

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73/74 (1919)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Die Reservekraftanlage des Elektrizitätswerkes der Stadt Lugano  
**Autor:** Sacchi, Val.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-35713>

### **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:** 15.03.2025

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

Weltgeschehen überblicken lassen wird. Was Sie da an allgemeinen Anschauungen und weiteren Kenntnissen gewinnen, das wird Ihnen später auch oft Erfrischung bringen, wenn die Berufspflichten — kein Beruf bleibt davon verschont — viel Ermüdendes brachten. Es wird Ihnen helfen, nachher mit umso mehr Freude wieder an die Berufsarbeit zu gehen.

Denn Freude soll Ihnen der erwählte Beruf sein und seine Ausübung, die Arbeit darin nicht unangenehme Pflicht. Wer unter Ihnen nicht mit diesem Gefühl des Interesses und der Freude am Berufe seine Studien betreibt, der wird wenig Erfolg haben und innerlich nicht höher stehen als jene *mindervwertigen* unter den manuellen Arbeitern, die von der Arbeit nur als Uebel und Last reden, die frohe Genugtuung an der Erfüllung einer Aufgabe, an der Erreichung eines Zieles nicht empfinden.

Arbeit, Wertschätzung eines jeden Standes, der seine Arbeit versteht und freudig verrichtet, gegenseitige Achtung und Vertrauen unter den Nationen können allein die Menschheit aus der jetzigen traurigen Lage wieder emporführen. Sie, meine Herren Studierenden, sollen darin Führer werden. Wir Lehrer wollen versuchen, Ihnen mit gutem Beispiel voranzugehen.

*Achtung dem Mitmenschen von Herz und Charakter ohne Ansehen der Nation, Freude an der Arbeit, am erwählten Berufe* seien unsere Leitsterne im neuen Studienjahr; unter ihnen wollen wir unsere Arbeit beginnen!

## Neuer Zugang mit Portal zum Friedhof Aarau.

Architekt *Albert Froelich* in Zürich.  
Mit Tafeln 16 und 17.)

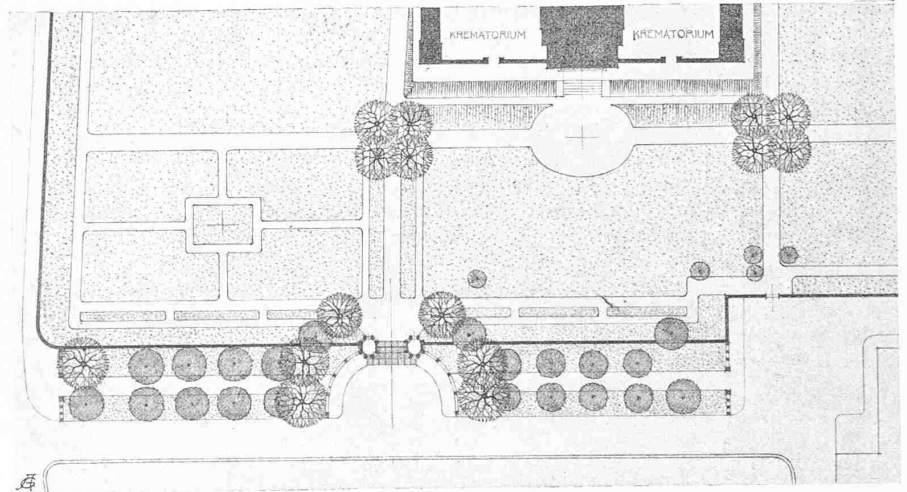
Im alten Aarauer Friedhof hat Arch. Alb. Froelich vor etwa acht Jahren ein Krematorium erbaut, das wir in Band LX (am 27. Juli 1912) zur Darstellung gebracht haben. Er hatte es, exzentrisch zum Friedhofeingang, in vorhandene schöne Baumgruppen eingeordnet, wie obenstehender Plan zeigt, in dem sämtliche erhaltungswürdigen Bäume genau an ihrem Standort eingezeichnet sind. Als es sich nun um Erneuerung der vordern Friedhofmauer samt Eingang handelte, schlugen in einem engem Wettbewerb alle Teilnehmer vor, das Friedhof-Portal aus dem Halbkreis grosser Bäume in die Axe des Krematoriums zu verschieben, die neue Mauer *zwischen* die beiden Reihen hoher Tuya-Bäume zu stellen, und die strassenseitige Baumreihe dem verlangten Trottoir an der Zufahrtstrasse zu opfern. Im Auftrag des Feuerbestattungs-Vereins Aarau arbeitete sodann der Erbauer des Krematoriums ebenfalls einen Entwurf aus, der die Billigung der massgebenden Stellen fand und in der hier dargestellten Form zur Ausführung gelangt ist. Von den beiden, das Portal umfassenden Pavillons dient der eine als Geräteraum, der andere enthält ein Klosett. Das Trottoir liegt in der Tuya-Allee, die zum architektonischen Hauptmotiv des Zuganges ausgestaltet wurde.

Bei der getroffenen Lösung ist die Axenversetzung zwischen Portal und Krematorium entschieden ungewöhnlich, im allgemeinen auch unrichtig. Berücksichtigt man aber die gegebene Situation, besonders den geringen Abstand des erhöht liegenden Krematoriums vom Eingangs-Portal, die vorteilhafte Erscheinung des Baues von der Stelle des jetzigen Eingangs (siehe Tafel 11 in Band LX), so wird man der Abweichung von der akademischen Regel wohl zustimmen und dem Architekten für die glückliche Anpassung an das Bestehende und die geschickte Ausnutzung der vorhandenen Stimmungswerte Dank wissen.

## Die Reservekraftanlage des Elektrizitätswerkes der Stadt Lugano.

Von Ingenieur *Val. Sacchi*, Direktor des E.-W. Lugano.

Im Jahre 1904 erwarb die Stadt Lugano die Konzession zur Ausnützung der Wasserkräfte des Verzasca-Flusses. Das in Gordola, an der Mündung des engen und wilden Tales der Verzasca in die Magadino-Ebene, erstellte und 1907 dem Betrieb übergebene Kraftwerk war zur Aufnahme von sechs Hochdruckturbinen von je 1000 PS bei 260 m Nettogefälle projektiert, von denen im ersten Ausbau drei aufgestellt wurden. Die bedeutende und rasche Entwicklung, die die Stadt Lugano schon in den ersten



Neuer Zugang zum alten Friedhof und zum Krematorium in Aarau von Arch. Alb. Froelich. — Masstab 1:1000.

Jahren des Betriebes des Elektrizitätswerkes zu verzeichnen hatte, erforderte bereits im Jahre 1911 ein wesentliche Erweiterung seiner hydroelektrischen Anlage; an der Stelle der ursprünglich vorgesehenen weiteren drei Turbinen zu 1000 PS wurden nun zwei Turbinengruppen von je 3000 PS aufgestellt und der bestehenden Hochdruckleitung von 780 mm lichter Weite ein zweiter Rohrstrang von 900 mm innerem Durchmesser hinzugefügt.

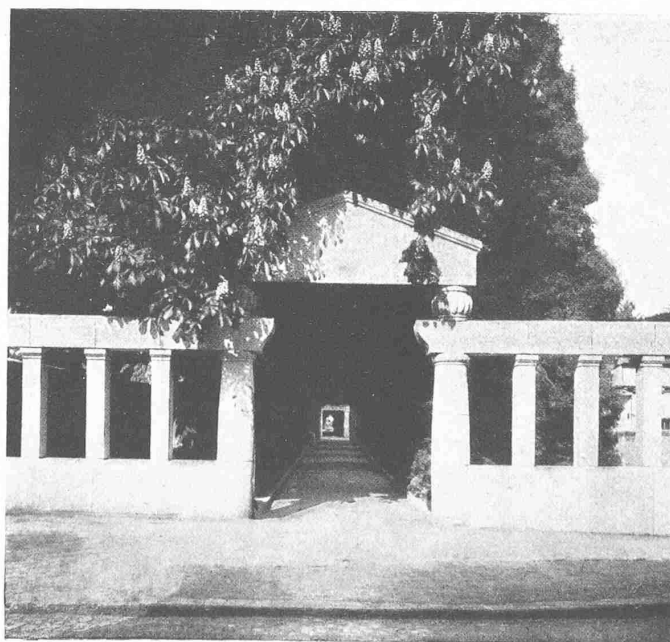
Die Uebertragung der elektrischen Energie von Gordola nach Lugano, bzw. Mendrisio und Chiasso geschieht durch eine Fernleitung, die über den Monte Ceneri nach der Unterstation Massagno oberhalb und unweit von Lugano führt, wo die erste Transformierung von 25000 auf 3700 Volt erfolgt. Die Monte Ceneri-Gegend ist infolge ihrer exponierten Lage im Sommer heftigen Gewittern ausgesetzt und während des Winters von starken Schneefällen heimgesucht; als Folge davon traten von Anfang an häufige Störungen auf, verbunden mit Stromunterbrechungen, die mitunter von längerer Dauer waren. Wenn anfangs nicht viel Wert auf solche Betriebunterbrüche gelegt wurde, so wirkten sie später doch sehr störend, als neben der kleinen Industrie grössere und wichtige Fabrikbetriebe, dann Trambahnen, Seilbahnen und vor allen Dingen sämtliche Regionalbahnen der südlichen Hälfte des Kantons Tessin vom Verzascawerk aus mit elektrischer Energie versorgt wurden.

Als dann im Jahre 1914 die katastrophale Ueberschwemmung der Verzasca die Zentrale überflutete und einen vierwöchentlichen Stillstand der ganzen Anlage verursachte, wurde die unumgängliche Notwendigkeit der Errichtung einer *Reservekraftanlage* auch von den schlimmsten Gegnern eines solchen Projektes, die im Stadtrat lange Zeit die Mehrheit bildeten, eingesehen. Diese Reservekraftanlage musste aus betriebstechnischen Gründen möglichst nahe an den Schwerpunkt der Netzbelastung gerückt werden, und so wurde nach reiflicher Ueberlegung beschlossen, sie in die unmittelbare Nähe der Stadt Lugano zu verlegen.



OBEN: NEUES FRIEDHOF-PORTAL VON INNEN

UNTEN: BLICK DURCH DIE ZUGANGS-ALLEE



ZUGANG UND PORTAL ZUM ALTEN FRIEDHOF, IN AARAU,

ARCHITEKT ALBERT FROELICH IN ZÜRICH



Für die Projektierung der Anlage kamen nur zwei Varianten in Betracht: die Errichtung einer Dampf-Reserveanlage mit Parsonsturbinen und jene einer Dieselmotorenstation. Trotzdem die Wahl zwischen diesen Varianten, in Anbetracht der geringeren Anlagekosten bei ungefähr gleichen Betriebsunkosten (natürlich auf vor dem Krieg herrschende Verhältnisse basiert), zugunsten der Dampfturbinenanlage hätte ausfallen müssen, wurde doch den Dieselmotoren der Vorzug gegeben, und zwar zunächst weil sie den im vorliegenden Falle weitaus ausschlaggebenden Vorteil der *sofortigen Betriebsbereitschaft* aufweisen, dann wegen des Wegfalls der Rauchplage und schliesslich mit Rücksicht auf den Umstand, dass das naheliegende städtische Gaswerk zu ausnahmsweise vorteilhaften Bedingungen und ohne Transportkosten das erforderliche, bei der Destillation des Teers sich ergebende Brennöl zu liefern imstande gewesen wäre. Man entschloss sich also für die Errichtung einer Dieselanlage, und der Stadtrat bewilligte sofort für deren Bau einen Kredit von 900 000 Fr. Sie wurde zur Aufnahme von zwei Generatorgruppen vorgesehen, wovon eine als Reserve gedacht war; zur Aufstellung gelangte vorerst jedoch nur eine Einheit. Die Generatorleistung wurde zu 2200 *kVA* angenommen, welche Energie im Falle des Versagens der hydraulischen Anlage zur Speisung und Aufrechterhaltung der notwendigsten, an das Netz des Werkes angeschlossenen Betriebe gerade ausreicht; dementsprechend wurde der Dieselmotor für eine Leistung von rund 2400 *PS* in Auftrag gegeben.

Die Bauarbeiten begannen im Mai 1917, und die Anlage war im Monat November 1918 betriebsbereit. Abbildung 1 zeigt die Ansicht aus Südosten der gefällig aussehenden und mitten in schöner Landschaft stehenden Reservekraftanlage; rechts auf dem Bild ist der geräumige Maschinsaal ersichtlich; er bedeckt eine Fläche von  $26 \times 20$  m (siehe den Grundriss Abbildung 8). An das Maschinenhaus vorgebaut ist das dreistöckige Gebäude, in dem die elektrische Schaltanlage untergebracht ist. Die kürzlich durch offiziellen Akt eingeweihte und dem Betrieb übergebene erste Dieselmotor-Generatorgruppe (Abb. 3) besteht aus einem mit Teeröl betriebenen Sulzer-Zweitaktmotor von 2380 *PS* Dauerleistung bei 125 *Uml/min* und aus einem Dreiphasen-Wechselstromgenerator der Firma Brown, Boveri & Cie.

Der Dieselmotor weist die charakteristischen Merkmale der Sulzer-Zweitaktmotoren auf. Er ist, wie sämtliche Motoren dieser Firma, vertikaler Bauart und einfachwirkend. Der die solide Unterlage für die Lagerung der Kurbelwelle bildende Fundament-Rahmen ist mit den vier Arbeitssäulen von 760 mm Bohrung und 1020 mm Hub durch vertikale Gusständer verbunden, die gleichsam die Grundpfeiler der kräftig gebauten Maschine bilden. Diese in ihren oberen Teilen mit Gleitbahnen versehenen Ständer nehmen den Querschub des Kurbeltriebes auf, während je vier kräftige Stahlsäulen die in Richtung der Zylinderaxe auf die Deckel wirkenden Kompressionsdrücke auf die Fundamentplatte



Abb. 2. Blick von Westen auf den Schaltanlage-Vorbau.

übertragen und damit alle Gussteile von Zugspannungen entlasten. Im Gegensatz zu früheren Motorkonstruktionen reichen die Stahlsäulen nur bis unter die Zylinderdeckel, sodass diese mit der hinsichtlich der Wärmeausdehnung günstigen zylindrischen Form ausgeführt werden konnten.

In der Abbildung 3 auf Seite 225 sieht man links neben den Arbeitszylindern die auf gleicher Grundplatte stehenden Spülluftpumpen, deren doppelwirkende Kolben von der verlängerten Hauptwelle angetrieben werden. Die Steuerung der Pumpen erfolgt durch seitlich angebaute Kolbenschieber, denen die Luft durch vertikale Rohre von unten zugeleitet wird. In diesen Rohren bewegen sich auch die mittels Doppelhebel und Exzenter von der Kurbel-

welle betätigten Kolbenschieberstangen.

In der Abbildung nicht ersichtlich ist der dreistufige Einblaseluftkompressor, der so angeordnet ist, dass seine beiden parallel geschalteten Niederdruck-Zylinder der Spül-pumpen vorgelegt sind und gleichzeitig die Kreuzkopfführung für das Spül-pumpengetriebe bilden. Mittel- und Hochdruck-Zylinder des Kompressors sind in Tandem-Anordnung zwischen den Spül-pumpen eingebaut; ihre ebenfalls einfachwirkenden Kolben erhalten den Antrieb direkt von der verlängerten Hauptkurbelwelle. Alle drei Stufen

des Einblaseluftkompressors sind wassergekühlt; ferner sind zwischen den einzelnen Stufen wirksame Luftkühler mit Wasser- und Oelabscheidern eingebaut, sodass Kolben und Ventile nur sehr mässigen Temperaturen ausgesetzt sind. Als Steuerorgane dienen bei der Nieder- und der Mitteldruckstufe leicht demontierbare Stahlklappen; bei der Hochdruckstufe sind dagegen Luftpufferventile eingebaut.

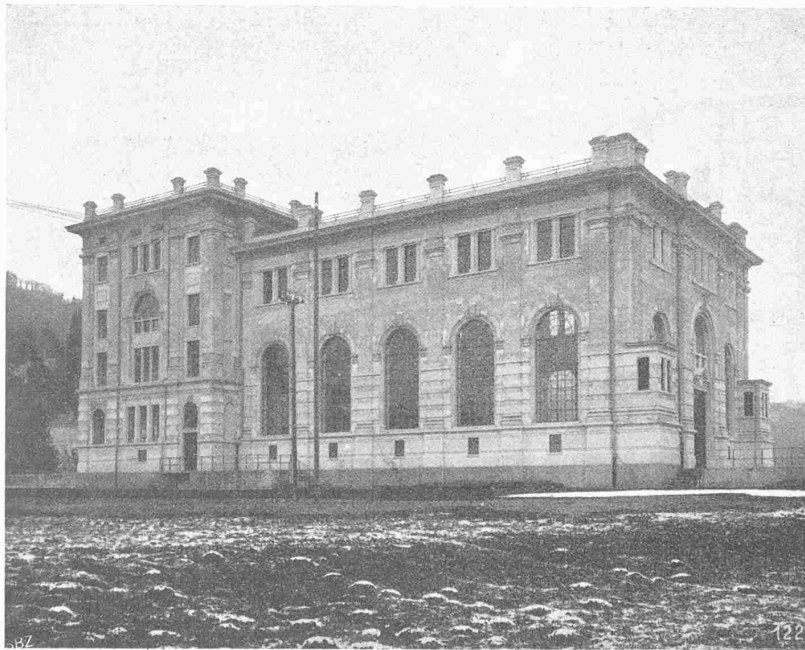


Abb. 1. Die neue Reservekraftanlage in Lugano, aus Südosten gesehen.

Ueber einige Konstruktionseinzelheiten gibt der Schnitt Abbildung 4 Aufschluss. Man erkennt dort insbesondere die Bauart des Arbeitszylinders, der zur Vermeidung von Längsspannungen als Stück für sich in den Kühlmantel eingesetzt ist und so allen Wärmedehnungen frei folgen kann. Der Arbeitskolben ist trotz der Kreuzkopfführung

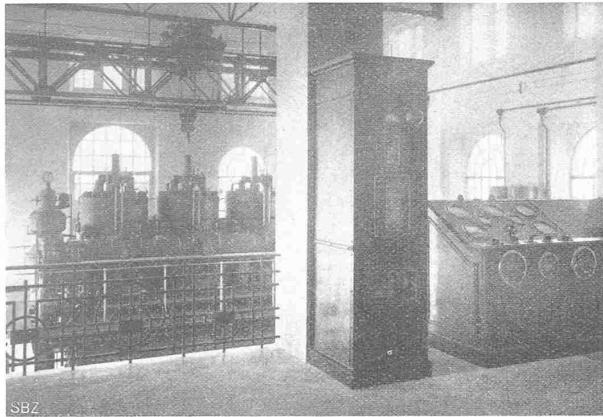


Abb. 6. Blick vom Schaltpodium auf den Dieselmotor.

sehr lang gehalten. Bemerkenswert ist seine Kühlung: das Kühlwasser wird von unten bei etwa 3,5 at Druck mittels eines feststehenden Rohres in den Kolben eingespritzt und kühlt vor allem die heisseste Partie, den Kolbenboden. Ein Verspritzen des frei abfliessenden Wassers wird durch teleskopartig ineinandergehende, weite Abflussrohre verhindert. Stopfbüchsen und schwer dicht zu haltende Gelenke konnten vermieden werden, weil im Kolbennern kein Ueberdruck entsteht.

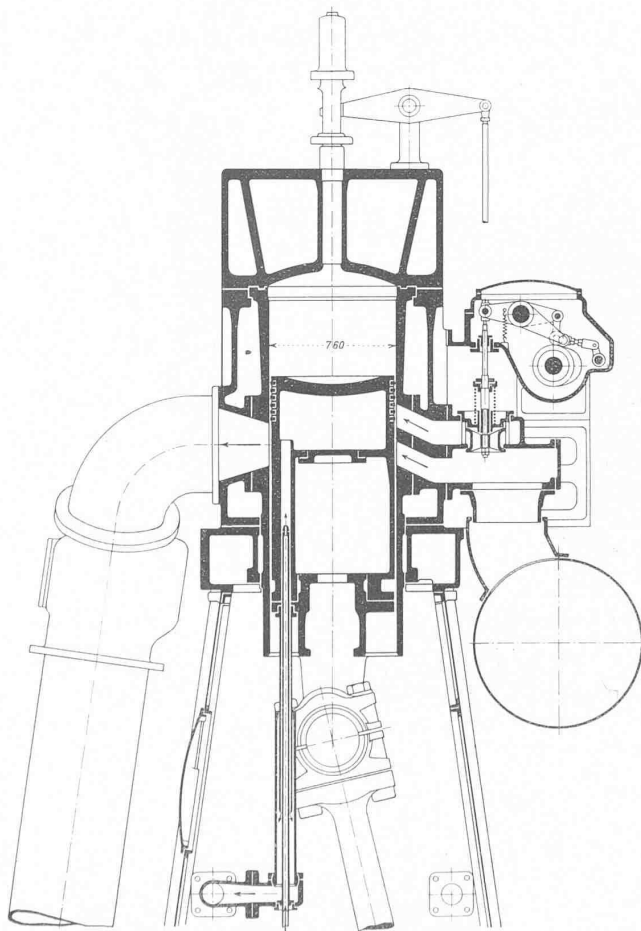


Abb. 4. Schnitt durch einen Arbeits-Zylinder des Motors. — 1:40.

Die Schnittzeichnung gestattet ferner, das Arbeitsverfahren des Sulzer-Zweitaktmotors näher zu verfolgen. Typisch ist besonders das Einführen der vorverdichteten Spül- und Ladeluft durch Einlassöffnungen, die sich ungefähr über den halben Umfang des Zylinders erstrecken und gegenüber den Auspuffschlitzen angeordnet sind. Während die untere Reihe der Einlassöffnungen in ständiger Verbindung mit dem Spülluftbehälter steht und nur durch den Kolben gesteuert wird, erfolgt der Zutritt der Spül- und Ladeluft zu der oberen Reihe der Oeffnungen durch seitlich angeordnete, mittels einfacher Kammensteuerung betätigte Ventile. Die oberen Einlassöffnungen überragen die Auspuffschlitze und dienen namentlich zur Einführung von zusätzlicher (auf etwa 0,2 at Ueberdruck) vorverdichteter Ladeluft, wenn die Auspuffschlitze durch den Kolben schon zugedeckt sind. Durch die gesteuerten Ventile wird bewirkt, dass bei Abwärtsgang des Kolbens die Auspuffgase vor Druckausgleich mit der Atmosphäre nicht in die Spülluftleitung gelangen können. Ferner sind während des Verbrennungsvorganges und während der höchsten Drücke bei dieser Bauart alle Schlitzöffnungen durch den Kolben zugedeckt; die Verbindung zwischen dem Zylinderinnern und dem Raum, in dem sich die Spülventile befinden, ist somit unterbrochen. Es ist damit nicht nur vermieden, dass die Dichtungsflächen dieser Ventile ausbrennen, sondern zugleich ausgeschlossen, dass die Verbrennungsgase in die Spülluftleitung gelangen können und dort Explosionen verursachen.

Durch die Wechselwirkung der Spülluftströme wird eine ausgezeichnete Spülung erzielt. Das Sulzersche Verfahren hat gegenüber älteren Spülverfahren den grossen Vorteil, durch die Nachladung von vorverdichteter Frischluft in einem Zylinder von gegebenen Abmessungen die Verbrennung eines erhöhten Treibölquantums zu ermöglichen. Die dadurch erreichte Leistungssteigerung beträgt

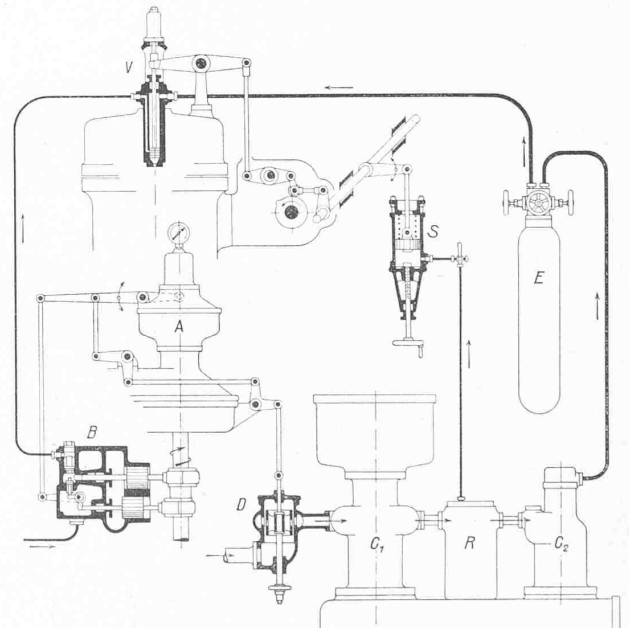


Abb. 5. Schema der Regulierung des Dieselmotors.

gegenüber Motoren, die ohne diese Nachladung arbeiten, rd. 25 %. Ferner kann infolge Fortfallens der Spülventile der den grössten Wärmespannungen ausgesetzte Zylinderdeckel einfacher und für eine gute Kühlung günstiger gestaltet werden. Man erhält einen einfachen Verbrennungsraum mit glatten Innenflächen, weil in diesen nur drei verhältnismässig kleine Ventile (Brennstoff-, Anlass- und Sicherheitsventil) einmünden.

Inbezug auf die Verwendung des Dieselmotors zur Erzeugung von elektrischer Kraft bietet seine Regulierung

besonderes Interesse. Es hat sich gezeigt, dass mit der Einstellung der Brennstoffmenge allein wohl ein rasches Anpassen der Motorleistung an die momentane Belastung erreicht werden kann, dass zur Einhaltung einer bei allen Belastungen rauchlosen Verbrennung des Treibmittels aber auch Druck und Menge der Einblaseluft reguliert werden müssen. Der Reguliervorgang wird bei Belastungsänderungen durch den Regler eingeleitet. Dieser beeinflusst, wie aus dem Schema Abbildung 5 hervorgeht, die Brennstoffzuführung dadurch, dass er die

Eröffnungsdauer des Saugventils der Brennstoffpumpe *B* je nach der Belastung verändert. Die Verstellkraft des Reglers genügt auch zur direkten Betätigung eines in der Saugleitung der ersten Kompressorstufe eingebauten Drosselventils *D*, das die Einblaseluftmengen den Brennstoffmengen anpasst. Die letzteren beeinflussen ihrerseits den

Widerstand des Brennstoff-Zerstäubers *V*. Um daher bei abnehmender Motorbelastung, also bei kleinen Brennstoffmengen, ein zu reichliches Durchströmen von kalter Zerstäubungsluft und ausser einer mangelhaften Zündung ein zu starkes Sinken des Druckes in der Einblaseflasche *E* zu verhindern, müssen auch Hub- und Eröffnungsdauer des Brennstoffventils verändert werden. Dies geschieht mit Hilfe eines Servomotors *S*, da die Verstellkraft des Reglers nicht ausreichen würde. Der federbelastete Servomotor wird durch die in oben beschriebener Weise schon regulierte Druckluft der ersten Kompressorstufe betätigt. Er steht daher in Verbindung mit dem Niederdruckrezeiver *R*.

Am Motor selber sind die in bezug auf ihre Wirksamkeit beschriebenen Steuerungsmechanismen am besten in Abbildung 3 zu erkennen. Auf der verlängerten vertikalen Steuerantriebswelle, die sich auf der Schwungradseite des Motors befindet, sieht man zunächst den Kugelregulator. Unter dem Regler ist ferner, über der Galerie des Motors, die Brennstoffpumpe zu erkennen (vergl. Abbildung 6). Es ist eine der Motorzylinderzahl entsprechend vierzylindrige Kolbenpumpe, die mit Hilfe eines vierfach angeordneten Hebelsystems die beliebige Zu- oder Abschaltung der Treibölbzufuhr zu jedem Arbeitszylinder gestattet. Die horizontale Kammenwelle und die von ihr angetriebenen mit Rollen versehenen Hebel (siehe Abbildung 5) sind in dem Steuertrog, der sich den Hauptzylindern entlang zieht, eingeschlossen, um ein Verspritzen des Schmieröls zu verhindern. Dieses Öl, wie auch das zur Schmierung des Hauptgetriebes verwendete, zirkuliert im Kreislauf. Es wird, nachdem es in gut zugänglichen Filtern gereinigt worden ist, von Räder- oder Kolbenpumpen angesaugt und unter Druck in die Schmierflächen der Lager, Zapfen und Kammen gepresst. Ausserhalb des Steuertroges ist die vom Servomotor betätigte horizontale Welle gelagert, die zum Regulieren der Brennstoffventil-Eröffnungsdauer dient. Sie verändert die gegenseitige Lage von Rolle und Kammen und bewirkt dadurch einen den Motorbelastungen angepassten Hub der Einspritznadel. Die Zugstangen, die vom Steuertrog nach den auf den Zylinderdeckeln sichtbaren

Doppelhebeln führen, betätigen die eine das Brennstoffventil, die andere das Anlassventil.

Es bleibt noch die Fern-Drehzahlregulierung zu erwähnen, die mit Hilfe eines kleinen am Regler angebauten Asynchronmotors gestattet, vom Schaltpult aus die Dieselmotordrehzahl bis  $-15\%$  bei Leerlauf und bis  $+8\%$  bei Vollast, im Vergleich zur normalen Drehzahl, zu verstellen; der kleine Motor ist in Abbildung 6 rechts neben der Regulatorkappe ersichtlich. Der für die Betätigung dieses Motors notwendige Umschalter ist im Schaltpult untergebracht.

Der vom Dieselmotor direkt angetriebene Generator wurde für folgende Verhältnisse gebaut: Leistung  $2200\text{ kVA}$  oder  $1500\text{ kW}$  bei  $\cos \varphi = 0,68$ . Verkettete Spannung  $3600/4200\text{ V}$ . Umdrehungszahl  $125$  in der Minute entsprechend  $50$  Perioden pro Sekunde. Das Gewicht des rotierenden Teils beläuft sich auf rund  $51\text{ t}$  bei einem Schwungmoment des Rotors von  $740\,000\text{ kgm}^2$ . Die Ueberlastbarkeit beträgt  $10\%$  im Dauerbetrieb mit  $1650\text{ kW}$ ,  $25\%$  während  $1/2$  Stunde

mit  $1874\text{ kW}$  ohne schädliche Erwärmung. Temperaturzunahme bei Vollast und  $4200\text{ Volt}$ :  $50^\circ\text{ C}$  ( $4^\circ$  Toleranz). Für den Wirkungsgrad wurde bei  $4200\text{ Volt}$  und  $50$  Perioden garantiert.

Die neue Reserve-Kraftanlage der Stadt Lugano.

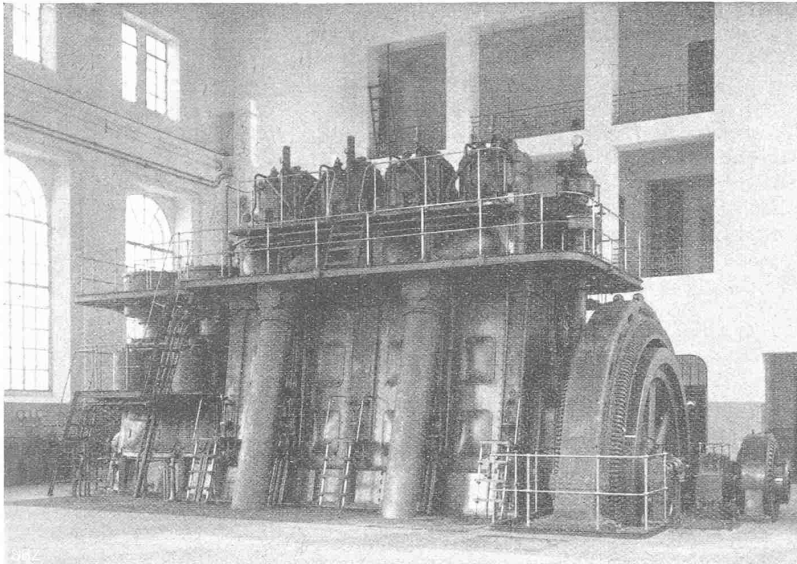


Abb. 3. Sulzer-Dieselmotor von  $2400\text{ PS}$  Dauerleistung bei  $125\text{ Uml./min.}$ , gekuppelt mit Drehstromgenerator von  $2200\text{ kVA}$  der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden.

bei  $\cos \varphi = 1$   $\cos \varphi = 0,68$

	bei $\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,68$
4/4 Last	95,5 %	93 %
3/4 „	94,5 %	92,5 %
2/4 „	92,5 %	90,5 %
1/4 „	88,0 %	86,5 %

ein schliesslich Erregung, ausschliesslich Luft und Lagerreibung. Spannungsänderung bei  $4200\text{ Volt}$ ,  $300\text{ Amp.}$  rd.  $11\%$  bei  $\cos \varphi = 1$ , rd.  $25\%$  bei  $\cos \varphi = 0,68$ .

Der Generator, als Schwungradtype ausgebildet, besitzt einen vierteiligen Stator mit offenen Nuten und eine Schablonenwicklung mit Mikanitisolierung. Der zweiteilige Rotor ist, wie die Abb. 9 und 10 (S. 227) zeigen, auf der verstärkten Motorwelle zwischen Motor und Aussenlager aufgekittet und trägt 48 Pole aus Stahlguss, die mit lamellierten Polschuhen versehen sind. Der äussere Durchmesser des Polrades beträgt  $4750\text{ mm}$ .

Die für  $44,8\text{ kW}$  bei  $115\text{ Volt}$  gebaute Erregermaschine besitzt Regulierpole, die, wenn erforderlich, eine Ausschaltung des Hauptstromregulators gestatten, wobei die entsprechenden Widerstandsverluste in Wegfall kommen. Die Regulierung der Spannung wird normalerweise lediglich mittels Nebenschlussregulators erwirkt.

Hilfseinrichtungen. Bei der Disposition der Hilfs-Objekte der thermischen Anlage (siehe die Abbildungen 7 und 8 auf Seite 226) ist besonderes Gewicht darauf verlegt worden, dass die Einrichtungen ihre Funktionen dem Charakter der Anlage entsprechend selbständig und unabhängig von allen Zufälligkeiten und Störungen versehen können.

So erfolgt der Antrieb des Schaltwerkes, das neben der Erregermaschine aufgestellt ist (siehe Abbildung 9), durch einen von einer Akkumulatorenbatterie gespeisten

Gleichstrommotor. Um vom Hauptstromnetz unabhängig zu sein, besitzt auch der Hilfskompressor *c*, der bei längeren Betriebspausen zur Ergänzung des Luftinhaltes der Anlass-Flaschen *a* und der Einblasflasche *b* verwendet wird, die gleiche Antriebsart. Dagegen sind die Zentrifugalpumpen, die das in einem Reservoir *m* gesammelte, erwärmte Kühlwasser mittels der Leitungen *o* und *p* über einen Kühlturm leiten und das je nach der Lufttemperatur auf 10 bis 35° C abgekühlte Wasser wieder dem Dieselmotor zuführen, mittels Drehstrommotoren angetrieben. Eine Sicherheitsmassnahme wurde hier durch Anwendung eines Pufferreservoirs *r* getroffen. Die Schaltung der Kaltwasserleitungen *p* ist derart, dass die Zuleitung zum Reservoir, wenn dieses angefüllt ist, durch einen Schwimmerhahn abgeschlossen wird. Die Kaltwasserpumpe *q* drückt daher das Wasser normalerweise direkt in die Kühlräume des Motors. Versagt sie aus irgend einem Grunde, sei es vor Inbetriebnahme des Dieselmotors durch Aussetzen der Stromzufuhr zu den Pumpenmotoren oder während des Betriebes infolge einer anderweitigen Störung, so entleert sich zunächst das Pufferreservoir. Bei sinkendem Wasserspiegel in demselben öffnet eine Schwimmereinrichtung automatisch die an die Pumpenleitung angeschlossene Stadtwasserleitung *s*. Ein Läutwerk macht gleichzeitig das Personal auf die Störung aufmerksam. Das Wasser für die Kolbenkühlung fliesst aus dem Pufferreservoir einer weiteren kleinen Zentrifugalpumpe *t* zu, die es auf die nötige Pressung von 3 bis 4 at bringt. Auch die Kolbenkühlleitung ist zwecks Erhöhung der Betriebsicherheit mit der Stadtwasserleitung verbunden.

Zur Aufbewahrung des Brennstoffs dienen drei inwendig mit Glas ausgekleidete Betonbehälter von je 75 m³ Fassungsvermögen. Da der Motor mit Teeröl betrieben wird, sind die beiden Behälter *e* zur Lagerung von Teeröl bestimmt. Das Gasöl im dritten Behälter *f* wird dazu verwendet, um im Interesse einer jederzeit sicheren Betriebsbereitschaft jeweils vor dem Abstellen des Motors Brenn-

stoffbehälterfüllung unabhängig zu machen, sind ferner zwischen den Fenstern des Maschinensaales auf Zylinderhöhe zwei mit Schwimmerhahn versehene Brennstoffgefässe *i* aufgestellt.

Die sämtlichen Pumpen und Leitungen sind im Souterrain längs der Südfront des Maschinenhauses untergebracht. Ebenfalls zieht sich dort der in den Boden eingelassene, mit 2,8 m² Querschnitt reichlich bemessene Luftansaugeschacht *n* der Spülpumpen hin, der seitlich mit den Tunnels in Verbindung steht, die in der Hauptebene der Motorfundamente liegen und den Zugang zu den Fundamentankern ermöglichen. Der Hauptkanal endigt in einem geschickt mit der Ostfassade des Gebäudes kombinierten Anbau *n* (vergl. auch Abb. 1), dessen Klappläden Regen und Schnee von der Ansaugöffnung fernhalten; eine weitere Schutzmassnahme ist durch den Einbau von feinen Sieben getroffen. Der nördlich gelegene gleiche Schacht wurde lediglich aus Gründen der Symmetrie angebaut.

**Garantiemessungen.** Bei der Bestellung der Anlage wurde vertraglich festgestellt, dass die auf dem Prüfstande der Firma Sulzer ermittelten Bremsresultate verbindlich sein sollten, da sich die Leistungsabgabe des mit dem Generator zusammengebauten Dieselmotors im Elektrizitätswerk selbst nicht mehr einwandfrei hätte bestimmen lassen. Die Messungen in Winterthur fanden im November 1917 in Anwesenheit eines Vertreters des Elektrizitätswerkes Lugano statt. Es wurden dabei die Motorbelastungen unter Verwendung der bekannten Wasserbremse von Heenan und Froude (beschrieben in Band LXIV, Nr. 2, S. 20, vom 11. Juli 1914) bestimmt. Die effektive abgebremste Leistung *P<sub>Se</sub>* des Dieselmotors wurde an Hand der an der Wage abgelesenen und durch die Umfangskraft hervorgerufenen Hebeldrucke nach der bekannten Formel  $\frac{P \cdot 2 \cdot L \cdot n}{60 \cdot 75}$  ermittelt. Die Bestimmung der indizierten Leistung *P<sub>Si</sub>* erfolgte aus dem mittlern, durch einen Indikator von Maihak

Die neue Reserve-Kraftanlage des Elektrizitätswerkes der Stadt Lugano.

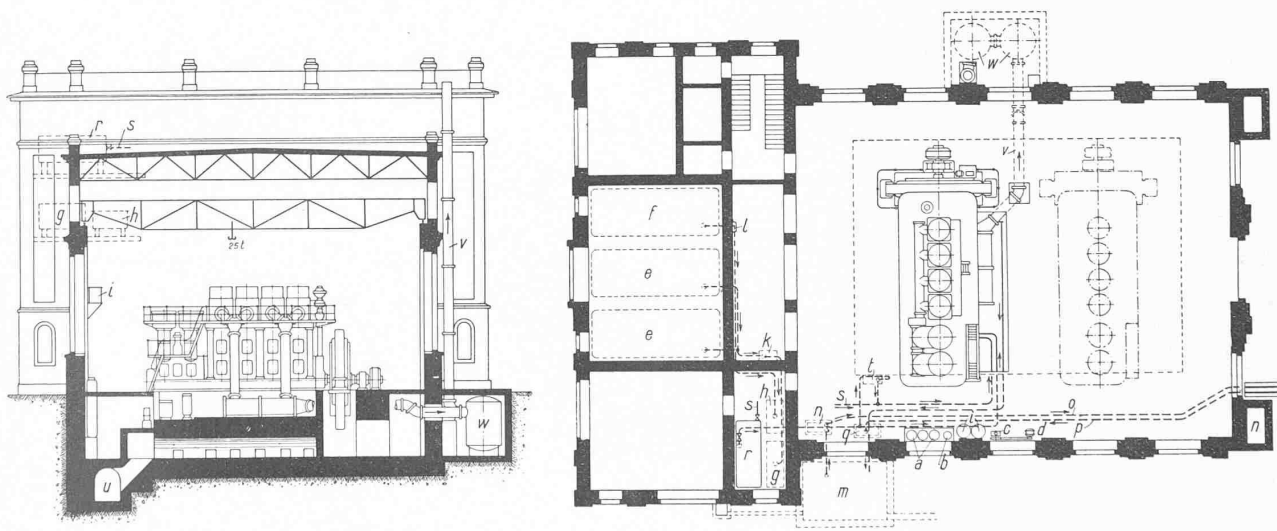


Abb. 7 und 8. Vertikalschnitt und Grundriss des Reservekraftwerks mit Bezeichnung der Hilfseinrichtungen. — Masstab 1:400.

stoff-Ventile und Brennstoff-Leitungen mit diesem dünnflüssigen und leicht zündbaren Brennstoffe durchzuspülen. Beim Anlassen des Motors wird nach wenigen Minuten von Gasöl auf Teeröl umgeschaltet. Eine elektrisch angetriebene Zentrifugalpumpe *k* fördert die Treiböle zunächst in zwei im zweiten Stockwerk des Schalthauses aufgestellte Tanks *g* und *h*, deren Füllungsgrad durch Schwimmer-Einrichtungen dem Bedienungspersonal in der Zentrale kenntlich gemacht wird. Der Inhalt der Tanks reicht für eine dauernde Leistungsabgabe von 2 × 2300 PS während 12 Stunden aus. Um den Zulaufdruck zur Brennstoffpumpe bei jeder Motorbelastung konstant zu halten und von der

aufgenommenen Druck nach der Formel  $4 \cdot \frac{F \cdot s \cdot n \cdot P_{mi}}{60 \cdot 75}$  wobei *P* die Umfangskraft in kg (Hebelbelastung), *L* die Bremshebellänge in m, *n* die mittlere Drehzahl, *F* die wirksame Kolbenfläche =  $\frac{\pi \cdot 76^2}{4}$ , *s* die Hublänge (1,02 m) und *P<sub>mi</sub>* der mittlere, indizierte Druck in kg/cm² bedeuten. Aus dem Verhältnis  $\frac{P_{Se}}{P_{Si}}$  ergaben sich die folgenden Wirkungsgrade:

Last	4/4	3/4	2/4	1/4
η =	70 %	66,6 %	61,2 %	48,5 %



wobei zu berücksichtigen ist, dass diese Werte sich auf den uneingelaufenen Motor beziehen; erfahrungsgemäss erhöhen sie sich um etwa 2 bis 3% nach einem gewissen Dauerlauf und nachdem alle beweglichen Teile sich gut eingelaufen haben.

Gleichzeitig mit der Aufnahme der Motorbelastungen wurde durch direkte Wägung das dem Motor zufließende Teerölquantum ermittelt; die Brennstoffverbrauchsziffern waren für den Garantienachweis massgebend und sind in Abbildung 11 graphisch dargestellt. Die obere Kurve ist auf das bei den Versuchen verwendete Teeröl bezogen, dessen Heizwert durch die Eidgen. Prüfungsanstalt in Zürich zu 8917 kcal bestimmt wurde; die untere Kurve zeigt die auf Gasöl mit 10000 kcal Heizwert umgerechneten Versuchsergebnisse. An Kühlwasser erforderte hierbei der Motor bei 2300 PS Belastung für die Kolbenkühlung 3,5 l pro PSh und für die übrige Kühlung 14 l pro PSh, bei Wassertemperaturen von 10,5° beim Eintritt und 50, bzw. 55° beim Austritt.

Die Uebergabe der Motorgeneratorgruppe erfolgte im Januar 1919. Inbetriebnahme des Aggregates und Zuschaltung des Generators auf das Stromnetz liessen sich rasch und leicht durchführen; auch gestaltete sich der Parallelbetrieb mit den in der hydroelektrischen Zentrale Gordola aufgestellten Generatoren bei verschiedenen Motorbelastungen anstandslos. Störungen irgendwelcher Art durch Lärm oder Rauchbelästigung konnten in den der Zentrale benachbarten Wohnhäusern nicht wahrgenommen werden.

Für die Montage der Dieselgruppe, deren schwerstes Stück rund 24 t wog, wurde ein elektrischer Dreimotoren-Laufkran von 25 t Tragkraft, 20,5 m Spannweite und 10 m Hubhöhe aufgestellt (siehe Abbildung 6). Er ist mit einem Hubmotor von 18 PS, einem Katzfahrmotor von 3,5 PS und einem Kranfahrmotor von 11 PS ausgerüstet. Der Kran samt Kontrollern, Bremsmagneten usw. wurde von der Giesserei Bern geliefert und leistete während der Montage vorzügliche Dienste ohne jegliche Störung.

**Die Schaltanlage.** Die Energieabgabe erfolgt direkt in das Primärnetz, wobei der Dieselgenerator über ein Hilfssammelschienensystem mittels eines automatischen Oelschalters mit Maximalstrom- und Rückwattauslösung auf die Stadt-Ringleitung von 3700 Volt geschaltet wird. Diese schliesst sich in der Unterzentrale Massagno, wo die Herausauftransformation auf 25000 Volt für die Fernleitungen erfolgt. Im kommenden Jahre soll nun diese Unterzentrale aufgegeben und deren gesamte Schalteinrichtung nach der Dieselanlage verlegt werden, sodass die vom Dieselgenerator erzeugte Energie in der Zentrale selbst auf die verschiedenen abgehenden Leitungen mit 3700 und 25000 V verteilt werden wird. In dem gegen den Maschinensaal zu abgeschlossenen Schalthaus sind die

im Parterre, die Oelschalter im ersten Stock, die je doppelt ausgeführten Sammelschienensysteme im zweiten und die Blitzschutz-Apparate im dritten Stockwerk untergebracht. Sämtliche Hochspannungsapparate sind in Schaltzellen aus Pressgipsplatten aufgestellt und mittels Streckmetalltüren nach aussen abgeschlossen. Die Instrumente und Antriebe zu den automatischen Schaltern sind auf einer Schalttafel, jene zum Dieselgenerator auf einem Schaltpult (vergl. Abbildung 6) angeordnet, wo ebenfalls die Synchronisier-Vorrichtungen Platz gefunden haben. Alle Oelschalter sind in Betonbehälter eingelassen, die im Falle einer Explosion das herausfließende und brennende Oel aufzufangen haben; das abfließende Oel wird dann durch besondere Rohrleitungen in Gruben abgeführt. Geeignete Luftklappen schliessen die Betonbehälter vollständig ab.

Zum Schlusse sei noch die *Umformergruppe* erwähnt, die den zur Speisung der verschiedenen Gleichstrommotoren (für Schaltwerk, Hilfskompressor, Kran usw.) erforderlichen Strom erzeugt. Diese Gruppe weist eine Leistung von 30 kW auf und besteht aus einem Dreiphasen-Asynchron-Motor von 50 PS bei 210 Volt und 1500 Uml/min, der mittels direkter Kupplung eine

Gleichstrom-Nebenschluss-Dynamo von 120 Volt, 250 Amp. antreibt. Zwecks Ladung einer Akkumulatoren-Batterie, als Reserve, wurde die Dynamo derart bemessen,

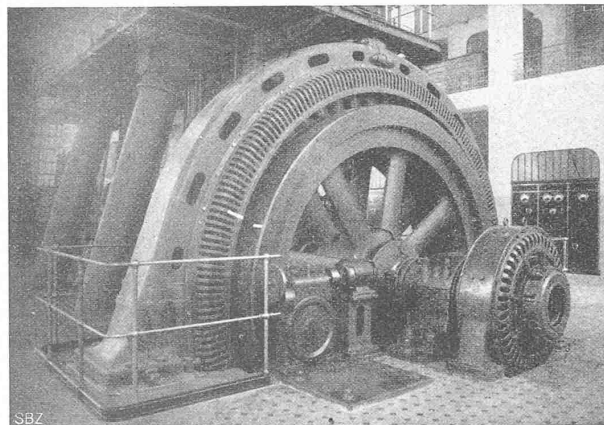


Abb. 9. Ansicht des Drehstrom-Schwunrad-Generators.

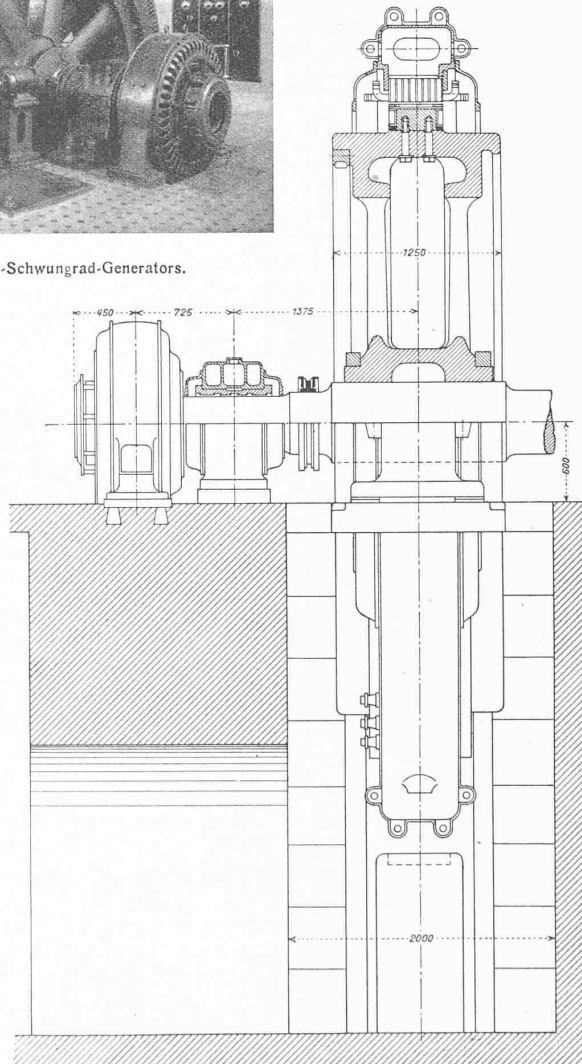


Abb. 10. Schnitt durch den Drehstrom-Generator von 2200 kVA, 125 Uml/min.

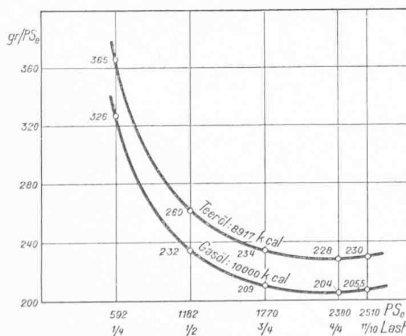


Abb. 11. Brennstoff-Verbrauch des Dieselmotors.

Dieselanlage verlegt werden, sodass die vom Dieselgenerator erzeugte Energie in der Zentrale selbst auf die verschiedenen abgehenden Leitungen mit 3700 und 25000 V verteilt werden wird. In dem gegen den Maschinensaal zu abgeschlossenen Schalthaus sind die Transformatoren

dass ihre Spannung bis 180 Volt erhöht werden kann, wobei die Stromstärke noch 125 Amp. beträgt. Die von der Akkumulatorenfabrik Oerlikon gelieferte Batterie besteht aus 68 Elementen und besitzt eine Kapazität von 531 Ah (266 A Entladestrom); ihre Ladung und Entladung erfolgt durch einen automatischen Zellschalter für Fernbetätigung. Für den Stationsdienst wurde ferner ein Transformator für 100 kVA, 3700/210 bis 125 Volt samt zugehörigen Primär- und Sekundärapparaten aufgestellt. Sämtliche Apparate und Instrumente, sowie Motoren und Transformatoren wurden ebenfalls von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden geliefert.

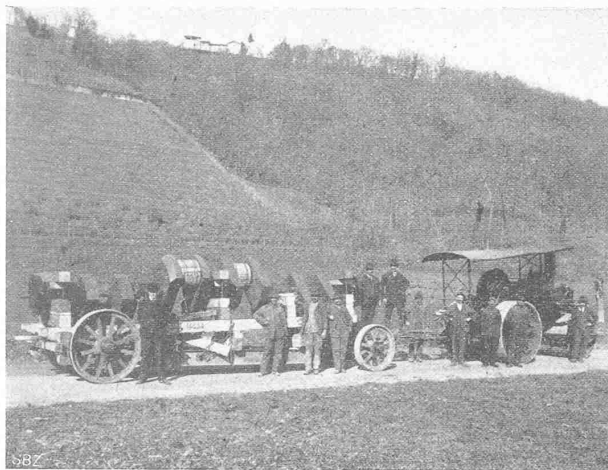


Abb. 12. Transport der Welle vom Bahnhof bis zum Kraftwerk.

Abbildung 12 zeigt noch das eigenartige Traktionsmittel, das zum Transport der verschiedenen schweren Stücke auf dem 3 km messenden Wegstück vom Bahnhof zum Bauplatz verwendet wurde und das schwer aufzutreibende Pferdmaterial vorzüglich ersetzte.

### Baubudget der Schweiz. Bundesbahnen für 1920.

Uebungsgemäss geben wir nachstehend aus dem soeben erhaltenen Voranschlag der Schweiz. Bundesbahnen für das Jahr 1920 eine Zusammenstellung der sich auf den Bau neuer Linien, sowie auf Neu- und Ergänzungsbauten an den im Betrieb stehenden Linien beziehenden wichtigsten Ausgabeposten.

#### Bau neuer Linien:

Simplon-Tunnel II . . . . .	3 850 000 Fr.
Genfer Verbindungsbahn . . . . .	870 000 "
Surbtalbahn . . . . .	20 000 "

#### Neu- und Ergänzungsbauten an fertigen Linien:

Einführung der elektr. Zugförderung	5 060 300 "
Kreis I . . . . .	4 399 600 "
Kreis II . . . . .	7 385 800 "
Kreis III . . . . .	6 312 800 "
Kreis IV . . . . .	1 511 900 "
Kreis V . . . . .	7 269 300 "

Rollmaterial . . . . .	38 047 000 "
Mobiliar und Gerätschaften . . . . .	397 700 "
Hilfsbetriebe . . . . .	1 323 000 "

121 990 100 Fr.

Gegenüber dem Voranschlag für das Jahr 1919, der sich auf 78 723 400 Fr. belief, weist somit der vorliegende eine Mehrausgabe von 43 266 700 Fr. auf. In der angegebenen Gesamtsumme ist der die Betriebsrechnung belastende Anteil von 52 382 240 Fr. (1919: 30 549 000 Fr.) nicht inbegriffen.

Die ohne das Rollmaterial rund 51 Millionen betragende Ausgaben-Summe für die Elektrifizierung enthält die folgenden grösseren Beträge: Kraftwerk Amsteg 12 000 000 Fr., Kraftwerk Rütom 3 500 000 Fr., Kraftwerk Barberine 5 000 000 Fr., Kraftwerk Ruppertswil 4 000 000 Fr., Unterwerke Göschenen, Giornico und Giubiasco für die Strecke Erstfeld-Bellinzona zusammen 1 500 000 Fr., Unterwerk

Melide für die Strecke Bellinzona-Chiasso 1 000 000 Fr., Unterwerk Steinen für die Strecke Erstfeld-Luzern 1 800 000 Fr., Unterwerk Thalwil für die Strecke Luzern-Zürich 900 000 Fr.; ferner für Kabel- und Freileitungen auf den vier genannten Strecken 5 600 000 Fr., 800 000 Fr., 1 400 000 Fr. und 200 000 Fr., und für die Fahrleitung 4 000 000 Fr., 1 800 000 Fr., 2 700 000 Fr. und 2 000 000 Fr. Für die Vorbereitung der Elektrifikation auf der Strecke Sitten-Lausanne sind 500 000 Fr. eingesetzt, ferner an den Bau der Reparatur-Werkstätte in Bellinzona 700 000 Fr. und für die Ausrüstung der Depotalanlagen Erstfeld, Biasca und Bellinzona für den elektrischen Betrieb 375 000 Fr. An Konzessionsgebühren für neu zu erwerbende Wasserkräfte sind 200 000 Fr. vorgesehen und eine gleichhohe Summe als Restzahlung an die Maschinenfabrik Oerlikon für den Erwerb des Bauprojektes zum Etzelwerk.

Aus den für die fünf Kreise aufgeführten Bauausgaben seien die folgenden wichtigeren Posten (mit über 200 000 Fr. zu Lasten der Baurechnung) erwähnt: Im Kreis I für die zweite Geleise Sviriez-Romont 1 140 000 Fr. und Daillens-Epandes 900 000 Fr., für das Zufahrtsgeleise von Renens bis zum Gelände des zukünftigen neuen Güterbahnhofs im Flontal in Lausanne 580 000 Fr.; im Kreis II für die zweite Geleise der Basler Verbindungsbahn 300 000 Fr., Zwingen-Liesberg 370 000 Fr., Rothenburg-Emmenbrücke 370 000 Fr., Kiesen-Thun 260 000 Fr., für den neuen Basler Rangierbahnhof auf dem Muttenzerfeld 400 000 Fr., für den Zentralbahnhof Thun 1 500 000 Fr., für die Erweiterung des Hauptbahnhofs Solothurn 250 000 Fr., für jene der Bahnhöfe Biel und Delsberg 2 300 000 Fr. bzw. 370 000 Fr.; im Kreis III für das zweite Geleise Thalwil-Richterswil 1 500 000 Fr., für die Erweiterung des Bahnhofs Altstetten 205 000 Fr., für jene der Stationen Schlieren (einschl. einer neuen Strassen-Ueberführung) 728 000 Fr. und Pfäffikon (Schwyz) 229 000 Fr.; im Kreis IV für das zweite Geleise Rorschach-St. Margrethen 600 000 Fr., im Kreis V für das zweite Geleise Giubiasco-Lugano-Maroggia 1 280 000 Fr., für die Erweiterung des Aufnahmegebäudes in Luzern 450 000 Fr., für den Umbau der Bahnhöfe Bellinzona und Chiasso 1 150 000 Fr., bzw. 800 000 Fr. und für die Verstärkung und den Ersatz eiserner Brücken auf der Strecke Erstfeld-Bellinzona 1 273 000 Fr.

Was das Rollmaterial anbetrifft, so enthält die angegebene Gesamtsumme von 38 047 000 Fr., in der die Vergütung für auszurangierendes Material mit 2 110 000 Fr. berücksichtigt ist, den Restbetrag für die 20 im Jahre 1918 und für die 30 im Jahre 1919 bestellten elektrischen Streckenlokomotiven mit zusammen 21 182 000 Fr., ferner Teilbeträge für die im Jahre 1920 zu bestellenden 30 Streckenlokomotiven mit 6 050 000 Fr., für vier Rangierlokomotiven mit 400 000 Fr. und für drei Probe-Motorwagen mit 220 000 Fr., sodann 8 017 000 Fr., bzw. 3 368 000 Fr. als Teilzahlungen für 900 Güterwagen, bzw. 110 Personenwagen und schliesslich 800 000 Fr. für 10 Heizwagen. Als Lokomotivtypen für die Neubestellungen kommen solche der Bauarten 1B + B1 und 1C + C1 für die Gotthardstrecken und 1C1 für die Strecken mit geringeren Steigungen (Zürich-Goldau, Bern-Thun) in Betracht. Die Rangierlokomotiven sollen mit drei oder vier Triebachsen ausgeführt werden. Die Anschaffung von Dampflokomotiven ist nicht vorgesehen, da deren gegenwärtige Bestand mit Rücksicht auf die rasch fortschreitende Elektrifizierung auch für einen erheblich stärkern Verkehr genügt. Es ist vielmehr eine vermehrte Ausrangierung alter Lokomotiven in Aussicht genommen. Auf Ende 1921 werden voraussichtlich 111 elektrische Lokomotiven vorhanden sein, nämlich 95 Streckenlokomotiven, vier Rangierlokomotiven und zwölf Akkumulatorenfahrzeuge. Der Bestand an Dampflokomotiven, auf Ende 1920, wird sich (ohne Brünigbahn) auf 1065 Stück stellen (Ende 1918: 1107), jener an Personenwagen auf 3368 (3338) Stück, an Güterwagen auf 18 764 (17 751) Stück.

Verhältnismässig hoch sind die Aufwendungen für Hilfsbetriebe mit 1 323 000 Fr. gegenüber 291 700 Fr. im Baubudget für 1919. Diese Erhöhung ist neben der Steigerung der Löhne in der Hauptsache darauf zurückzuführen, dass mit der Verbesserung und Vergrösserung der Werkstättebauten bis anhin möglichst zurückgehalten wurde und deshalb jetzt vieles nachgeholt werden muss. Für den Um- und Ausbau der Werkstätte Olten sind 220 000 Fr., für die Erweiterung der Werkstätte Zürich zur Reparatur elektrischer Lokomotiven ein Teilbetrag von 200 000 Fr., für die Anschaffung moderner Werkzeugmaschinen 200 000 Fr. vorgesehen.