

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	83/84 (1924)
<b>Heft:</b>	21
<b>Artikel:</b>	Das Lungernsee-Kraftwerk der Centralschweizerischen Kraftwerke, Luzern
<b>Autor:</b>	Gelpke, Viktor
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-82908">https://doi.org/10.5169/seals-82908</a>

### 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:** 23.02.2026

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

INHALT: Das Lungernsee-Kraftwerk der Centralschweizer. Kraftwerke, Luzern. — Skizzen von der internationalen Städtebauung Amsterdam 1924. — Pfeilersetzungen an der Waterloobrücke in London. — Miscellanea: Commission Internationale de l'Eclairage. IX. Schweizerische Ausstellung für Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Gartenbau, Bern 1925. Neue Hafenanlagen in Köln. Schneller Baufortschritt an einem 32 stöckigen

Geschäftshaus in Chicago. Eine Untergrundbahn in Amsterdam. — Konkurrenzen: Verwaltungsgebäude und Platzgestaltung auf der Kirchenzeln, Neuhausen. Lory-Spital in Bern. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Biündnerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Sektion Bern des S.I.A. S.T.S.

Band 84. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 21.



Abb. 3. Rohrleitung und Maschinenhaus des Lungernsee-Kraftwerks, oberhalb Giswil.

### Das Lungernsee-Kraftwerk der Centralschweizerischen Kraftwerke, Luzern. Von Viktor Gelpke, beratender Ingenieur, Luzern.

#### I. Wasserbaulicher Teil.<sup>1)</sup>

Der Ausbau des Werkes seitens der Centralschweizerischen Kraftwerke erfolgt etappenweise, ebenso der Wiederaufstau des Lungernsees (vergl. Uebersichtskarte Abb. 1) auf seine ursprüngliche, bis zum Jahre 1836 innegehabte Höhe.<sup>2)</sup> Vorläufig ist eine Stauung um 16 m, d. h. bis Kote 672 mit 17 Mill. m<sup>3</sup> nutzbarem Stauraum vorgesehen. Später soll der Stau bis Kote 696 erhöht werden, worauf ein Stauraum von 60 Mill. m<sup>3</sup> zur Verfügung stehen wird. Entsprechend der Vergrösserung des Stauraumes werden nacheinander die benachbarten Gewässer wie Kleine Melch-Aa, Giswilerbäche, Grosse Melch-Aa usw. dem Stausee zugeleitet werden. Auf diese Weise wird das dem Kraftwerk zur Verfügung stehende Einzugsgebiet allmählich von 37 km<sup>2</sup> auf das Drei- bis Vierfache anwachsen.

Vom Stausee gelangt das Wasser unter Benutzung des im Jahre 1836 von der Gemeinde Lungern erstellten und nunmehr für das Kraftwerk erweiterten Stollens (siehe Längenprofil Abb. 2) und in dessen Verlängerung durch eine Rohrleitung in Eisenbeton nach dem Wasserschloss, bezw. der Apparatenkammer und von da mittels zwei eisernen Rohrleitungen über das Steilgefälle hinunter zur Zentrale in Unter-Aa (Abb. 3). Diese liegt mit Maschinenboden auf Kote 492,30. Das Gefälle schwankt je nach dem Wasserstand des Sees zwischen 160 und 200 m. Von den Turbinen-Ausläufen gelangt das ausgenützte Wasser durch einen kurzen Unterwasserkanal wieder in den alten Flusslauf zurück. Mit diesen Anlagen können im Maximum 10 bis 12 m<sup>3</sup>/sek ausgenutzt werden.

Die Wasserfassung im See ist sehr einfach gehalten. Der Einlauf in den Stollen ist mit einem Feinrechen von

<sup>1)</sup> Die Beschreibung des wasserbaulichen Teils ist ergänzt durch Mitteilungen der Centralschweizer. Kraftwerke in Luzern. Red.

<sup>2)</sup> Einen interessanten, zusammenfassenden Bericht über die Arbeiten für die seinerzeitige Absenkung enthält ein in der «Schweizer. Techniker-Zeitung» vom 29. Juni 1922 wiedergegebener Vortrag von Oberingenieur A. Moll in Olten.

3 m Breite und 10 m Höhe versehen. Etwa 20 m stolleneinwärts im gesunden Fels ist ein senkrechter Schacht von 2 m Lichtweite ausgesprengt und ausgemauert, in dem die Abschluss-Vorrichtungen untergebracht sind. Diese bestehen aus zwei nebeneinander liegenden Gleitschützen von je 0,8 × 1,5 m lichtem Querschnitt und werden vom hochgelegenen Flur des Schachtes aus mittels eines Windwerks von Hand bedient. Normalerweise sind diese Schützen geöffnet und die Regulierung des Wasserzuflusses erfolgt wie gewohnt durch die Turbinen-Leiträder in der Zentrale.

*Der Druckstollen.* Der 400 m lange Druckstollen, so wie er vom Jahre 1836 vorhanden ist, zeigt in Profil und Richtungsverhältnissen ziemliche Unregelmässigkeiten. Der obere, dem See zuliegende Teil verläuft in gesundem, hartem Felsen (Kieselkalk) und besitzt rund 4 m<sup>2</sup> Querschnitt; er ist mit einem rohen Zement-Ueberzug (Torkretierung mittels Zement-Kanone) versehen worden. Der untere Teil liegt dagegen in schlechterem Kalk-

und Mergelfelsen und musste daher mit einem zum Teil armierten Betonring ausgekleidet werden. Dieser Teil hat kreisrundes Profil von 2 m Lichtweite. An den Stollen schliesst sich ein 180 m langes armiertes *Beton-Druckrohr* von ebenfalls 2 m Lichtweite an (Abb. 4 und 5). Das an Ort und Stelle gegossene Rohr hat 22 cm Wandstärke und besitzt eine innere und eine äussere Spiralarmierung, sowie



Abb. 1. Uebersichtsplan des Lungernsee-Kraftwerks. — Masstab 1:50000  
Mit Bewilligung der Schweizer. Landestopographie vom 30. Sept. 1921. 1924

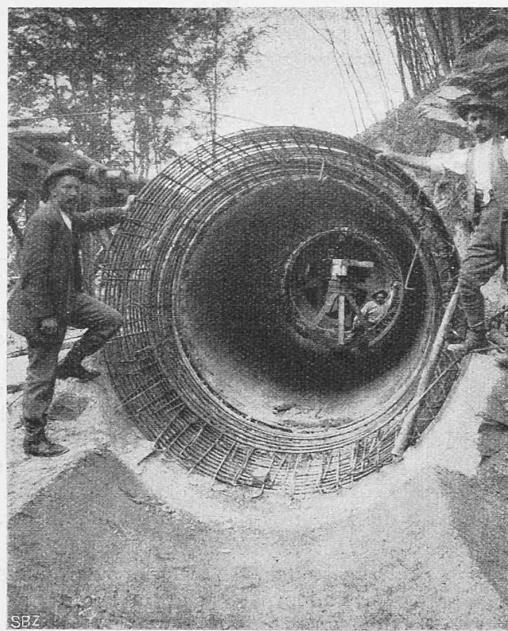


Abb. 4. Das Eisenbeton-Druckrohr während des Baues.



Abb. 5. Das fertige Eisenbeton-Druckrohr, noch unüberdeckt.

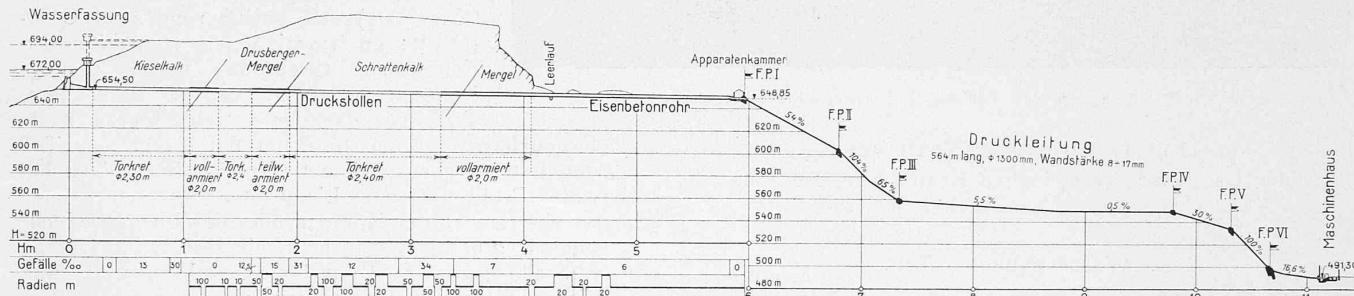


Abb. 2. Längsprofil von Druckstollen und Druckleitung des Lungernsee-Kraftwerkes. — Massstab der Längen und Höhen 1 : 6000.

eine entsprechende Längsarmierung (Abb. 4). Es ruht auf einer schalenförmigen Unterlage aus Magerbeton, die zugleich als Lehre für das eigentliche Betonrohr diente. Weder innen noch aussen weist es einen Verputz auf. Nach Fertigstellung wurde das Beton-Druckrohr wieder zugedeckt. Druckstollen und Betonrohr wurden einem Probendruck von 6 at Innendruck unterworfen, wobei sich keine Undichtheiten zeigten.

**Grundablass.** Zwischen Stollen und Betonrohr ist in diesem ein seitliches Abzweigrohr angeschlossen, das in das Flussbett mündet und mit einer Drosselklappe verschlossen ist. Ausser zur Entleerung des Stollens für dessen Revision wird diese Vorrichtung benutzt, wenn bei gefülltem See die Wasserzuflüsse durch die Turbinen nicht ausgenützt werden können, sondern anderwärts abgeführt werden müssen.

**Das Wasserschloss.** Das erst später ausgeführte, im Längenprofil noch nicht eingezeichnete Wasserschloss umfasst eine untere und eine obere Wasserkammer, sowie als Verbindungstück ein schräges Steigrohr. Die untere Kammer von 500 m<sup>3</sup> Inhalt ist zylindrisch mit 3,25 m lichter Weite, das Steigrohr hat 2,00 m Durchmesser und die obere Kammer ist rechteckig. Die ganze Konstruktion wird in armiertem Beton ausgeführt.

**Apparatenkammer.** Das armierte Betonrohr gabelt sich an seinem untern Ende in zwei Stutzen von je 1,20 m Lichtweite, an die die beiden eisernen Rohrleitungen anschliessen. Ueber dieser Gabelung ist die sogenannte Apparatenkammer erstellt. Sie enthält für jeden Rohrstrang eine automatische Sicherheits-Abschlussklappe, die selbsttätig die Rohrleitung abschliesst, sobald ein Rohrbruch entstehen sollte. Die Klappe kann auch von der Zentrale aus durch Fernauslösung betätigt, bezw. geschlossen werden.

**Druckleitung.** Die eiserne Druckleitung besteht aus zwei Rohrsträngen von 540 bzw. 560 m Länge. Sie ist aus möglichst langen, geraden Strecken zusammengesetzt, im Grundriss weist sie nur bei der Apparatenkammer und beim Anschluss an die Verteilleitung eine Richtungsänderung auf. Sie ist an sechs Fixpunkten verankert (vergl. Längsprofil Abb. 2, sowie Abb. 3). In jeder Rohrstrecke ist zwischen zwei Fixpunkten, zum Ausgleich von Längenunterschieden infolge von Temperaturschwankungen, je eine Expansion eingebaut, insgesamt also fünf. Für die vier Rohrstrecken I bis III und IV bis VI sind diese Expansionen jeweilen am obern Ende, d. h. unmittelbar unterhalb der Fixpunkte I, II, IV und V angeordnet worden, wogegen für die dritte, wenig geneigte Rohrstrecke ein Einbau ungefähr in der Mitte zwischen den beiden Fixpunkten III und IV als am günstigsten erschien. Die Zwischenlagerung der Rohrleitung erfolgte auf Betonsockeln, die etwa 7,5 m voneinander abstehen. Der Durchmesser der Rohrleitung des ersten Ausbaus beträgt 1220 mm; für die zweite Leitung wurde ein solcher von 1300 mm gewählt. Als Material ist Feuerblech von einer Zerreissfestigkeit von 35 bis 41 kg/mm<sup>2</sup> und einer Dehnung von 25 bis 22 % verwendet worden. Die Wandstärke der Röhre nimmt von oben nach unten von 7 auf 18 mm zu. Der Hauptsache nach ist die Rohrleitung überlappt genietet, und nur von Fixpunkt V bis zum Anschluss an die Verteilleitungen besitzt sie autogen geschweißte Längs- und Rundnähte. Als Zugbeanspruchung ist 900 kg/cm<sup>2</sup> für normalen Betriebsdruck in der Nietnaht zugelassen worden; nach Fertigstellung wurden die Röhre einem Probendruck gleich dem 1 1/2-fachen Betriebsdruck unterworfen. Flanschenverbindungen kehren nur beim Anschluss an die bei den Fixpunkten

DAS LUNGERNSEE-KRAFTWERK  
DER  
CENTRAL SCHWEIZER. KRAFTWERKE  
LUZERN

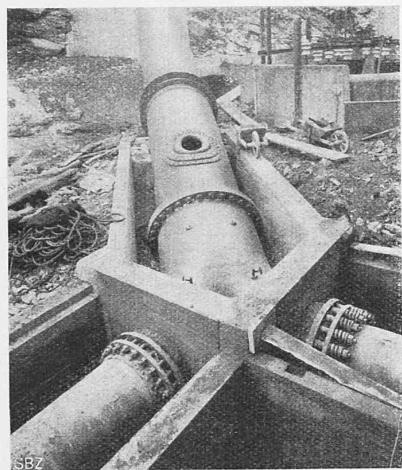


Abb. 6. Hosenrohr der ersten Druckleitung.

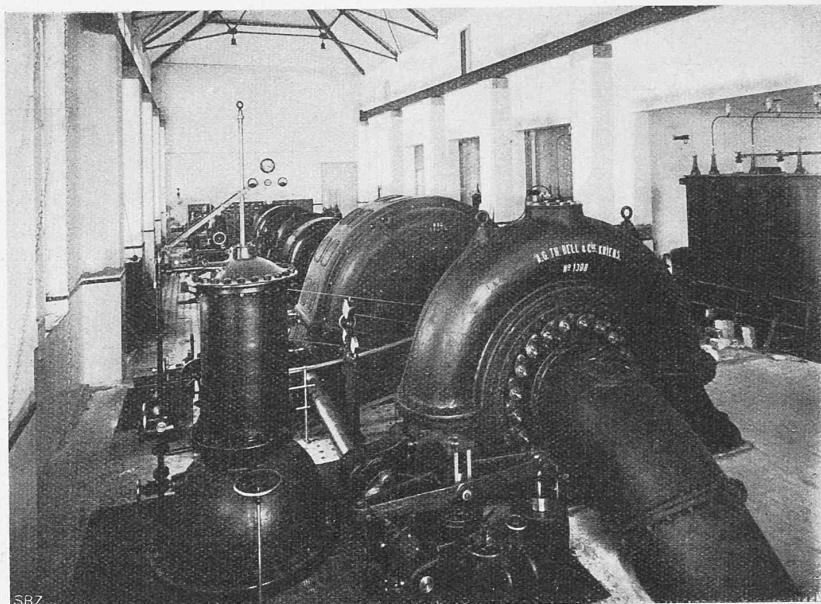


Abb. 11. Blick in den Maschinensaal; im Vordergrund die 12000 PS-Turbine.

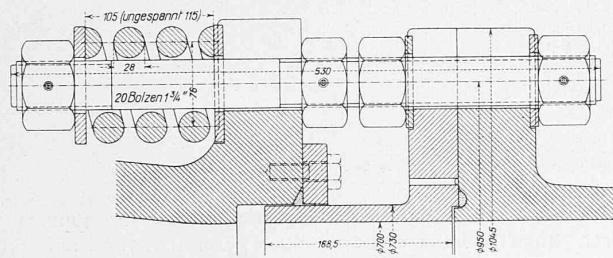


Abb. 7. Federmuffe beim Anschluss der Leitungen der Turbinen I und II an das Hosenrohr. — Längsschnitt, Maßstab 1 : 6.

verankerten Rohrkrümmer, an die Expansionen und an die Verteilleitung wieder. Die gewählten Flanschenprofile sind analog denjenigen für die Rohrleitung des Elektrizitätswerkes Luzern-Engelberg („S. B. Z.“, Bd. 48, 1905, S. 31, Abb. 33; in Abb. 35 sind ferner die Doppelkeilringe abgebildet, die jeweilen ober- und unterhalb der Krümmerefixpunkte zum Ausgleich von Richtungsabweichungen angewendet wurden). Die Rohrleitung ist von den Firmen Th. Bell & Cie. und Gebr. Sulzer ausgeführt worden, die Montage besorgte die erstgenannte Firma allein.

Das untere Ende der ersten Rohrleitung gabelt sich in zwei Stutzen von 700 mm l. W. (Abb. 6 u. 8), an die die zu den Turbinen führenden Verteilleitungen anschliessen. In diese Verteilleitungen sind an geeigneten Stellen, wiederum zur Unschädlichmachung von Längenänderungen infolge Temperaturdifferenzen, sogenannte Federmuffen mit abgefederten Unterlagscheiben eingebaut (Abb. 7). Verglichen mit einer Expansion besitzt eine solche Federmuffe den Vorteil, dass sie bei genügender Elastizität die auf Verschiebung der Rohrleitung wirkenden, vom Innendruck herrührenden Kräfte von einem Rohrstück auf das andere überträgt. Im vorliegenden Falle wird auf diese Weise der Fixpunkt VI genötigt, den grössten Teil des Wasserdruktes aufzunehmen, der auf dem Rohrstumpfe vom Punkte VI an abwärts lastet, wodurch die Anlage eines weiteren Fixpunktes für das Rohrende umgangen wird. In die Verteilleitung, die zur Turbine I führt, sind zwei derartige Federmuffen, in diejenige zur Turbine II eine eingebaut; außerdem sind in den Verteilleitungen zum Ausgleich von Montage- und Konstruktionsfehlern an geeigneten Stellen noch Pass- und Doppelkeilringe angeordnet. — Die zweite, nachträglich erstellte Rohrleitung dient ausschliesslich zur Speisung der Turbine III, besitzt somit in ihrem untern Teile keine Gabelung.

*Das Maschinenshaus ist einstöckig und gliedert sich in den Maschinensaal (Abb. 8 bis 11), die Schaltanlage und die Werkstätte mit Nebenräumen. Diese drei Haupträume liegen alle auf gleicher Höhe, d. h. zu ebener Erde, sodass für das Betriebspersonal das umständliche Treppensteigen wegfällt. Unmittelbar neben dem Maschinenshaus, und mit diesem durch einen gedeckten Gang verbunden, liegt das Wohnhaus. Es enthält zwei Wohnungen für das Personal, sowie im Parterre verschiedene Magazinräume.*

Der Maschinensaal enthält drei Maschinen-Aggregate, die nach der Längsrichtung des Gebäudes orientiert sind (Abb. 8 und 11). Die mit dem Generator direkt gekuppelten Turbinen sind horizontalaxige Francis-Spiralturbinen mit aussenliegender Regulierung und fliegend angeordnetem Laufrad. Zwei davon sind für eine normale Leistung von 4000 PS gebaut bei dem mittleren Gefälle von 167 m und 750 Uml/min und die dritte für normal 12000 PS bei 500 Uml/min, sodass also insgesamt 20000 PS installiert sind. Da die Turbinen und Regler, die von der Firma Th. Bell & Cie. in Kriens geliefert worden sind, wesentliche Neuerungen aufweisen, soll im II. Teil ausführlicher darüber berichtet und daran anschliessend die Ergebnisse von Versuchen mitgeteilt werden, die im Juli 1922 und Juni 1923 vom Verfasser durchgeführt wurden, und die Aufschluss über die Leistungs- und Regulierfähigkeit geben.

Die Generatoren erzeugen Dreiphasen-Wechselstrom von 5000 Volt Spannung, die in Oeltransformatoren auf 50000 Volt hinauftransformiert und mit dieser Spannung über die 32 km lange Fernleitung nach Rathausen geführt wird. Die Oeltransformatoren sind auf der Westseite des Maschinensaales in offenen Nischen aufgestellt, sodass sie bequem in den Maschinensaal hinausgerollt und vom Laufkran (30 t Tragkraft) erfasst werden können. Auch die Schaltanlage ist vom Maschinensaal aus leicht zugänglich und mit den modernsten Einrichtungen versehen. Sowohl die Generatoren als auch die Transformatoren und die elektrischen Apparate auf der Niederspannungsseite wurden von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden geliefert, während die Hochspannungs-Apparate von der Firma Sprecher & Schuh in Aarau stammen. Projektierung und Montage der Schaltanlage besorgte die A.-G. Motor in Baden.

Erwähnenswert ist noch die ausserordentlich kurze Bauzeit, in der die Anlage erstellt wurde. Nachdem im Januar 1921 der Vertrag zwischen der Kantonsregierung und den Central schweizerischen Kraftwerken betreffend den stufenweisen Ausbau zustande gekommen war, erfolgte Ende des gleichen Monats die Uebertragung der Bauleitung

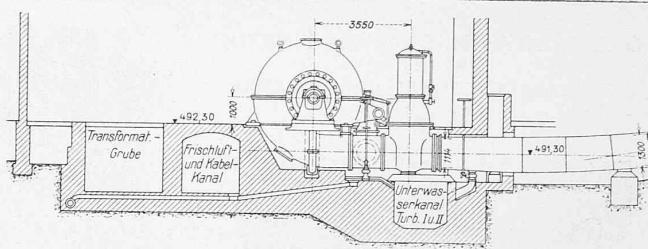
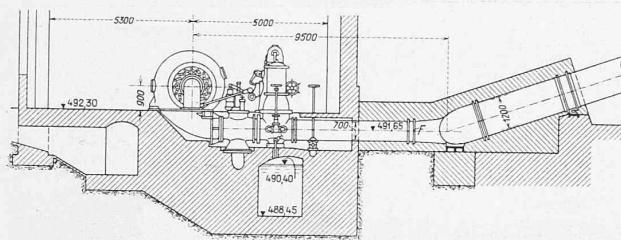


Abb. 9 und 10. Querschnitte durch das Maschinenhaus; links eine der beiden 4000 PS-Turbinen, rechts die 12000 PS-Turbine. — Maßstab 1 : 250.

an die A.-G. Motor. Die Herstellung der endgültigen Pläne wurde so befördert, dass schon Ende März mit den Arbeiten an der Wasserrassung und Mitte April mit den Erweiterungsarbeiten im Stollen begonnen werden konnte. Mitte Mai wurde sodann der Unterbau der Druckleitung, Anfang Juni das Maschinenhaus in Angriff genommen. Mit dem Legen der Druckleitung konnte Ende Juli, mit der Montage der Maschinen und der Schalt-Anlage Anfang Oktober begonnen werden. In den ersten Dezembertagen 1921 war das Werk bereits in der Lage, mit einer Maschinengruppe Energie abzugeben. Die zweite Turbine folgte Mitte Dezember.

## II. Die hydraulische Maschinenanlage.

### *Die Turbinen.*

Die beiden Turbinen des ersten Ausbaus sind Hochdruck-Francisturbinen für eine Leistung von 4000 bis 5000 PS bei 165 bis 190 m Gefälle und 750 Uml/min. Zwischen Verteilleitung und Turbinen sind nacheinander eingeschaltet der Hauptabsperrschieber (Bauart v. Roll) mit Steuerung, Umleitung und Entleerungsschieber, und der Druckregler (in Abbildung 13 im Schnitt gezeichnet). Eine vor der Hauptabsperrung angeordnete Dreilaufleitung mit Schieberverschluss gestattet die Entleerung der Haupt- und Verteilleitung ins Unterwasser.

Die Abbildungen 13 und 14 lassen die Konstruktion dieser von der Maschinenfabrik vorm. Th. Bell & Cie. in Kriens (Luzern) gelieferten Turbinen erkennen. Das aus Bronze gefertigte, durch geeignete Konstruktion leicht auswechselbar gemachte Laufrad ist fliegend auf seiner Welle aufgesetzt und in ein gusseisernes Spiralgehäuse eingebaut, das durch Krümmer und Saugrohr ins Unterwasser ausgesetzt. Die Stirnwände der Spirale sind durch eingegossene, mit Bunden versehene Bolzen gegen innern Ueberdruck zusammengehalten. Diese Bolzen besitzen linsenförmigen Querschnitt, um die Strömung des Wassers nicht zu hindern. Der Leitapparat umfasst 16 Schaufeln, die in üblicher Weise durch Kurbeln und Bronze-Lenker von einem auf zwei Kugelreihen laufenden Reglerring aus angetrieben werden. Die Lenker besitzen gebogene Form, um als Sicherung zu dienen für den Fall, dass sich ein Fremdkörper zwischen zwei Leitschaufeln einklemmen sollte; der Lenker staucht sich dann und bewahrt die Leitschaufel vor dem Bruche. Die dem strömenden Wasser zugekehrten Seiten der Leittringe sind zur Unschädlichmachung der Abnutzung mit auswechselbaren Stahlringen armiert; in gleicher Weise sind sämtliche Dichtungsfugen des Laufrades

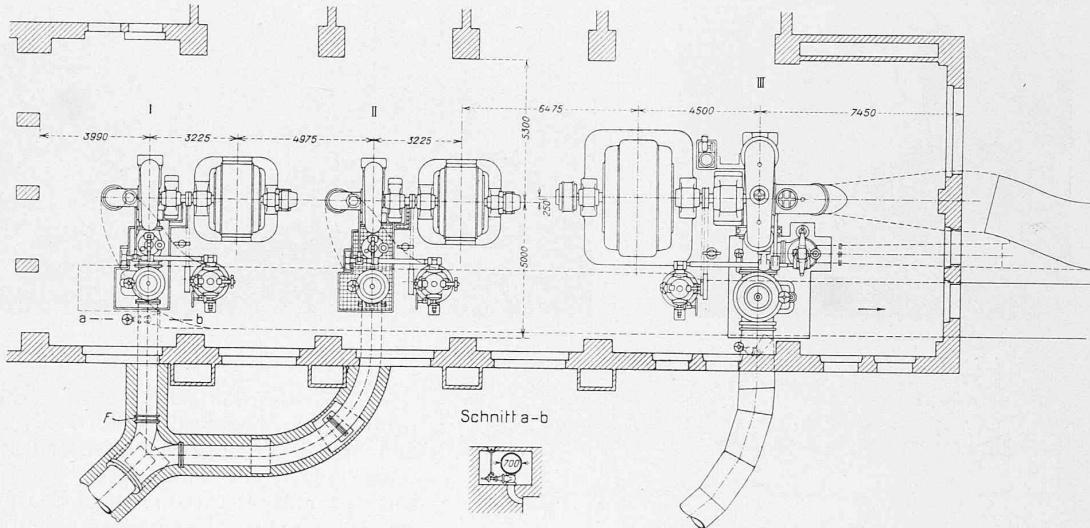


Abb. 8. Grundriss des Maschinenhauses des Lungernsee-Kraftwerkes, nach dem zweiten Ausbau. — Maßstab 1 : 250.

beziehungsweise die zugehörigen Bohrungen des Leitapparates durch auswechselbare Stahlringe geschützt, die auf den Sitz gepresst und auf ihn festgeschraubt sind. Die Durchmesser der Dichtungsfugen sind so gewählt, dass die Drücke beidseitig des Laufrads sich das Gleichgewicht halten. Zur Sicherheit sind beide Räume noch durch ein Ausgleichsrohr verbunden, das verhindert, dass bei ungleicher Abnutzung der Ringspalten eine Druckdifferenz entstehen kann. Zur Verminderung des Axialschubes ist ferner auf der, dem Krümmer entgegengesetzten Seite der Raum zwischen Laufrad und Gehäuse durch ein Ableitungsrohr mit dem Saugrohr verbunden; eine Drosselklappe gestattet die Veränderung des Querschnitts dieses Rohres. Der nicht ausgeglichene Teil des Axialdruckes wird vom Drucklager abgefangen, das so gebaut ist, dass in Richtung des Ablaufes der Druck stets etwas überwiegt. Das einzige Turbinenlager ist gleichzeitig als Trag- und Drucklager ausgebildet. Seine Konstruktion ist weiter unten beschrieben.

Die beim zweiten Ausbau der Zentrale aufgestellte, Anfang dieses Jahres in Betrieb genommene dritte Turbine ist vertraglich für eine Leistung von 13250 PS normal und 15000 PS maximal gebaut. Ihre Konstruktion ist die gleiche, wie die vorgehend beschriebene.

*Das Drucklager* (Pat. Nr. 78832). Das bereits erwähnte Druck- und Spurlager, dessen Bauart in den Abbildungen 12 und 15 gezeigt ist, stellt eine wichtige Neuerung dar. Der aus bestem Stahl hergestellte Spurring gleitet auf zwölf Tragsegmenten, die mit Weissmetall überzogen und an der Oberfläche sorgfältig geschlichtet sind. Diese Segmente ruhen auf einem System von Kugeln, die in einer Nut der Lagerschale doppelreihig so angeordnet sind, dass sie eine elastische, d. h. den Druckverhältnissen sich anpassende und doch tragfähige Unterlage für die Segmente bilden. Sobald nämlich eines der Segmente hinsichtlich Flächendruck stärker wie ein benachbartes beansprucht sein sollte, weicht das stützende Kugelpaar in der Druckrichtung um den entsprechenden minimalen Betrag aus, wodurch die Mehrlast auf alle Segmente gleichmäßig ver-

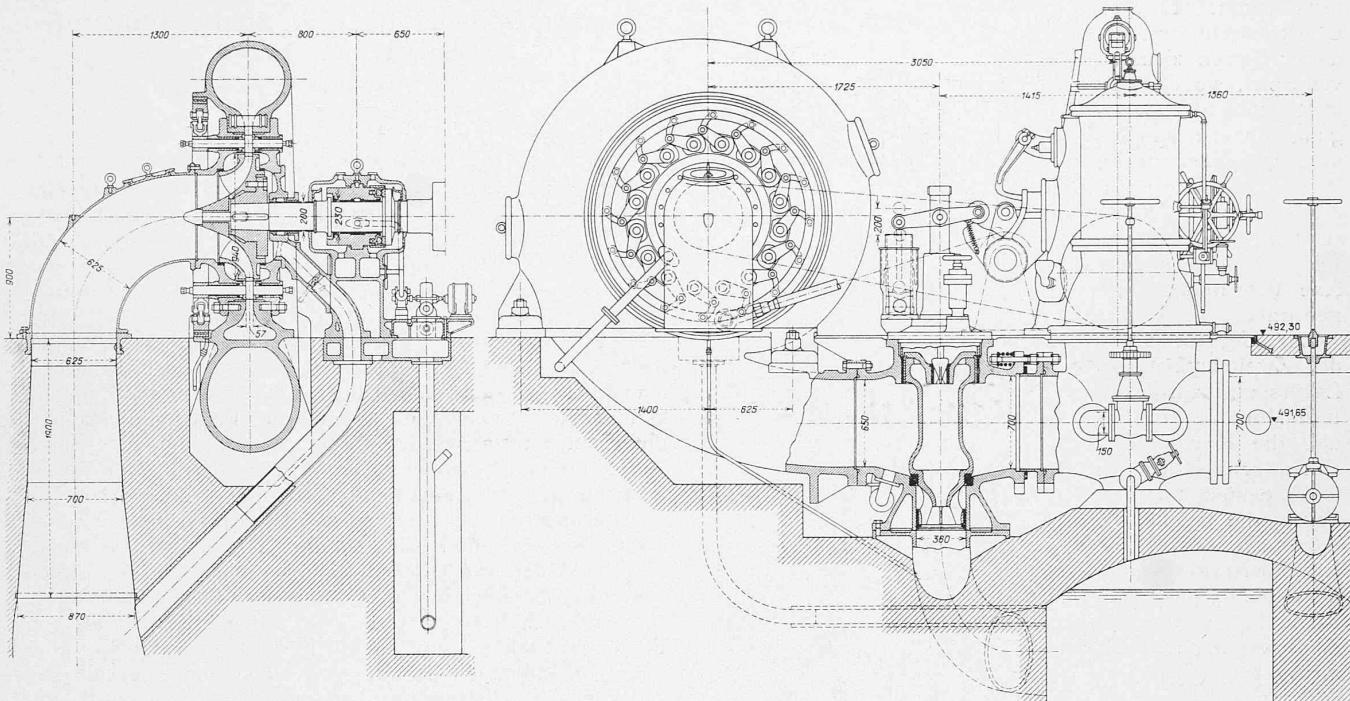


Abb. 12 und 13. Querschnitt und Ansicht einer Turbine des Lungernsee-Werkes; 4000 bis 5000 PS-Leistung bei 165 bis 190 m Gefälle und 750 Uml/min.

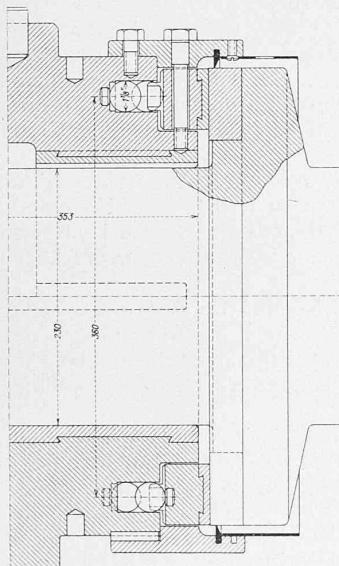


Abb. 14. Schnitt durch das Drucklager am Ende des Traglagers. — 1:6.

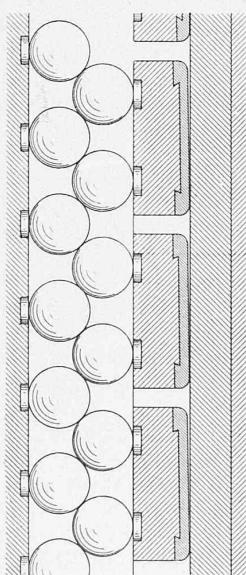


Abb. 15. Schema des Drucklagers (Abwicklung). — 1:6.

teilt wird. Dieser Ausgleich wird dadurch ermöglicht, dass die Kugeln in einem, in sich geschlossenen Doppel-Ring angeordnet sind, der eine Relativverschiebung nur in der Drehrichtung gestattet, dagegen quer zu dieser durch die Nutwandungen, an denen er spielfrei anliegt, am Ausweichen gehindert ist. Die Konstruktion gestattet ferner eine leichte, selbsttätige Schrägstellung jedes einzelnen Segmentes (vergl. Abbildung 15) relativ zum Spurring, was für eine richtige Schmierung dieses Spezial-Spurlagers notwendig ist. Auch kleine Abweichungen in der Herstellung werden, insoweit sich hieraus ungleiche Belastungen für die Tragssegmente ergeben sollten, durch die Kugelreihe in der beschriebenen Weise ausgeglichen.

Zur Schmierung dieses Drucklagers und des Halslagers wird unter geringem Druck stehendes Öl verwendet. Es wird in einer kleinen, gleichzeitig durch Elektromotor und durch eine getrennte kleine Strahlaturbine angetrie-

benen Räderpumpe (siehe Abbildung 12) unter Druck gebracht. Dieses Drucköl muss vor Anlaufen der Hauptturbine bereit stehen und dem Drucklager zugeführt werden, weswegen das Triebwasser für die kleine Turbine auch vor dem Hauptschieber entnommen wird. Von den beiden Antrieben dient der Elektromotor-Antrieb als Reserve für den Fall, dass die kleine Strahlaturbine einmal versagen sollte; so lange diese die Antriebskraft allein aufbringt, läuft der Elektromotor unter Spannung als asynchroner Generator mit, regelt die Drehzahl der Pumpe und ist dabei jederzeit bereit, den Betrieb der Oelpumpe als Motor allein zu übernehmen.

Das Drucköl wird, nachdem es noch in einer im Unterwasser verlegten Rohrschleife gekühlt worden ist, in Lagermitte dem Lager zugeführt. Ein kleiner Teil des Oels wird durch die in Abb. 14 in Achshöhe sichtbaren Nute zur Schmierung des Traglagers zurückgehalten, während der grösste Teil durch die in der obere Lagerschale eingehobten Nute in den innerhalb des Segmentenringes gelegenen Raum gedrückt wird. Von dort durchströmt es radial die Zwischenräume zwischen den Tragsegmenten, wird daselbst vom Spurring erfasst und auf die Laufflächen durch Adbäsion mitgeschleppt, wodurch eine Schmierung über die ganze Spurringbreite erzielt wird. Damit das Öl in ausreichendem Masse auf die Laufflächen gelangt, ist eine gute Abrundung der Eintrittskante des Tragssegmentes notwendig. Ein an den Spurring ziemlich dicht anschließender Dichtungsring verhindert, dass das Öl drucklos wird, sodass in den genannten Räumen ein Druck von geringer Grösse erhalten bleibt, der das Spurlager entlasten hilft und somit auch für das Anlaufenlassen des Systems in günstigem Sinne wirkt. Vor allem hat man aber die Gewähr, dass sämtliche Vorräume mit Öl gefüllt sind, sodass der Oelzufluss zu sämtlichen Fugen des Drucklagers ein gesicherter ist. Das gebrauchte Öl quetscht sich durch die Spalte zwischen Spur- und Stauring, unter Aufzehrung des noch vorhandenen Oeldruckes, gelangt von hier in den Oelbehälter des Lagerkörpers und kehrt, von der Oelpumpe angesaugt, von neuem in den Kreislauf zurück.

Zur bequemen Montage der Kugeln, und damit diese sicher auf die ihnen als Unterlage dienende gehärtete Stahlscheibe (vergl. Abbildung 15), zu liegen kommen, ist jedes Tragsegment durch einen radialen Schraubenbolzen

festgehalten. In der Druckrichtung besitzt dieser Bolzen ziemlich viel Spiel, wogegen er in Richtung der Bewegung nahezu spielfrei im Tragsegment steckt. Dieses ist somit nachgiebig in der Druckrichtung und gleichzeitig drehbar um die Axe des Bolzens angeordnet.

Zur Ueberbrückung der Zweiteiligkeit des Lagers und zur leichteren Montage sind in die, die Kugeln enthaltende Nut, Füllstücke lose eingebettet und gegen die Kugeln so abgestützt, dass die Kraftübertragung von der einen Kugelsystemhälfte zur andern in der Bewegungsrichtung nicht gehemmt wird. Der dadurch zwischen den Tragsegmenten entstandene Raum ist durch Zwischen Segmente ausgefüllt, die ebenfalls von Bolzen gehalten werden, aber natürlich nicht bis an den Spurring heranreichen.

Ein derartig gebautes Spurlager kann sowohl hinsichtlich Tragfähigkeit wie hinsichtlich Produkt aus Flächen-druck und Umlaufgeschwindigkeit erheblich stärker belastet werden, als das gewöhnliche mit einem einzigen Tragring versehene; es fällt denn auch, verglichen mit früheren Konstruktionen, in den Abmessungen klein aus und lässt sich außerdem konstruktiv bequem mit dem Halslager zusammenbauen, wie Abbildung 14 zeigt. Die spezifischen Drücke, die als betriebsicher angenommen werden können, übersteigen das 20fache der für gewöhnliche Drucklager als zulässig erachteten Belastung. Die Geschwindigkeit des Spurringes kann, wie Versuche lehren, bis über 50 m gesteigert werden. Die Betriebs-Oeltemperatur des Lagers betrug im vorliegendem Falle 40°. Ueber die theoretische Untersuchung sowie Versuchsergebnisse mit solchen Lagern verweisen wir auf die „BBC-Mitteilungen“, Jahrgang 1917, Heft 1 bis 4. Die Firma Th. Bell & Cie. hat von der A.G. Brown, Boveri & Cie., der dieses Lager patentamtlich geschützt ist, das Recht der Ausführung erworben, sodann durch eigene umfangreiche Versuche in grossem Maßstabe die Grundlagen zu dessen Verwendbarkeit auch als Wasserturbinen-Drucklager geschaffen.

#### *Der Druckregler.*

Zur Verhinderung einer Druckanschwellung in der Rohrleitung beim raschen Schliessen des Leitapparates der Turbine ist unmittelbar vor jeder Turbine, wie schon erwähnt, ein Druckregler eingebaut. Dessen Wirkungsweise besteht wie bekannt darin, bei einer Entlastung der Turbine die durch Regulierung fast plötzliche abgesperrte Wassermenge durch einen Nebenauslass entweichen zu lassen und diesen dann so langsam zu schliessen, dass eine unzulässige Drucksteigerung in der Rohrleitung verhindert wird. Aus Abbildung 16 ist seine Konstruktion ersichtlich, sowie auch seine Wirkungsweise leicht zu erkennen.

Der Druckregler kann auch als rasch wirkender Leerlauf benutzt werden. Zu diesem Zwecke braucht nur der Raum für gesteuerten Druck durch ein besonderes Ventil mit dem Ablauf in Verbindung gebracht zu werden, wodurch sich der Verschluss öffnet. (Schluss folgt.)

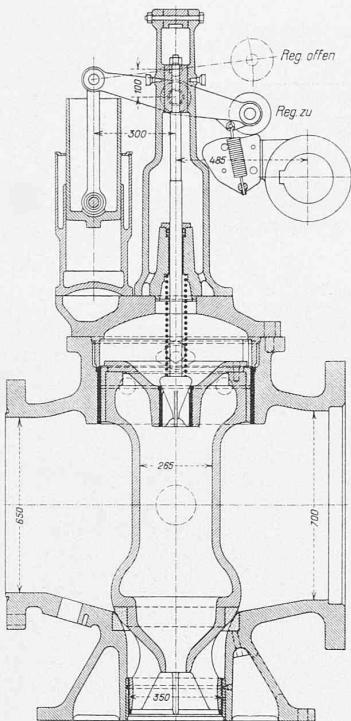


Abb. 16. Schnitt durch den Druckregler, 1 : 25.

#### Skizzen von der internat. Städtebautagung Amsterdam 1924.

Von Hans Bernoulli, Basel.

(Fortsetzung von Seite 241.)

#### *Die Ausstellung.*

Sitzungen am Morgen, Sitzungen am Nachmittag, eine kurze Pause und dann neue Konferenzen: Besichtigung der *Städtebau-Ausstellung* im „Stedelijk Museum“, mit Führungen. Zwei Tage hintereinander. Man traute den Kongressbesuchern einen guten Magen zu, und dies Zutrauen wurde auch tatsächlich nicht zu schanden.

In das peinlich historicisierende Museum strömten nach 8 Uhr abends Trupps und Gruppen der Besucher, um dort von den angriffslustigen Führern in Empfang genommen und in die unheimliche Fülle von Material untergetaucht zu werden. Die „Verhandlungen“ waren im Grunde ein etwas peinliches Schauspiel von Uebersetzer-Künsten gewesen, angewendet an notwendigerweise fast oberflächlichen Betrachtungen. Hier bekam man endlich etwas Reelles unter die Zähne. Trotz der lähmenden Hitze und der unmöglichen Luft der Oberlichtsäle folgten alle mit gespanntem Interesse diesen abendlichen Führungen.

Von *Manchester* war eine schöne Kollektion von Plänen zu sehen: ein ungeheuerer Uebersichtsplan, über 100 Gemeinden umfassend, eine Darstellung des jetzigen Zustandes mit Eintragung von drei Zonen: reine Wohnzone, reine Industriezone, gemischtes Gebiet. Diese Pläne im Maßstab 6 Inches = 1 Meile, also 1 : 10560. Als Ergänzung zu diesem Uebersichtsplan nun eine Serie von Plänen im Maßstab 1 Inch = 1 Meile, also 1 : 63360, und zwar: 1. Ein Verkehrsplan; 2. Ein Höhenplan; 3. Ein Plan mit der politischen Einteilung; 4. Ein Plan, der die Sonnenstrahlen-Intensität zeigt, an einzelnen Stellen einen Verlust bis zu 25%; 5. eine Regenkarte, die Unterschiede im Grad von 30 zu 52<sup>1/2</sup>, aufweist.

In einem Plan von *Doncaster* und Umgebung sind die Hochöfen eingetragen mit ihrer Rauchzone. Hier sind bestimmte Gegenden für Wohngebäude ausdrücklich als untauglich bezeichnet, bestimmte Gegenden ausdrücklich für Industrie reserviert.

Die Darstellung eines Gebietes von *Südwales* besteht aus einem geologischen Plan, einem Entwässerungsplan, einem Plan der Bevölkerungsdichte, einem Plan, in dem in genereller Weise die Möglichkeit für Neubesiedlung angegeben ist.

Eine besondere instruktive Serie von Graphiken gilt der Darstellung des *Tales der Themse*, von London flussaufwärts, im Mittelpunkt etwa der Park von Richmond. 1. Zuerst der Schlüsselplan, eine Landkarte, in der die Umrisse des bearbeiteten Gebietes eingetragen sind; 2. Ein politischer Plan der Gegend, d.h. ein Plan mit den verschiedenen Gemeindegrenzen; 3. Ein Höhenplan; 4. Eine geologische Karte; 5. Ein Blatt mit Profilen durch das Tal; 6. Ein Diagramm des Bevölkerungszuwachses der einzelnen Gemeinden; 7. Ein Diagramm, das für die einzelnen Gemeinden das Verhältnis anzeigt für am Ort, oder in London, oder sonst ausserhalb beschäftigte; 8. Ein Diagramm, das dieselben Verhältnisse in Bezug auf die ganze Bevölkerung, nicht blos auf die Arbeiter, darstellt; 9. Ein Plan, der sämtliche bestehenden und die wichtigsten geplanten Verkehrslinien darstellt; 10. Ein Diagramm mit der Darstellung der verschiedenen Verkehrstärken, selbstverständlich alles in Bezug auf die Hauptarbeitstätte, London; 11. Ein Diagramm, das die Entfernung von der Bahnstation in Kreisen von verschiedener Dunkelheit angibt, wobei der Weg zum Vorortbahnhof und die Dauer der Fahrt vom Vorortbahnhof bis zum Bahnhof Charing Cross (Trafalgar Square) in London zusammengerechnet sind, verschiedene Tonstärken für einen Weg von 30 Minuten und weniger, für einen Weg von 30 bis 45 Minuten, von 45 bis 60 und von 60 bis 75 Minuten; 12. Ein ähnliches Diagramm auf die Fahrpreise nach Charing Cross bezogen; 13. Ein