur Durchschlagsstelle. Es wurde bei diesen Einvisierungen mit einer Kreisstellung in beiden Fernrohrlagen die Richtung angegeben und dann der Kreis um 60° gedreht, worauf weitere zwei Angaben in den beiden Fernrohrlagen erfolgten. Dieser Vorgang wiederholte sich je nach der Bedeutung des zu bestimmenden Punktes vier- bis sechsmal. Das erhaltene Mittel der auf einem Papierstreifen verzeichneten Einzelvisuren wurde als definitive Richtung angenommen, auf den Nagel heruntergelotet und daselbst mit einem Kreuz bezeichnet.

Während des Stollenvortriebes wurden vom Personal der Tunnelbauführung ungefähr alle 100 m provisorische Richtungspunkte angegeben, die dann von Zeit zu Zeit und je nach Bedürfnis, gewöhnlich nach etwa 300 m Fortschritt, von dem mit der Achskontrolle im Tunnel beauftragten Sektionsgeometer nachkontrolliert wurden. Alle 600 m , entsprechend der Länge des bei den Achskontrollen verwendeten Telephonkabels, wurde ein Hauptrichtungspunkt erstellt. Die Hauptachskontrolle wurde jährlich einmal auf jeder Seite durch Ingenieur Reber ausgeführt.

Zur Längenmessung diente ein Stahlmessband von 16 mm Bandbreite, das vorher auf dem Komparator der eidg. Eichstätte in Bern verglichen war. Die Messung geschah während des Arbeitsbetriebes durch vier- bis sechsmalige Messung der Einzelabschnitte, wobei die Temperatur des Stahlbandes durch Messung der Wassertemperatur auf der Messtrecke ermittelt und in die Berechnung einbezogen wurde.

Als Ausgangspunkte für die Höhenkontrolle dienten die bei den Hauptkontrollen auf ihre Höhe untersuchten Höhenfixpunkte, welche auf den einbetonierten Achspflöcken selbst jährlich einmal vom Portal aus einnivelliert wurden. Zu diesem Zwecke waren in der Nähe jedes Portales Höhenfixpunkte angebracht, deren Höhenlage wieder von den in nicht zu grosser Entfernung von den beiden Tunnelmündungen befindlichen Höhenpunkten des eidgenössischen Fixpunkt-nivellements aus abgeleitet war. Zur Verwendung ka-

men dabei ein Nivellierinstrument von Kern & Cie. und eine aus der gleichen Fabrik stammende Reversionsmire von 2 m Länge.

Apparate und Einrichtungen. Zur Richtungsangabe im Tunnel diente ein Repetitionstheodolit (Abb. 4 S. 289) von Kern & Cie. von 21 cm Kreisdurchmesser gewöhnlicher Konstruktion, dessen Fadenkreuz durch eine am Objektivring des Fernrohres unter einem Winkel von 45° aufgesteckte, in der Mitte durchbrochene Blende mittels Kerzen- oder Acetylenlicht beleuchtet wurde.

Sowohl für die Lampen als auch für die Absteckungsinstrumente bediente man sich im Innern des Tunnels solider, hölzerner Stativen mit eisernem, abhebbarem Aufsatz (Abb. 5 S. 288) von ähnlicher, jedoch etwas leichterer Konstruktion, wie solche bei den Absteckungsarbeiten am Simplontunnel gebraucht werden¹⁾; diese Stativen wie auch die zugehörigen Beleuchtungsapparate hatte die mechanische Werkstätte von Pfister & Streit in Bern geliefert. Das Oberstativ, d. h. der Aufsatz, besteht aus zwei eisernen, etwa 15 mm dicken Platten, wovon die untere mit drei angenieteten Lappen zum Befestigen am Teller des Stativdreifusses versehen ist. Die obere Platte, der Schlitten, hat wie die untere einen kreisrunden Ausschnitt von 10 cm Durchmesser und kann

Die elektrisch betriebene Strassenbahn in Schaffhausen.

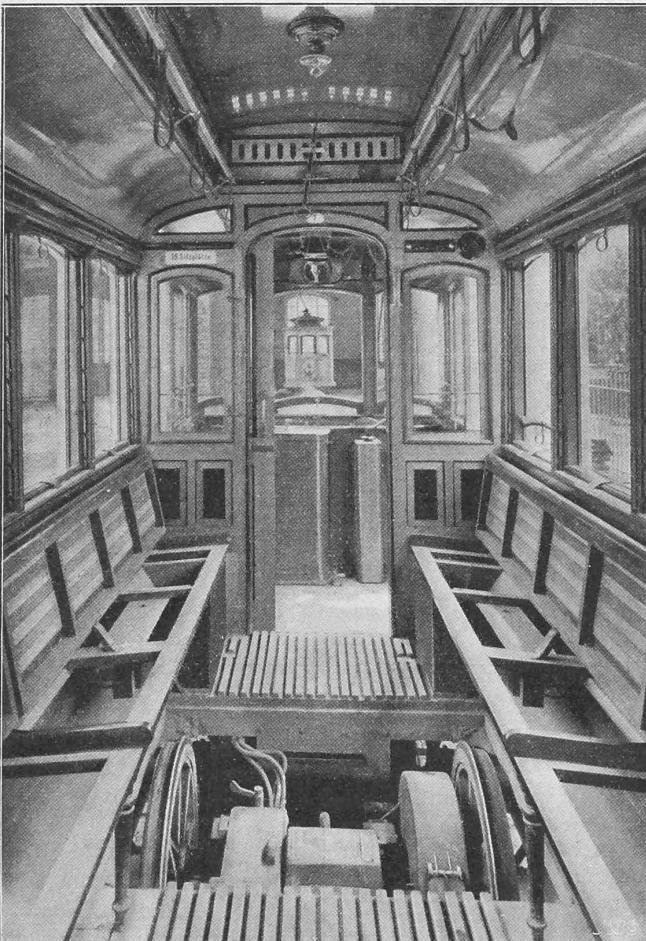


Abb. 7. Innenansicht des Wagens mit abgehobenem Fussboden.

¹⁾ Band XXXVII, S. 245.