

# Die elektrische Bahn Stansstad-Engelberg

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **33/34 (1899)**

Heft 15

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-21325>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

INHALT: Die elektrische Bahn Stansstad-Engelberg. I. — Theorie der Dampf-Turbinen. III. — Das neue Musikschulgebäude in Zürich. — Wettbewerb für den Neubau einer Kantonsschule in Schaffhausen. II (Schluss). — Miscellanea: Die Nernst'sche Glühlampe. Prüfungsanstalt für angeblich feuerfeste Materialien und Baukonstruktionssysteme. Magnetische Ziegelsteine. Wasserhebung mittelst Pressluft. Die Capella Pazzi in Florenz. Die inter-

ationale Motorwagen-Ausstellung in Berlin 1899. Die Fernsprecherbindung Berlin-Brüssel-Antwerpen. — Konkurrenzen: Fassaden-Entwürfe für den Umbau eines Hauses in Moskau. Kunstausstellungs-Gebäude in Düsseldorf. Eissport-Pavillon in Troppau. — Litteratur: Die mittelalterlichen Architektur- und Kunstdenkmäler des Kantons Thurgau. — Nekrologie: † Rudolph Ray. — Vereinsnachrichten: Zürich. Ing.- u. Arch.-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

### Die elektrische Bahn Stansstad-Engelberg.

#### I.

Einleitung. Das Jahr 1898 mag auch denjenigen, welche sich bisher zweifelnd verhielten, den Beweis erbracht haben,

dass die direkte Verwendung von Mehrphasen-Motoren für Traktionszwecke praktische Resultate zeitig hat, die dem Mehrphasen-Wechselstrom-System ein neues Wirkungsfeld eröffnen. Nachdem im Sommer vorigen Jahres die bereits in unserer Zeitschrift beschriebene Bergbahn Zermatt-Gornergrat<sup>1)</sup> und die erste Sektion der Jungfraubahn dem Betriebe übergeben worden waren, ist kurz darauf auch die Eröffnung der kombinierten Adhäsions- und Zahnradbahn Stansstad-Engelberg erfolgt. Auch die Anlage dieser letzteren Dreiphasen-Wechselstrombahn verdient Beachtung, einmal, weil sich die Bahn in Form und Betriebsverhältnissen ihrer Automobilwagen bereits dem Typus einer Normalspurbahn nähert und weil andererseits der Ausführung derselben sich eine Reihe von Schwierigkeiten entgegenstellte, deren Ueberwindung, in der Art, wie dies geschah, einiges Interesse bietet.

Der Plan, den bedeutenden Fremdenplatz Engelberg mit dem Gestade des Vierwaldstättersees durch eine Bahn zu verbinden, wurde schon

vor mehreren Jahren gefasst; bereits im Jahre 1890 hatte ein Initiativkomitee die bezügliche Konzession erworben. Es lag nahe, von Anfang an die Ausnutzung der Wasserkräfte des Engelbergerthales für diesen Zweck ins Auge zu fassen. Ursprünglich war dem Projekte die Verwendung des Gleichstromsystems zu Grunde gelegt worden; aber erst die Fort-

schritte der letzten Jahre auf dem Gebiete der Bahntraktion vermittelte des Mehrphasen-Wechselstromes gestattet, zur Verwirklichung des Projektes zuzuschreiten. Eine im Herbst 1896 mit einem

Kapital von 2 000 000 Fr. gebildete Aktiengesellschaft übertrug die Ausführung der ganzen Anlage der Firma Locher & Cie. in Zürich, die im Mai 1897 den Bau begann. Der hydraulische Teil wurde von der Firma Bell & Cie. in Kriens ausgeführt, mit dem Rollmaterial befassten sich die

Schweizerische Lokomotiv- & Maschinenfabrik in Winterthur und die Schweizerische Industriegesellschaft in Neuhausen, während die vollständige elektrische Ausrüstung der Firma Brown, Boveri & Cie. in Baden übertragen worden war.

Tracé. Die Bahn zieht sich auf eigenem Tracé (Fig. 1) mit 1 m Spurweite vom Dampfschiff-Landungsplatz in Stansstad (Fig. 2) durch eine ebene Gegend nach der Ortschaft Stans. Die Stanser, die vor noch nicht langer Zeit von den modernen

Verkehrseinrichtungen des Landes ganz abseits lagen, befinden sich nun in der Lage, zwischen zwei elektrischen Bahnen wählen zu können; denn Stans ist mit den Ufern des Vierwaldstätter-

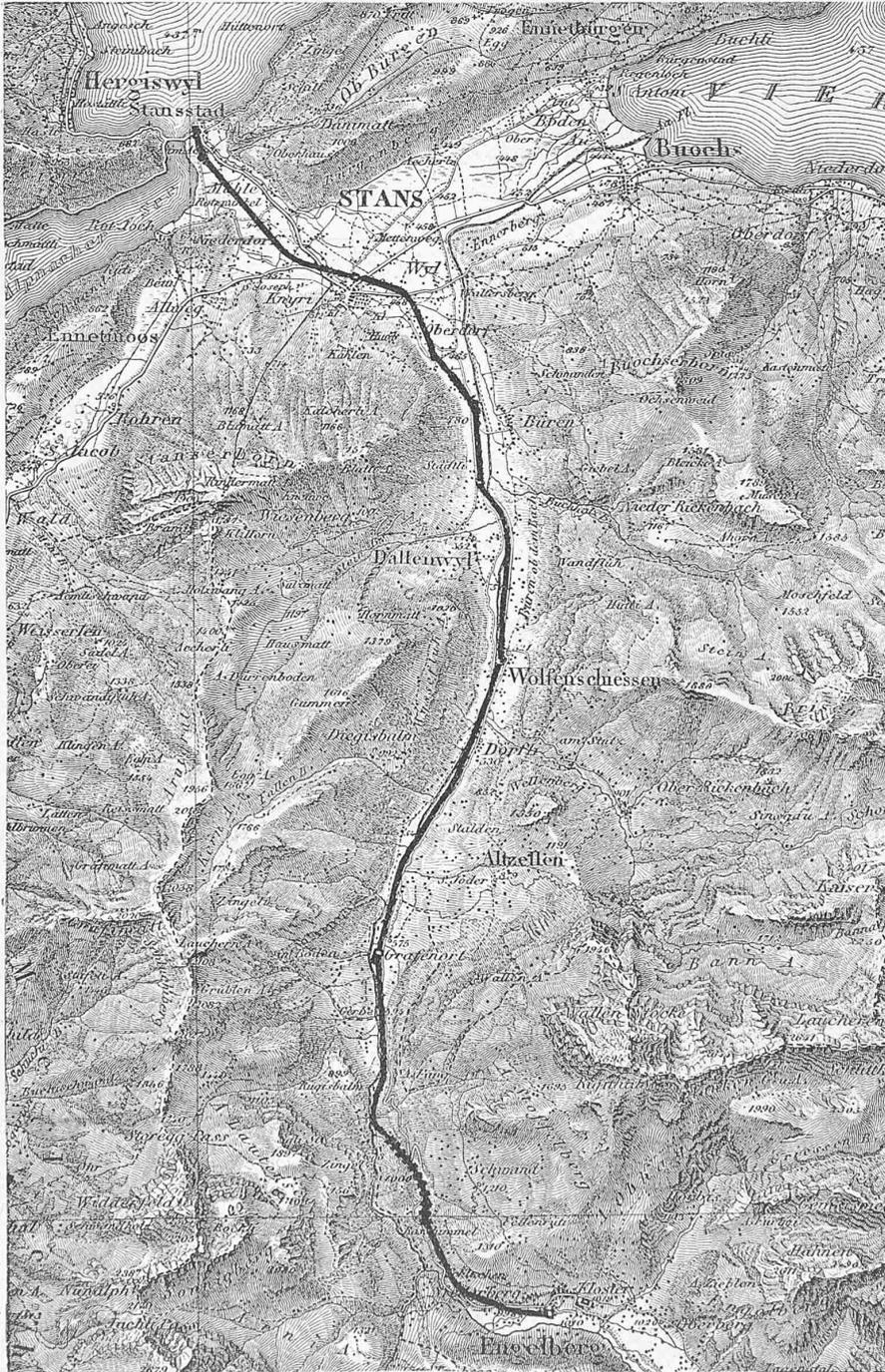


Fig. 1. Tracé.

Bearbeitet nach der Dufour-Karte.

1 : 100 000.

Mit Bewillig. des eidg. topogr. Bureau.

<sup>1)</sup> S. Schweiz. Bauztg., Jahrg. 1898, Bd. XXXI Nr. 16—21.

Sees noch durch eine Gleichstrom-Trambahn verbunden. Der Zukunft mag es vorbehalten bleiben, zwischen den beiden Systemen ganz interessante Vergleiche bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit anzustellen. Das Tracé wendet sich hinter Stans gegen Oberdorf und folgt hierauf dem linken Ufer der Engelberger Aa; hinter der Station Dallenwyl überschreitet die Bahn das genannte Gewässer mittels einer 35 m langen Fachwerkbrücke, um sich über Wolfenschiesen nach Grafenort zu ziehen. Hier beginnt die erste Steigung von maximal 50‰; nachdem der Kaltebach mit einem Viadukt überschritten, gelangt man nach der Kraftstation Obermatt, wo die 1,5 km lange Zahnradstrecke mit einer Steigung von 250‰ ihren Anfang nimmt (Fig. 3). In der Mitte derselben liegt

à niveau vorzunehmen; da andererseits die Terrainverhältnisse nicht erlaubten, eine richtige Unterführung herzustellen, so blieb nur der Ausweg einer Klappbrücke übrig. Bei der Konstruktion derselben machte sich noch in erschwerender Weise der Umstand geltend, dass die für den Verkehr der Fuhrwerke auf der Poststrasse notwendige lichte Höhe den Abstand der Kontaktleitung vom Geleise bedeutend überschritt. Es musste daher die Einrichtung getroffen werden, die Kontaktleitung über der Brücke für den Durchlass von Fuhrwerken zu heben und nur bei Oeffnung der Klappbrücke zwecks Durchgang des Zuges auf das richtige Niveau zu senken. Fig. 4 und 5 stellen die Anordnung dieser Klappbrücke dar, wobei noch bemerkt werden mag, dass der ganze Betrieb

Die elektrische Bahn Stansstad-Engelberg.

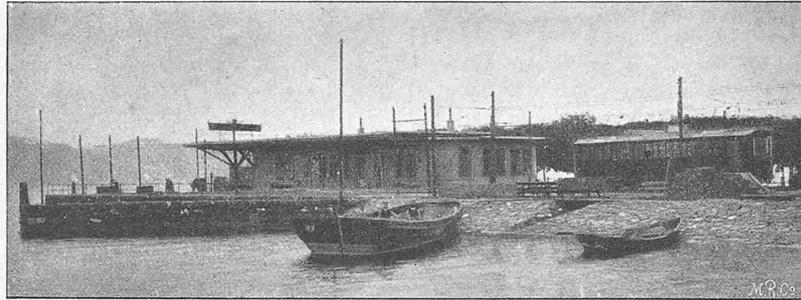
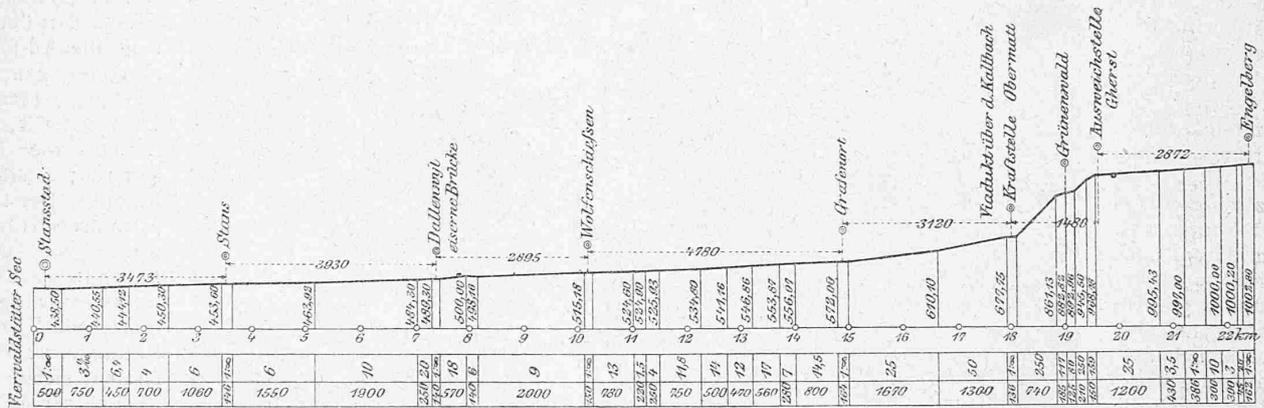


Fig. 2. Station Stansstad mit Dampfschifflandungsplatz.



Längen 1 : 120000.

Fig. 7. Längenprofil.

Höhen 1 : 30000.

die Haltestelle Grünwald und hier kreuzt auch die Poststrasse den Bahnkörper, dessen Oberbau ungefähr 1 m unterhalb des Strassenniveaus liegt. Der Umstand, dass Bahn

von Hand geschieht und dass zum Heben der Brücke und Herablassen des Kontakt drahtes etwa eine Minute erforderlich ist.



Fig. 3. Beginn der Steilrampe.

und Poststrasse sich in Kurven schneiden und beide gegen den Mittelpunkt der Kurven geneigt sind, sowie die Befürchtung, dass durch den Fuhrwerksverkehr auf der Poststrasse die Instandhaltung der Zahnstange erschwert werden würde, liessen es nicht angängig erscheinen, die Kreuzung

Von Gherst, am oberen Endpunkte der Steilrampe gelegen, zieht sich das Tracé mit geringer Steigung nach der Station Engelberg (Fig. 6). Der notwendige Raum für diesen Teil des Bahnkörpers musste an vielen Stellen durch Absprengen der Felsen gewonnen werden; auch war die Ausführung von einigen Kurven bis zu 50 m Radius und die Anlage einiger 100 m Stütz- und Futtermauern notwendig.

Die Längen- und Höhenverhältnisse der ganzen Strecke sind aus dem Profil (Fig. 7) ersichtlich. Die ganze Länge der Bahn beträgt 22,5 km, wovon, wie gesagt, 1,5 km auf die Zahnstangenstrecke entfallen.

**Oberbau.** Zur Verwendung kamen Schienen der Vignol-Type, welche 20 kg pro lfd. Meter wiegen und in Längen von 10,5 m verlegt sind; sie ruhen auf eisernen Schwellen von 30 kg Gewicht, und zwar kommen pro Schienenlänge auf der Adhäsionsstrecke 11, und auf der Steilrampe 12 Stück zu liegen. Fig. 8 (S. 129) veranschaulicht das Oberbauprofil der Steilrampe. Die Zahnstange ist eine sogenannte Leiter-Zahnstange mit trapezförmigen, in die Seitenflanschen eingekitteten Gusstahlzähnen. Das Gewicht der Zahnstange beträgt 52 kg pro lfd. Meter; dieselbe ist in Segmenten von 3,5 m Länge verlegt. Die Zahnstangen-einfahrt ist beweglich und federnd gelagert.

**Hochbauten.** Die aus Ziegel und Holz ausgeführten Stationsgebäude enthalten Vorstandszimmer, Gepäckraum,

Wartezimmer etc. Die Beleuchtung geschieht von kleineren Transformatoren aus, die den Strom aus der Kontaktleitung abnehmen und auf 100 Volt reducieren. In Stansstad befindet sich eine Wagenremise für acht Automobilwagen mit angebaute Reparaturwerkstätte und Magazin (Fig. 9, S. 129).

**Turbinenhaus.** Die Verhältnisse gestatteten es, die Stromerzeugungszentrale an einer in Bezug auf die Kraftverteilung günstigen Stelle zu errichten, nämlich am Fusse der Steilrampe, also in der Nähe des Punktes des grössten Kraftkonsums. Die notwendige Wasserkraft wird durch Zuleitung mehrerer Quellen in ein gedecktes Reservoir von etwa  $1000 m^3$  Inhalt gewonnen, von wo aus eine  $1634 m$  lange Rohrleitung das Wasser zum Turbinenhaus leitet. Diese Rohrleitung ist auf eine Länge von  $230 m$  aus gusseisernen Röhren von  $300 mm$  lichter Weite und einer Wandstärke von  $15-20 mm$  zusammengesetzt. Der zweite, längere Teil besteht aus schmiedeisernen Röhren von  $300 mm$  lichter Weite und  $7,5-8,5 mm$  Wandstärke. Das nutzbare Gefälle beträgt  $414,8 m$ .

Das Turbinenhaus in Obermatt (Fig. 10-15, S. 129 u. 130), welchem eine Reparaturwerkstätte und ein Lokomotivschuppen angefügt sind, enthält Platz für drei Generatoren und zwei Erregermaschinen, alle direkt gekuppelt mit den

standes der Generatoren. Das Schaltbrett, (Fig. 16, S. 131), an einer Querwand des Maschinenhauses montiert, besteht vorderhand aus drei weissen, auf ein Eisengerüst montierten Marmorplatten. Auf der einen derselben finden sich Instrumente und Apparate der Erregermaschinen vereinigt, die beiden andern dienen je für einen Generator; das Schaltbrett ist so disponiert, dass neu hinzukommende Einheiten, ohne Umänderungen zu veranlassen, in der Verlängerung angeschoben werden können.

Die Erregermaschinen, wie auch die Drehstrom-Generatoren, arbeiten unter sich parallel, und zwar letztere auf gemeinschaftliche Sammelschienen, deren eine mit den Bahnschienen in Verbindung steht. An den Sammelschienen sind die Kontakt- und Speiseleitungen durch ausschaltbare Sicherungen und zweipolige Ausschalter angeschlossen. Im ferneren befinden sich hinter der Schalttafel,

in das Eisengerüst einmontiert, sämtliche Sicherungen für die Transformatorenstation und die Hochspannungsleitung. Hier ist auch eine specielle Vorrichtung angebracht, welche bei Bruch eines Hochspannungsdrahtes durch Ausschalten der Erregung die ganze Centrale stromlos macht.

**Transformatoren.** Da, wie oben bemerkt, der maximale Strombedarf in der Nähe der Centrale verlangt wird, und

Elektrische Bahn Stansstad-Engelberg.

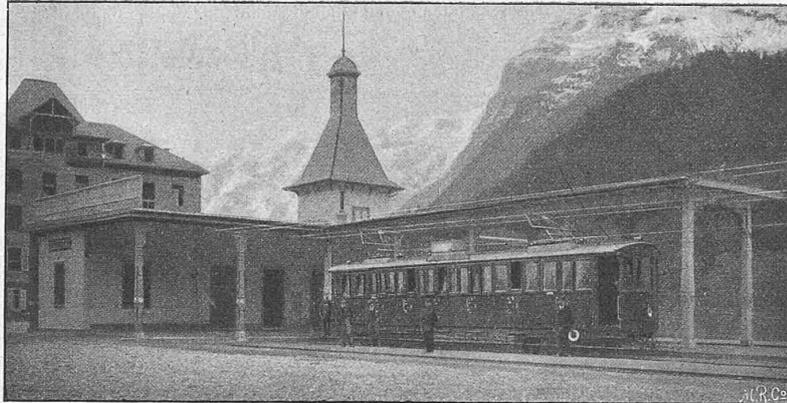


Fig. 6. Station Engelberg.

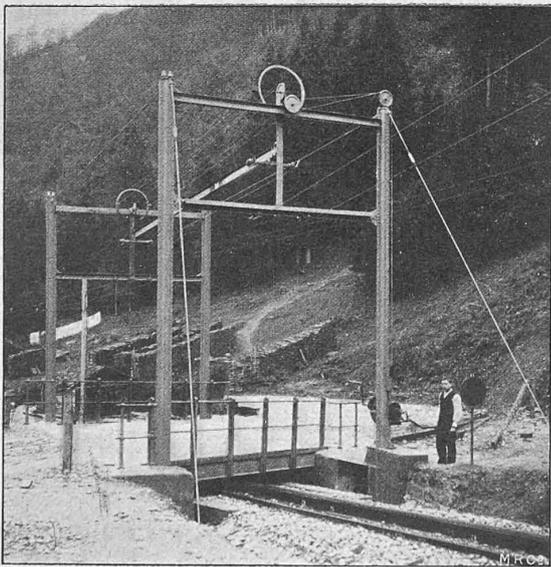


Fig. 4. Klappbrücke geschlossen; Kontaktleitung für Durchlass der Fuhrwerke gehoben.

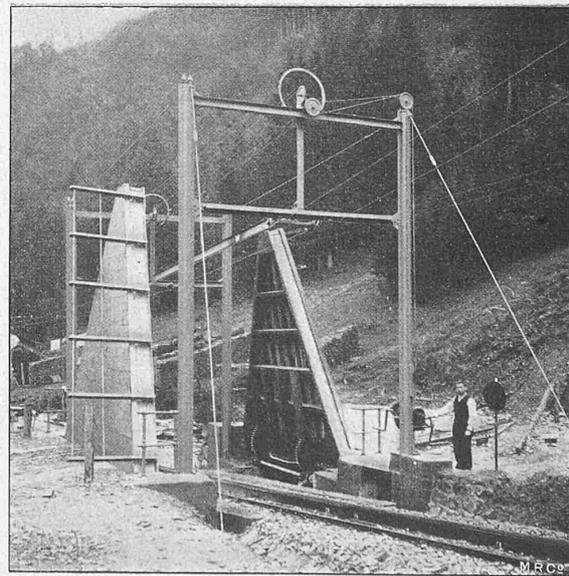


Fig. 5. Klappbrücke geöffnet; Kontaktleitung für Durchlass der Züge gesenkt.

entsprechenden Wassermotoren. Letztere sind Hochdruckturbinen mit horizontalen Wellen. Die Leistung jeder Drehstromgruppe (Fig. 15), wovon gegenwärtig zwei montiert sind, beträgt  $180 P.S.$  bei  $650$  Umdrehungen, während die zwei Erregergruppen je eine Leistung von etwa  $12 P.S.$  aufweisen. Die grossen Turbinen besitzen hydraulische Patentregulatoren, bei den Erregermaschinen fehlt ein solcher, indessen sind die Erregermaschinen konstant belastet durch Kompensation des Magnetfeldwider-

letztere zudem am Bahnkörper selbst gelegen ist, so arbeiten die Generatoren direkt in die Kontakt- und Feederleitungen und nur ein Teil der in der Centrale erzeugten Energie (gegenwärtig etwa ein Drittel) wird durch Herauftransformieren für ökonomische Uebertragung auf grössere Distanz geeignet gemacht. Zu diesem Zwecke befinden sich in der Centrale selbst in einem hinter der Schalttafel gelegenen Raume drei  $30 kw$  Einphasen-Transformatoren, welche, in Sternschaltung verbunden, die Spannung der

Kontaktleitung (750 Volt) auf 5300 Volt erhöhen. Ungefähr auf Kilometer 7 in unmittelbarer Nähe der Station Dallenwyl liegt eine zweite, aus den gleichen Einheiten zusammengesetzte Transformatorstation (Fig. 17, S. 131), welche den hochgespannten Strom wieder auf Kontaktleitungsspannung von 750 Volt reduciert. (Schluss folgt.)

**Theorie der Dampf-Turbinen.**

Von Professor *A. Fliegner*.

**III. Dampf-Reaktions-Turbinen.**

**§ 6. Zuleitung des Dampfes.**

Beim freien Ausströmen unter grösserem Ueberdrucke stellt sich in der Mündungsebene der Leitvorrichtung und am Spalte, ziemlich unabhängig vom äusseren Drucke, ein Druck  $p_1$  ein, der angenähert gleich der Hälfte des Kesseldruckes  $p$  wird, so dass sich dabei immer die gleiche Austrittsgeschwindigkeit  $c$  ergibt. Zu vergrössern geht diese nicht, dagegen kann sie leicht verkleinert werden, indem bei gleichem Kesseldrucke  $p_1$  grösser genommen wird, und das hätte den Vorteil, dass gleichzeitig die Umfangsgeschwindigkeit und die Umdrehungszahl des Rades mit sinken würden.

Für  $p_1 > 0,5 p$  lässt sich das Gewicht des sekundlich ausströmenden Dampfes mit einer für den vorliegenden Zweck genügenden Genauigkeit nach der anderen *Napier*'schen Formel berechnen, in der nur der Zahlenkoeffizient entsprechend Glchg. (12) zu 4 angenommen werden muss. Das gibt:

$$G = 4 F \sqrt{\frac{p_1 (p - p_1)}{p v}} \tag{24}$$

Dieses Gewicht ist auch  $G = Fc/v_1$ , und wenn man wieder eine Zustandsänderung nach Glchg. (6) annimmt, so wird die Austrittsgeschwindigkeit  $c$  aus den Leitkanälen:

$$c = 4 \sqrt{(p v) \left( \frac{p}{p_1} - 1 \right)} \tag{25}$$

Durch Vergrösserung von  $p_1$  geht hiernach  $c$  grundsätzlich auf jeden beliebig kleinen Betrag hinunterzudrücken. Der passende Wert von  $p_1$  kann dabei durch richtige Wahl der Schaufelwinkel und der Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades stets leicht hergestellt werden. Wie weit man aber mit diesen Grössen wirklich gehen darf, hängt noch von anderen Umständen ab, die erst später besprochen werden können.

**§ 7. Bewegung des Dampfes durch d. Laufrad.**

Für die Relativbewegung des Dampfes durch das Laufrad und für die Dampfleistungsleistung gelten die allgemeinen Gleichungen (9) und (11) unverändert. Ein Korrektionsfaktor  $\zeta$  bei dem Gliede  $(p v) \ln p_1/p_2$  darf hier

nicht eingeführt werden, weil der Dampfstrahl den Kanalquerschnitt ganz ausfüllt, der Einfluss von toten Dampfmenge

**Elektrische Bahn Stansstad-Engelberg.**

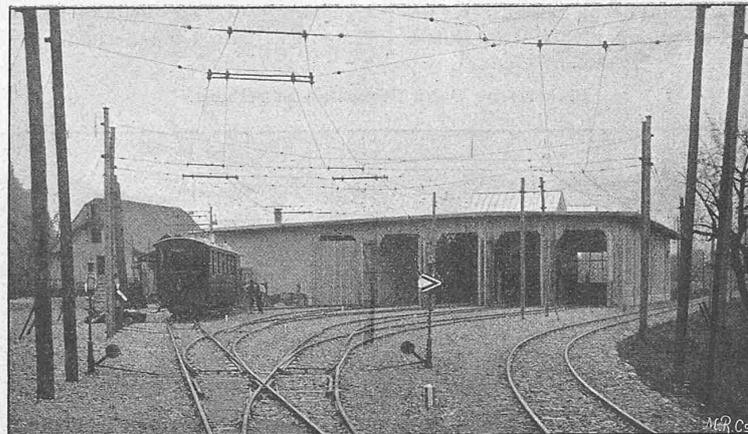


Fig. 9. Schuppen für Automobilwagen in Stansstad.

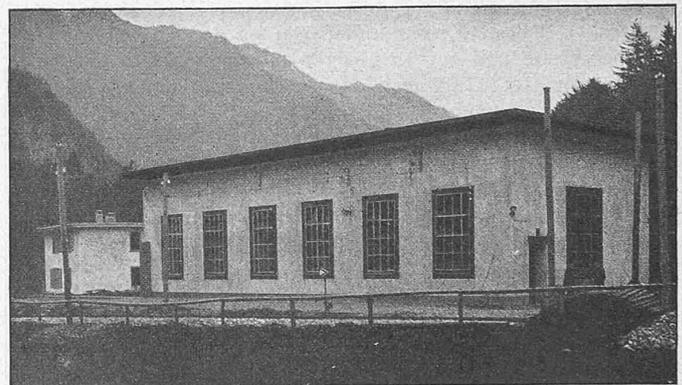
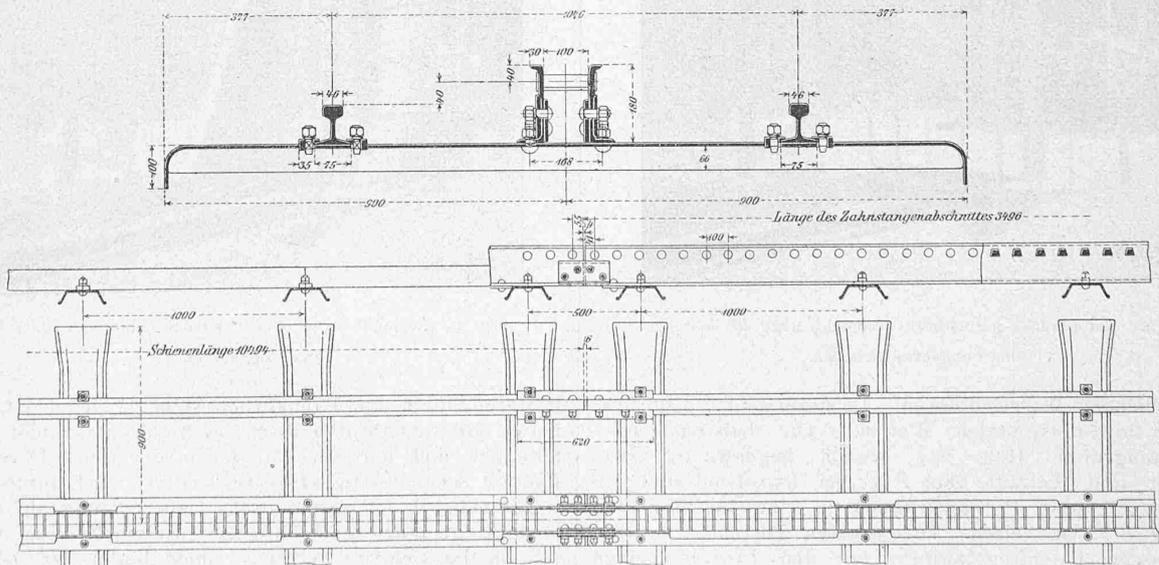


Fig. 10. Ansicht der Centrale in Obermatt.



**Fig. 8. Anordnung des Zahnstangen-Oberbaues.**

Masstab für den Grundriss 1 : 30.

Masstab für die Schnitte 1 : 15.

Fig. 11-15. Die elektrische Bahn Stansstad-Engelberg. — Turbinenhaus in Obermatt.

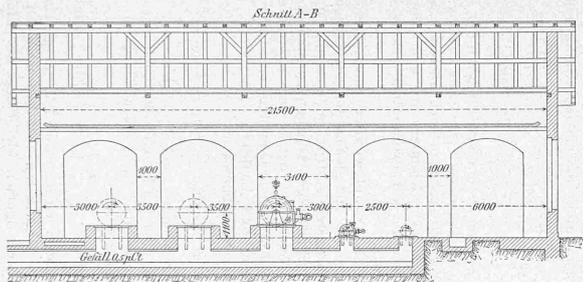


Fig. 11. Längsschnitt. 1:200.

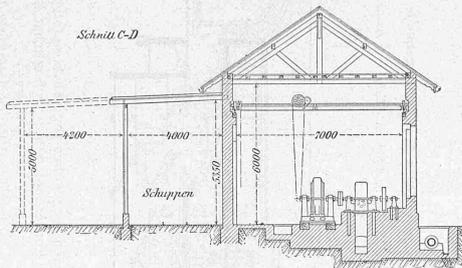


Fig. 13. Querschnitt. 1:200.

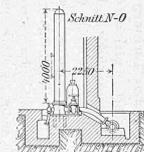


Fig. 14. Windkessel u. Füllflasche. 1:200.

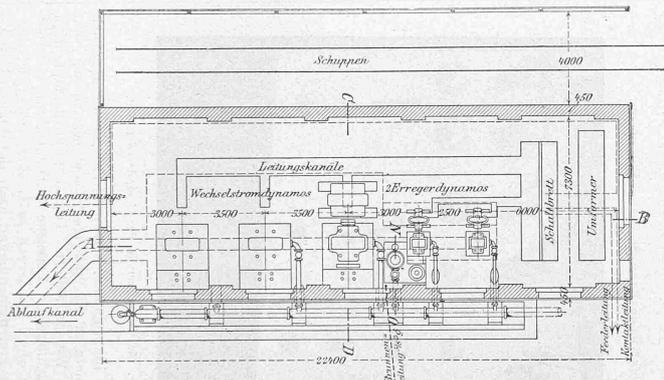


Fig. 12. Grundriss. 1:200.

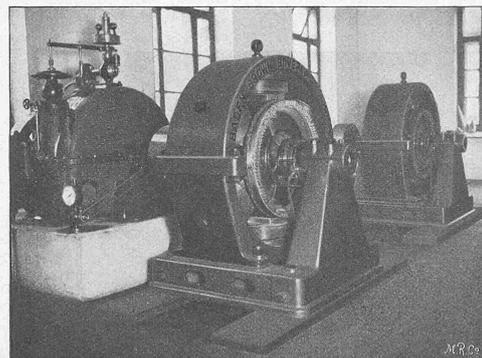


Fig. 15. Hochdruckturbine mit Drehstromgenerator gekuppelt.

Elektrische Bahn Stansstad-Engelberg.



Fig. 17. Transformatoren-Station bei Dallenwyl.

Damit der Dampf möglichst gut ausgenutzt wird, wird man hier auch zunächst *günstigsten Eintritt* in das Laufrad verlangen müssen. Die Verhältnisse liegen wesentlich gleich wie bei Wasser, und wenn man auch ähnliche Winkel annimmt, so muss die relative Eintrittsgeschwindigkeit  $w_1$  in die Richtung der Schaufeltangente an der Eintrittsseite fallen. Es ist allerdings nicht ausgeschlossen,

Elektrische Bahn Stansstad-Engelberg.

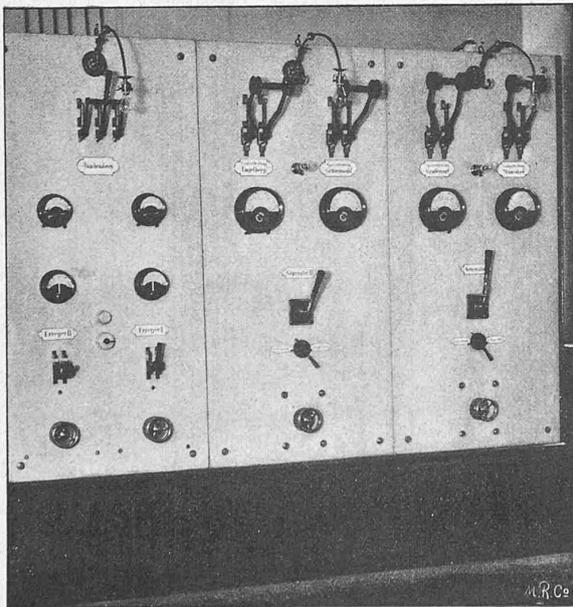


Fig. 16. Schaltbrett in der Centrale Obermatt.

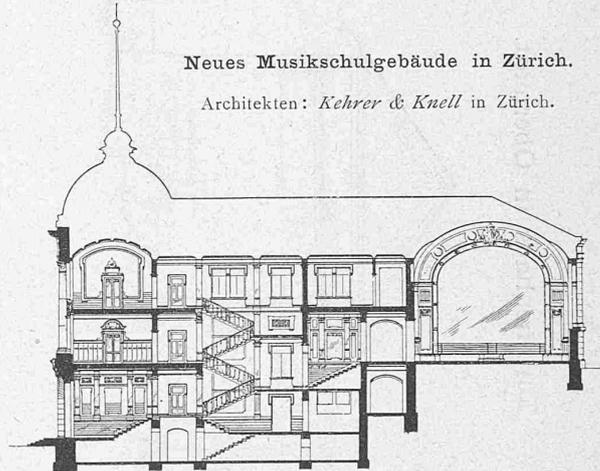
dass die hier im allgemeinen nötige Kranzerweiterung nach der Austrittsseite zu die günstigste Richtung von  $w_1$  ähnlich wie bei Wasser ändert. Da aber für Dampf noch keinerlei einschlagende Versuche vorliegen, so soll der Rechnung die obige Forderung zu Grunde gelegt werden. Das giebt als Eintrittsbedingung nach der Figur (S. 102):

$$\frac{c}{u_1} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin (\alpha + \alpha_1)} \quad (26)$$

Bei Reaktions-Turbinen geht auch die Bedingung *günstigsten Austrittes* gleichzeitig zu erfüllen, wonach die absolute Austrittsgeschwindigkeit  $c_2$  aus Glchg. (10) möglichst klein werden sollte. Wie bei Wasser wird das der Fall sein, wenn zunächst der Winkel  $\alpha_2$  möglichst klein gemacht wird, so klein, als es die Ausführung gut gestattet, aber wahrscheinlich auch nicht zu klein, damit die Kanalwiderstände nicht zu stark zunehmen. Voraussichtlich giebt es auch für Dampf einen günstigsten Wert, der dann durch besondere Versuche bestimmt werden müsste. Wird dieser

Neues Musikschulgebäude in Zürich.

Architekten: Kehrler & Knell in Zürich.



Schnitt 1 : 500.

Winkel danach als gegeben angesehen, so folgt aus Glchg. (10) als weitere Forderung, damit  $c_2$  möglichst klein wird, dass  $w_2 \cos \alpha_2 = u_2$  werden, die absolute Austrittsgeschwindigkeit also senkrecht zum Umfange gerichtet sein muss.

Setzt man die Bedingungen (26) und (27) in die Glchg. (9) für  $w_2^2$  ein und beachtet, dass  $u_2 = (r_2/r_1) u_1$  ist, so erhält man durch eine einfache Umformung:

$$\left[ 2 \frac{\sin \alpha_1 \cos \alpha}{\sin (\alpha + \alpha_1)} - \frac{\sin^2 \alpha_1}{\sin^2 (\alpha + \alpha_1)} + \left( \frac{r_2}{r_1} \right)^2 \tan^2 \alpha_2 \right] \frac{u_1^2}{2g} = \frac{1}{\mu} \frac{u_1^2}{2g} = (p v) \lg n \frac{p_1}{p_2} \quad (28)$$

Diese Formel stimmt wesentlich mit der *Weisbach'schen* Formel für die angenähert günstigste Umfangsgeschwindigkeit der Wasser-Reaktionsturbinen überein. Nur das letzte Glied in der eckigen Klammer hat eine abweichende Gestalt, weil hier die Kanalwiderstände anders berücksichtigt sind, wie dort.

Damit der Dampf wirklich entsprechend Glchg. (26) am günstigsten ein- und gleichzeitig entsprechend Glchg. (27) auch am günstigsten austritt, müssen die drei Winkel in bestimmter gegenseitiger Abhängigkeit stehen. Diese findet sich durch Gleichsetzen der beiden Ausdrücke für das sekundlich durchströmende Dampfgewicht beim Austritte aus dem Leit- und dem Laufrade. Das giebt, ohne Berücksichtigung der Schaufeldicken:

$$G = 2 r_1 \pi b \sin \alpha \frac{c}{v_1} = 2 r_2 \pi b_2 \sin \alpha_2 \frac{w_2}{v_2}$$

Führt man hier  $c$  und  $w_2$  nach Glchg. (26) und (27) ein, beachtet, dass bei Reaktionsturbinen  $b = b_1$  sein muss, und ersetzt man noch  $v_1/v_2$  nach Glchg. (6) durch  $p_2/p_1$ , so erhält man endlich:

$$\cotg \alpha_2 = \frac{p_2}{p_1} \frac{b_2}{b_1} \left( \frac{r_2}{r_1} \right)^2 (\cotg \alpha + \cotg \alpha_1) \quad (29)$$

Das ist auch wieder wesentlich der gleiche Zusammenhang wie bei Wasser, nur tritt hier noch der Faktor  $p_2/p_1$  hinzu, der stets kleiner bleibt als die Einheit. Damit trotzdem  $\alpha_2$  nicht zu gross wird, muss  $b_2/b_1 > 1$  genommen werden. Namentlich wirksam ist aber eine Vergrößerung von  $r_2/r_1$ , so dass also in dieser Richtung innerschäftige