

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	35/36 (1900)
Heft:	17
Artikel:	Das Elektricitätswerk der Société des Forces motrices de l'Avançon in Bex (Waadt)
Autor:	Breuer, K.A.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-21983

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: 29.01.2026

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

kosten für die elektrischen Installationen, welche natürlich für die Maximalbelastung berechnet sein müssen. Gleichzeitig führen sie eine unökonomische Ausnutzung des installierten Materials herbei. Wir machen z. B. darauf aufmerksam, dass sogar beim maximalen Verkehr von 17 Zügen in jeder Richtung eine jede Transformatorenstation im

Die elektrische Vollbahn Burgdorf-Thun. — Anlaufversuche.

Fig. 3. Zugsgewicht = 32 t.

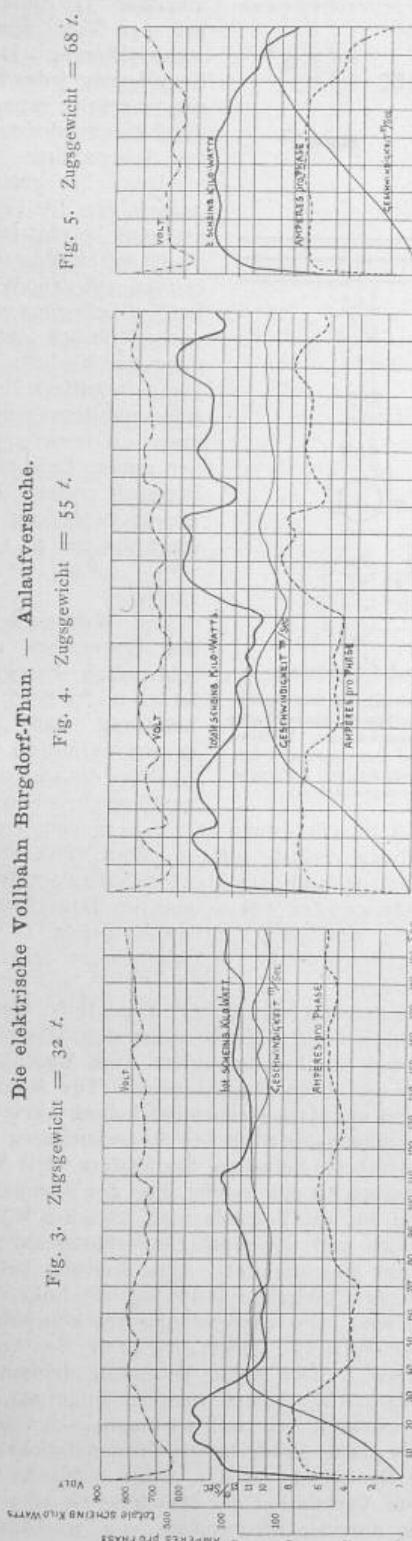


Fig. 4. Zugsgewicht = 55 t.

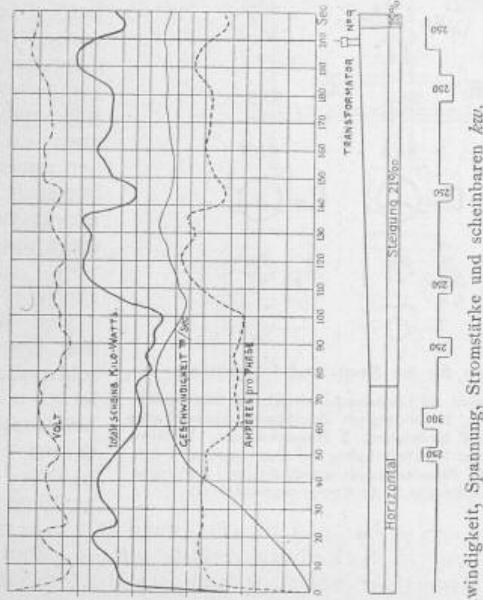
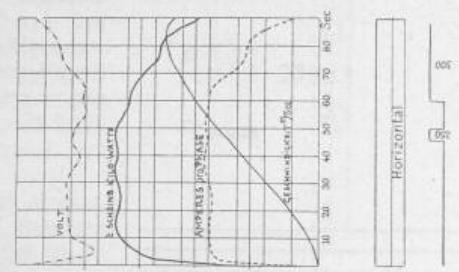


Fig. 5. Zugsgewicht = 68 t.



Es ist, mit anderen Worten, anzustreben, für den Personenverkehr von Stadt zu Stadt einen Tramdiest mit elektrischen Zügen auf eigenem Bahnkörper zu organisieren, analog, wie er jetzt zwischen den einzelnen Quartieren einer Stadt besteht. Die grossen, praktischen Schwierigkeiten, welche eine derartige Lösung bietet, werden deshalb leichter zu überwinden sein, weil die gesamte Bevölkerung in der Schaffung häufiger Fahrgelegenheit ihr Interesse findet.

Das Elektricitätswerk der Société des Forces motrices de l'Avançon in Bex (Waadt).

Von K. A. Breuer, Ingenieur.

III.

Die elektrische Einrichtung. *Generatoren:* Wie bereits erwähnt, wird die elektrische Energie in Form von Drehstrom und Gleichstrom erzeugt.

Es sind installiert:

a. Vier Drehstromdynamos, gebaut für eine Hauptspannung von 5200 Volt (Schenkelspannung 3000 Volt) und normal 33 Ampères pro Phase, mit Sternschaltung auf rotierendem Anker;

b. Zwei sechspolige Gleichstrom-Verbunddynamomaschinen für normal 300 Ampères bei 700 Volt Spannungsdifferenz.

Sämtliche Generatoren (Fig. 17 in Nr. 16) sind mit den Turbinen mittels der elastischen und isolierenden Raffardkuppelung verbunden. Zum Schutze des Personals sind die Kuppelungen mit zweiteiligen Schutzgehäusen aus emailliertem Eisenblech umgeben, welche bequem geöffnet werden können. Die Zahl von 600 Umdrehungen pro Minute ist für die Maschineneinheit von 400 P. S. eine hohe, die Beanspruchung durch Schwungkraft eine bedeutende. Dem Konstrukteur und Elektriker waren daher ganz spezielle Anforderungen gestellt und es mag sich lohnen, die Maschinen hier näher zu beschreiben. — Zum besseren Verständnis mögen vorerst die Betriebsverhältnisse klar gelegt werden.

Nachdem man für den Bahnbetrieb Gleichstrom ins Auge gefasst hatte, so war bei gegebener uniformer Turbineneinheit von 400 P. S. die Aufstellung von zwei entsprechenden Gleichstromdynamomaschinen (davon eine in Reserve) bestimmt. — Was den Licht- und Kraftbetrieb anbelangt, so entschied man sich, da der Kraftbedarf sich zum Lichtäquivalent wie 3 zu 1 verhielt, zur völligen Trennung von Licht- und Kraftleitungen und daher auch der entsprechenden Maschinenaggregate. Dennoch sollte es möglich sein, jede Maschine sowohl für Motorenstrom als für Lichtstrom verwenden zu können, um der Reserve wegen nur einerlei Maschinen zu erhalten. Endlich sollte bei Tage der Lichtbetrieb gemeinsam mit dem Kraftbetrieb durchgeführt werden können, um kein fast leerlaufendes Maschinenaggregat im Betrieb zu haben.

Diese Gründe, sowie der Wunsch, wegen bequemer Spannungsregulierung den Lichtbetrieb im einfachen Wechselstromsystem durchzubilden, führten dazu, Drehstrommaschinen zu wählen, welche die den 400 P. S. entsprechende elektrische Energie an zwei Leitungen der Sternschaltung, also als Einphasenstrom zu entnehmen gestatten, unter Voraussetzung einer verschwindend kleinen Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung, was bei vollbelasteten Lichttransformatoren tatsächlich zutrifft. — Dieselben Maschinen lassen sich mit verkettetem Drehstrom gut für Motorenbetrieb verwenden, da sie infolge der reichlichen Bemessung sehr grosse Phasenverschiebungen ertragen und der Spannungsabfall ein geringer ist. Bei gleichzeitiger Licht- und Kraftstromabgabe sind dann die Phasen ungleich belastet. Die Schaltung dieser Maschinen auf die Sammelschienen wird weiter unten an Hand des Schaltungsschemas näher beschrieben.

Die Drehstromgeneratoren sind vom bekannten Westinghouse Typus, mit im feststehenden, zweiteiligen Gussgehäuse radial angeordneten zehn Polen aus unterteiltem Eisen; die rechteckigen Polflächen haben die Dimensionen von 50.22 cm.

Verläufe eines ganzen Tages nur während 5—6 Stunden effektiv arbeitet. Eine Reduktion der Erstellungskosten sowie eine bessere Ausnutzung der Anlage und damit eine Reduktion der Betriebskosten lässt sich nur erzielen, wenn das Gewicht der Zugseinheiten vermindert, dafür aber die Zahl der Züge vermehrt wird, soweit es mit Rücksicht auf die vermehrten Personalkosten vorteilhaft erscheint.

Die Bohrung beträgt 1000 mm; der einseitige minimale Luftraum zwischen den Polflächen und dem Ankereisen 5 mm. Alle Pole tragen erregende Wickelungen aus 5 mm dickem rundem Kupferdraht von gewöhnlicher Isolation, welche mit einem Regulierwiderstand in Serie geschaltet sind. Der Anker, dessen Bleche aus Stücken zusammengesetzt und durch starke

Schlussringe aus Schmiedeisen, welche in die bronzenen Ankerträger eingreifen, und mittels Bolzen aus Nickelstahl zusammengehalten wird, ist als Nutenanker gebaut. Die Ankerträger sind mit der auf die Welle gekeilten gusseisernen achtarmigen Nabe verschraubt, was durch Zwischenlagen von starken Micascheiben und Buchsringen geschah; auf diese Weise ist der Ankerkern von der Welle sorgfältig isoliert.

Die offenen rechteckigen Nuten dienen zur Aufnahme der die Hochspannung von 5200 bzw. 3000 Volt direkt erzeugenden Wickelungen. Die Wickelung (Schleifenwickelung) besteht aus dreifach konzentrischen Spulen von 34 cm mittlerer Breite, welche in je sechs Nuten gelagert sind. — Es sind insgesamt 15 dieser Spulen vorhanden (je fünf pro Phase), welche in 90 Nuten, vollständig mit Mica und Schellackleinwand isoliert, gebettet und durch äußerst kräftige Bandagen aus Stahldraht auf dem Anker fixiert sind. Die Isolation gegen Erde wurde bei 8000 Volt geprüft. Der Anker allein wiegt 2750 kg, der komplette Generator einschließlich Erreger 11100 kg; das Kupfergewicht ohne die Erregermaschine beträgt 850 kg. Die Periodenzahl pro Sekunde ist 50. Zur Abnahme des Stromes dienen pro Pol je zwei Bürsten, welche auf mit den Spulenden verbundenen Bronzeringen laufen. Diese Bronzeringe sind zu je zweien auf speziellen gusseisernen Büchsen montiert, welche ihrerseits auf jeder Seite der Ankernabe mit der Welle verschraubt sind. Schutzhäuse verhindern ein unvorsichtiges Berühren dieser Hochspannungsteile. Die vier Bronzeringe entsprechen den drei Polen der Sternschaltung sowie dem neutralen Punkt. Dieser letztere wird überhaupt nicht benutzt und es funktioniert also die Anlage ohne die Ausgleichsleitung, was mit Rücksicht auf die Trennung des Licht- und Kraftbetriebs und Verwendung von Einphasenstrom für ersteren zulässig ist. Es kann jedoch später jederzeit eine Änderung der Schaltung vorgenommen werden, wenn sich das Bedürfnis darnach geltend macht.

Die Ankerwicklung ist entsprechend den oben erläuterten Betriebsbedingungen so dimensioniert, dass sie sowohl mit 3.33 Ampère als auch mit 56 Ampère zwischen je zwei beliebigen Polen dauernd belastet werden kann. Der Spannungsabfall der Maschine bei Lichtbetrieb, also $\cos \varphi \approx 1$ ist ein sehr geringer und es beträgt derselbe von Leerlauf bis Vollbelastung bei gleichbleibender Umdrehungszahl und Erregung etwa 0,9 %. Für Motorenbetrieb und $\cos \varphi \cdot 0,8$ ist ein Spannungsabfall von 12 % garantiert und bestimmt worden. —

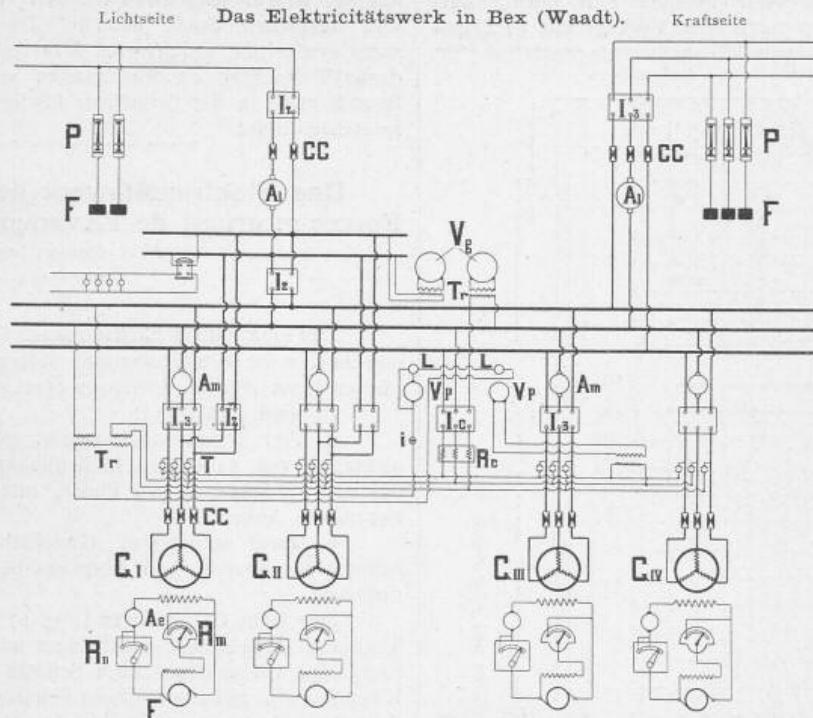


Fig. 18. Schaltungsschema der Drehstromanlage für die Kraft- und Lichtleitung.

Legende: G₁-IV Generatoren, A₁-A₄ Maschinenampèremeter, A₁ Liniensampèremeter, V_g Generalvoltmeter, I₃ Dreipoliger Hochspannungsausschalter (für Kraft), I₂ Zweipoliger Hochspannungsausschalter (für Licht), CC Hochspannungssicherungen, F Blitzplatten, R Erdplatten, T Stöpselkontakt, Tr Mess- und Phasentransformer, L Phasenlampen, V_p Voltmeter zum Parallelschalten der Generatoren, i Auschalter der Phasenlampen, R Belastungswiderstand, R₀ Belastungswiderstandschalter, E Erregerdynamo, P Nebenschlusswiderstand, R_m Magnetregulierwiderstand, A₀ Erregerstrommesser.

chen von 93 % (bei halber Belastung 88,5 %) ergeben. Dabei stellten sich die Reibungsverluste auf 4000 Watt, die Verluste für Magnetisierungsarbeit und Foucaultströme auf 12 200 Watt. Die Temperaturerhöhung des Ankereisens im Dauerbetrieb beträgt 50 °, was für eine gute Ventilation spricht. — Zur Prüfung der Bandagen wurde die Umdrehungszahl auf 1000 Umdrehungen gesteigert.

Die *Gleichstromdynamos* von Thury, Type H N, weisen die bekannte Konstruktion auf. Es sind sechspolige Maschinen mit ganz in Eisen und Stahl aufgebautem, vom Maschinenrahmen magnetisch isolierten Magnetgestell. Die Magnete aus Schmiedeisen sind mit Hyperverbundwickelung versehen, ausgleichend den Spannungsabfall in den Speiseleitungen zum Kontaktdraht bei variabler Belastung des letztern. Die Wirkung der Magnetisierung ist eine solche, dass der Spannungsabfall vom Leerlauf bis zur Vollbelastung, gleichen Widerstand im Nebenschluss und konstante Umdrehungszahl vorausgesetzt, 8 % nicht überschreitet. — Die Bohrung beträgt 1000 mm; der Luftraum zwischen Polfläche und Ankereisen ist jederseits 10 1/2 mm. Die Dimensionen der konzentriert gebohrten Polflächen sind 55 · 45 mm; die Breite des Ankereisens beträgt 550 mm. — Der Anker ist analog demjenigen des Drehstromgenerators auf einem Gussstern aufgebaut, und es ist das Ankereisen sowohl elektrisch als magnetisch von der Welle isoliert. Der glatte Anker besitzt Trommelwicklung, die durch kräftige Bandagen auf der Ankeroberfläche festgehalten wird. Die Ventilation der Maschine ist eine sehr gute. So kann die normale Stromstärke von 300 Ampère erheblich überschritten werden, und es soll die Maschine laut Vertrag im stande sein, während einer Stunde 380 Ampère bei 700 Volt zu liefern.

Der Kollektor hat einen Durchmesser von 500 mm und ist aus 309 Kupfersegmenten von 220 bzw. 260 mm langer Abnahmefläche zusammengesetzt. Die Stromabnahme geschieht durch vier Kohlenbürstengruppen (zu acht Kohlenbürsten) und es zeigen dieselben trotz der Stromschwankungen

Jeder Drehstromgenerator wird durch seine eigene Erregermaschine erregt, welche auf einer angegossenen Konsole des Maschinengestelles montiert ist. Es sind dies vierpolige Nebenschlussdynamomaschinen des Manchester-Typs für maximal 32 Ampère bei 110 Volt Spannungsdifferenz. Die Regulierung jedes Erregers erfolgt separat durch Handwiderstand im Nebenschluss. —

Der Energieverbrauch für die Felderregung beträgt 1650 Watt bei halber Belastung und 1890 Watt bei Vollbelastung, was unter Berücksichtigung der Verluste im Magnetregulierwiderstand und dem Erreger etwa 1,9 bzw. 1,3 % der ganzen Leistungsfähigkeit ergibt. Die Erregersteigerung beträgt für $\cos \varphi \cdot 1 = 7 \%$, $\cos \varphi \cdot 0,8 = 28 \%$.

Der Wirkungsgrad des Generators einschließlich Erregung ist zu 90 % bei Vollbelastung und $\cos \varphi \cdot 0,8$ garantiert und es haben die angestellten Versuche einen sol-

Das Elektricitätswerk in Bex (Waadt).

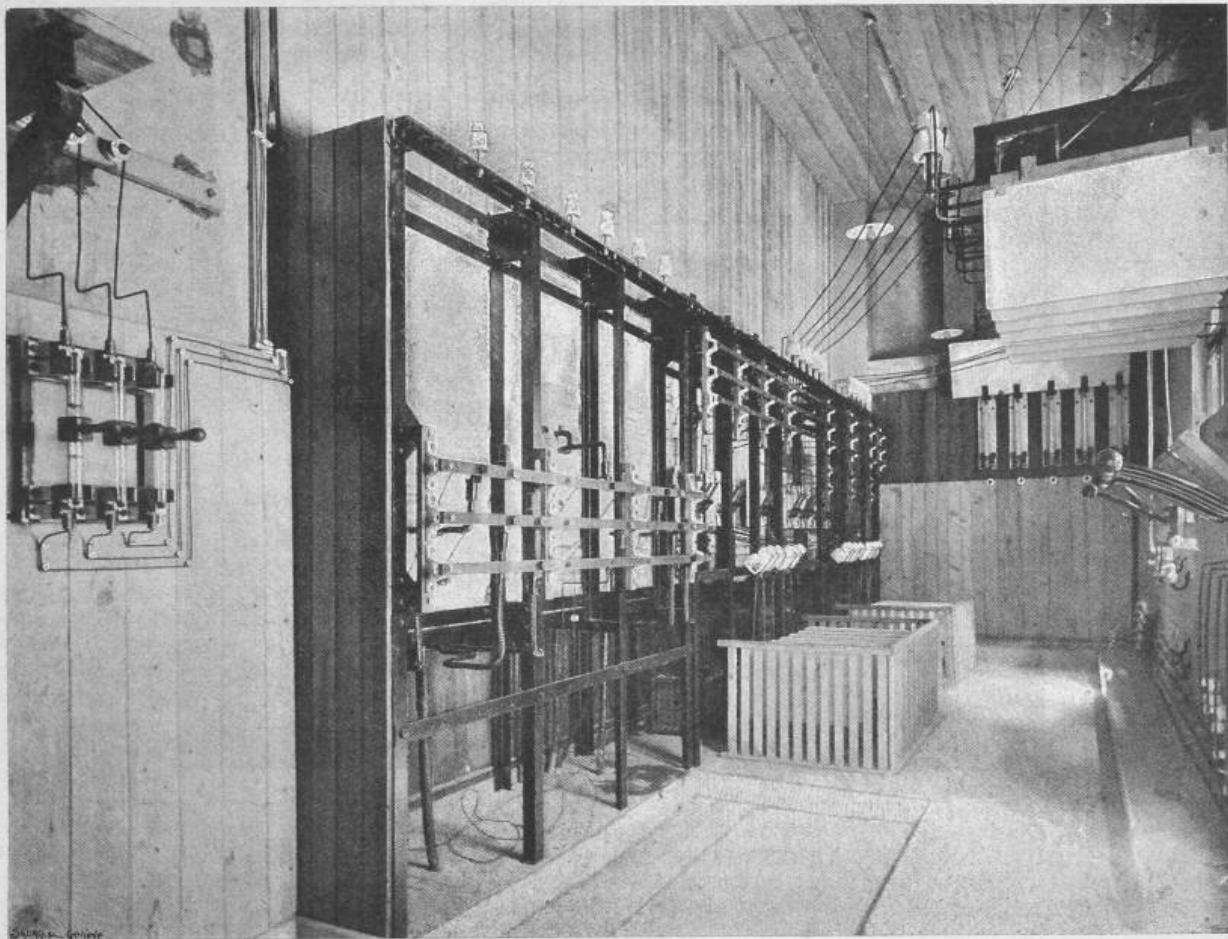


Fig. 19. Rückseite des Schaltbretts.

infolge geringer Ankerrückwirkung einen vollkommen funkenlosen Gang. — Die zahlreiche Kommutierung ergibt einen sehr konstanten Verlauf der Spannungskurve. Der Wirkungsgrad dieser Dynamos ist mit 92 % garantiert: die Versuche auf Wasserwiderstand haben einen solchen von 93 % ergeben. — Das Gewicht des gewickelten Ankers beträgt 2700 kg, das der kompletten Maschine 8280 kg, das Kupfer der Wicklungen wiegt 873 kg, während das Kollektorkupfer mit den Verbindungsleitungen 360 kg ausmacht — Sämtliche Generatoren haben Lagerschalen aus Gusseisen mit Weissmetallfütterung und sind mit automatischer doppelter Ringschmierung versehen.

Um die Gefahr der Zerstörung der Generatoren durch Blitz zu vermeiden, sind alle Maschinengestelle von der Erde durch eingegossene Porzellantragfüsse isoliert. Zur Sicherheit der Maschinisten ist außerdem um die Maschinen herum ein Asphaltbelag von $2\frac{1}{2}$ mm Stärke vorgesehen worden. — Von den Generatoren und den Erregermaschinen führen die Leitungen unterirdisch in cementierten, gedeckten rechteckigen Kanälen zur Apparatenwand. Für den Drehstrom und Gleichstrom wurden einfache eisenbandarmierte Hochspannungskabel mit Kabelendverschlüssen verwendet. — Die beschriebenen Drehstrom- und Gleichstromgeneratoren stammen aus den Werkstätten der „Compagnie de l'Industrie Electrique“ in Genf. —

Schaltanordnung und Schaltbrett. Die Schaltung der Drehstromgeneratoren ist aus dem Schaltungsschema der Fig. 18, (S. 182) ersichtlich; sie entspricht den oben erwähnten Betriebsbedingungen. — Die Anordnung ist charakterisiert durch die Trennung des Kraft- und Lichtbetriebs, indem der Lichtstrom an zwei Polen der Sternschaltung mit drei Leitern abgenommen wird. Die rückwärtige Ansicht des Schaltbrettes (s. Fig. 19) zeigt demnach drei Kraftsammelschienen

für verketteten Drehstrom und darunter zwei Lichtsammelschienen für Einphasenstrom (vorn Tramschienen).

Die Maschinen I und II sollen abwechselnd den Lichtbetrieb versiehen und gleichzeitig als Reserve für den Kraftstrom dienen. Sie besitzen daher je einen zweipoligen und einen dreipoligen Maschinenausschalter. Die Maschinen III und IV arbeiten nur auf die Kraftschienen und besitzen demnach dreipolige Maschinenausschalter. Diese Maschinen liefern einzeln oder in Parallelschaltung den Strom zum Betrieb der elektrochemischen Fabrik in Monthey, welche einen variablen Konsum von 200 bis 500 kw aufweist, und dann für den Dreiphasentransformator von 46 kw in Bex. Damit die Maschinen III und IV auch auf das Lichtnetz geschaltet werden können, ist hinter dem Schaltbrett ein doppelpoliger Hülffschalter angebracht, welcher zwei Kraftmaschinen mit den Lichtschienen kuppelt. Es ermöglicht also die Schaltanordnung eine Reihe zweckentsprechender Kombinationen. —

Von den Sammelschienen führt je ein Hauptstrang der Leitungen ins Freie, der eine aus drei Drähten für die Kraft, die andere aus zweien für das Licht bestehend. Die zur Abschaltung dieser Linien dienenden Schalter sind in dem Raum hinter dem Schaltbrett vereinigt. —

Die Phasen- und Spannungsvergleichung mittels der die volle Spannung transformierenden Messtransformer geschieht in der Weise, dass nur ein Phasenvergleicher erforderlich ist. Zu erwähnen ist der Belastungswiderstand, welcher aus drei in gemeinsamem Rahmen übereinander angeordneten Drosselpulsen besteht und zur leichteren Parallelschaltung der Generatoren dient. Derselbe ist mit dem Phasenvergleicher in der Mitte des Hochspannungsschaltbrettes plaziert, wo er durch einen dreipoligen Ausschalter bedient werden kann. Die Maschinen lassen sich aber auch ohne den Belastungswiderstand bequem parallel schalten. — Die Schaltung der Gleichstromdynamo ist die für Verbund-

maschinen in Parallelschaltung übliche mit Ausgleichssammelschiene zur gleichmässigen Verteilung der Erregung.

Gegen Kurzschluss sind die Maschinen durch einen automatischen Maximalausschalter mit Kohlenendkontakte und Glockensignal-
Primarschukaus an der V

vorrichtung geschützt. Von den zwei Ausschaltern pro Maschine ist der eine ein Minimalausschalter zum Schutze der Maschine gegen Rückstrom bei Parallelbetrieb. Spezielle Maschinen- und Linienabschmelzsicherungen sind nicht vorhanden.

Was die konstruktive Ausführung der Apparatenwand anbetrifft, so ist dieselbe im oberen, die Hochspannungsapparate tragenden Teil, aus Marmorplatten zusammengesetzt, welche auf von der Erde isoliertem Eisen gerüst montiert sind.

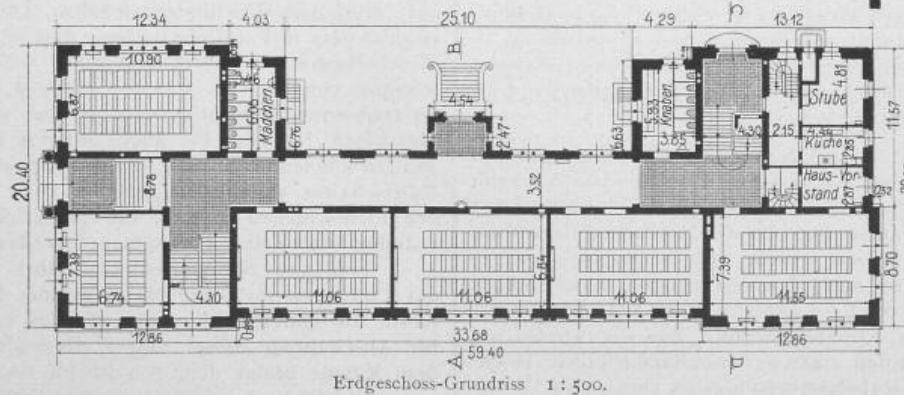
gerüst montiert sind. Entsprechend den Stromarten besteht das Schaltbrett aus zwei anschliessenden aber getrennten Teilen; das Gleichstromschaltbrett ist wegen des für die horizontal angeordneten Maschinenschalter notwendigen Raumes gegen das Wechselstromschaltbrett um etwa 30 cm vertieft gehalten. Die Art der Montierung aller Hochspannung führenden Apparate und Sammelschienen, auch der Schalter und Sicherungen auf der Rückseite der Apparatenwand ist aus Fig. 19 (S. 183) zu entnehmen. Auf der vordern Seite sind nur die isolierten Handgriffe der Schalter und Regulierwiderstände, sowie die Messinstrumente angeordnet. Die Stöpselapparate werden durch allseitig geschlossene Ebonitkästen geschützt.

Was die verwendeten Hochspannungs-Abschmelzsicher-

Die Regulierung der Kraftschienspannung aus konstanter Sekundärspannung geschieht teils im Nebenstrom des Erregers, teils im Kreis der Magnete, und zwar lässt der Magnettwiderstand eine Variation von 15 bis maximal 41 Ampère bei ganz ausgeschaltetem Nebenschlusswiderstand zu. Bei parallel geschalteten Maschinen können die Magnett-

Primarschulhaus an der Klingenstrasse in Zürich III.

Architekt: Stadtbaumeister *A. Geiser* in Zürich.



Das Primarschulhaus
an der Klingenstrasse in Zürich — Kreis III.

Architekt: Stadtbaumeister *A. Geiser* in Zürich.

Das Schulgebäude, von dem hier die Rede sein soll, ist zwar schon seit zwei Jahren dem Betriebe übergeben; wenn wir doch noch auf dasselbe zurückkommen, so bieten ganz besondere Gründe hiezu Veranlassung. Im Laufe des Jahres wird in Zürich die erste Generalversammlung des Schweiz. Vereines für Schulhygiene stattfinden, bei welchem