

# Das Wasserkraftwerk Adamello

Autor(en): **Zodel, L.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **57/58 (1911)**

Heft 3

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-82551>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

INHALT: Das Wasserkraftwerk Adamello. — Verwaltungsgebäude der Allgemeinen Aargauischen Ersparniskasse. — Eidgenössische Polytechnische Hochschule. — In eigener Sache. — Miscellanea: Eine 50 Perioden-Einphasenwechselstrom-Strassenbahn. Italienische Hochspannungs-Kraftübertragungsanlagen. Bodensee-Bezirksverein deutscher Ingenieure. Eine neue Eisenbahn über die Anden. Einführung der linksufrigen Zürichseebahn. Verein schweiz. Konkordatsgeometer. Zur Besetzung der Kreis-

direktion V der S. B. B. — Konkurrenzen: Handelschule in La Chaux-de-Fonds. — Literatur: Die Grundzüge des zürcherischen Quartierplan-Verfahrens. Schweizerisches Adressbuch für das Baugewerbe. Literarische Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein: Normalien (Form. D u. E); Zirkular des Zentralkomitees. Società svizzera degli Ingegneri et Architetti. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Band 57.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 3.

## Das Wasserkraftwerk Adamello.

Nach einem von Direktor L. Zodel im Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein gehaltenen Vortrag.

### Turbinen und Regulatoren.

Was bei der Rohrleitung über die Schwierigkeiten der Herstellung, herrührend von dem hohen Druck, sowie über die Bedeutung möglichst geringer Verluste gesagt worden ist, trifft in noch erhöhtem Masse bei den Turbinen zu. Da mit Rücksicht auf die Einfachheit der Einlauforgane ein einziger Wasserstrahl als das Vorteilhafteste gewählt wurde und dieser Strahl, im vorliegenden Falle bei etwa 80 mm Durchm. eine Austrittsgeschwindigkeit aus der Düse von rund 135 m in der Sekunde besitzt, so ist ohne weiteres klar, dass auch das beste Material ihm nur dann standhalten können, wenn der Strahl auf den Schaufeln stossfrei auftrifft und in stetiger und sanfter Art abgelenkt wird. Ausser der Sorgfalt zur Verhütung rascher Abnutzung musste neben der Erzielung eines hohen Nutzeffektes das Hauptaugenmerk auf die Regulierung gerichtet werden, damit bei Belastungsschwankungen in erster Linie keine starken Drucksteigerungen in den ohnedies hoch beanspruchten Leitungen auftreten, wobei dem Charakter der Anlage entsprechend mit dem Wasser möglichst gespart werden sollte. Bei dem hohen Gefälle wäre es ein leichtes

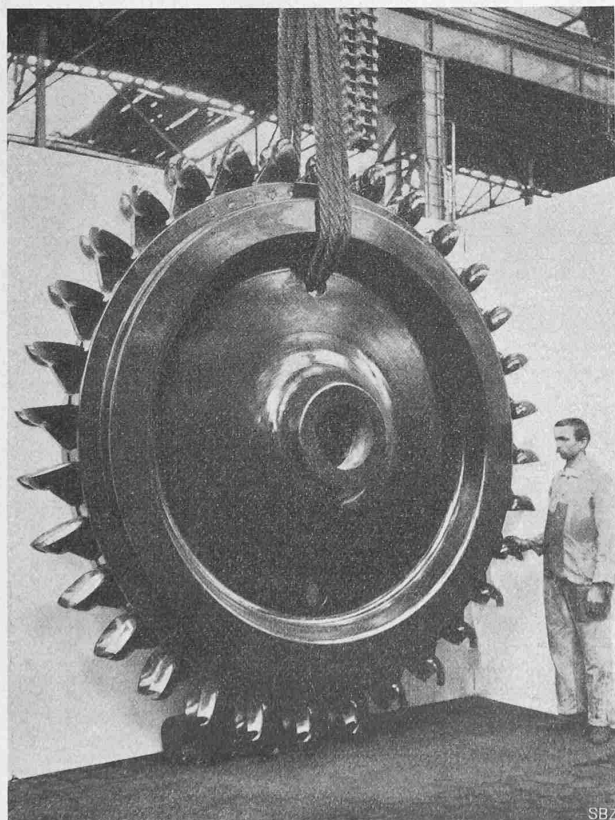


Abb. 18. Laufwerk der Turbine von 6500 PS.

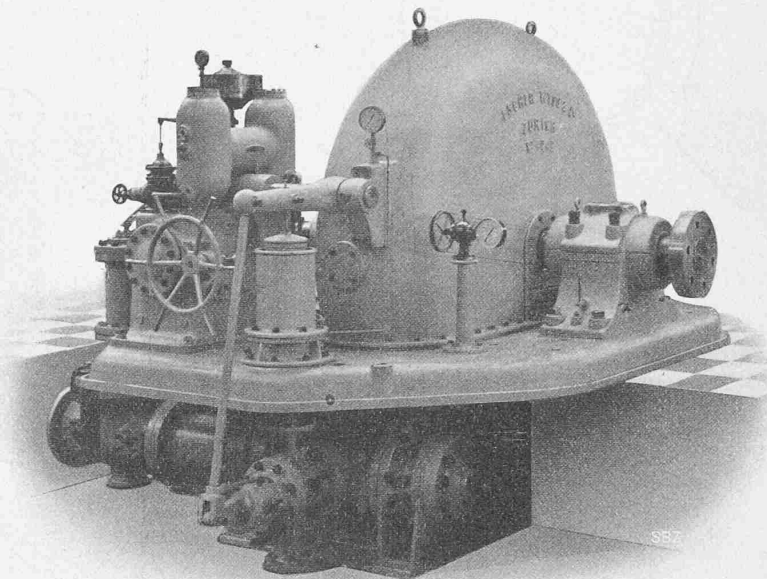


Abb. 17. Generatorturbine von 6500 PS, gebaut von Escher Wyss & Cie. in Zürich.

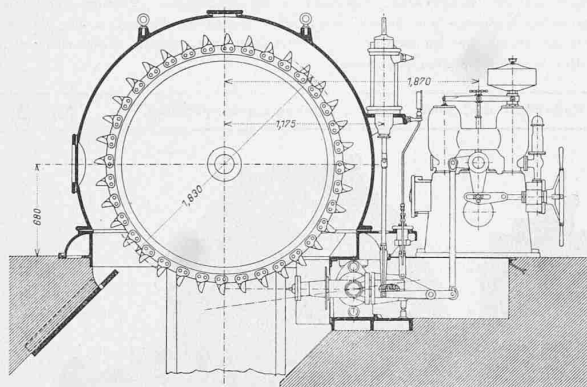
gewesen, ein Rad mit sehr grosser Umlaufzahl zu bauen und dadurch zu kleinen Abmessungen und Gewichten zu gelangen. Gerade aber mit Rücksicht auf geringe Abnutzung und hohen Nutzeffekt sind hier sehr grosse Dimensionen und die verhältnismässig niedrige Umlaufzahl von 420 in der Minute gewählt worden. Das Laufrad erhält dadurch einen äusseren Durchmesser von rund 3 m; es entstand somit das sehr günstige Verhältnis zwischen Rad-durchmesser und Strahlstärke von  $\frac{80}{3000} = \frac{1}{37,5}$  (siehe die Abbildungen 17 bis 20). Damit war es auch möglich, eine grosse Schaufelteilung zu wählen und dem Wasserstrahl eine sanfte Ablenkung zu erteilen.

Um ein möglichst grosses Schwungmoment der Gruppe und damit eine kleine Bewegungs-Geschwindigkeit der Regulierorgane zu erhalten, bildete man das Laufrad selbst als Schwungrad aus. Wenn dadurch schon eine etwas grössere Schlusszeit, sie beträgt 5 bis 6 Sekunden, erreicht wurde, so wäre diese Zeit doch noch viel zu kurz um bedeutende Drucksteigerungen in der Rohrleitung zu verhüten. Es musste daher noch eine andere Vorrichtung vorgesehen werden, durch die solche Druckschwankungen sicher vermieden werden. Derartige Vorrichtungen sind verschiedene bekannt. Zunächst sei an die Druckregulierung mit Nebenauslass erinnert, die Escher Wyss & Cie. vor etwa zehn Jahren eingeführt (D. R. P.) und seither mit grossem Erfolg verwendet haben, so z. B. an den 3500 PS Brusio-Turbinen<sup>1)</sup>. Unter so hohem Drucke wären aber derartige Nebenauslass-Druckregulierungen starker Abnutzung unterworfen, hätten somit nach kurzer Betriebszeit Wasserverluste zur Folge. Eine andere Vorrichtung zu gedachtem Zweck sind die Strahlableiter, die bei erheblichen Belastungsschwankungen den Strahl teilweise oder ganz nach unten ablenken<sup>2)</sup>; sie sind aber bei hoher Geschwindigkeit des Wasserstrahls ebenfalls starker Abnutzung unterworfen.

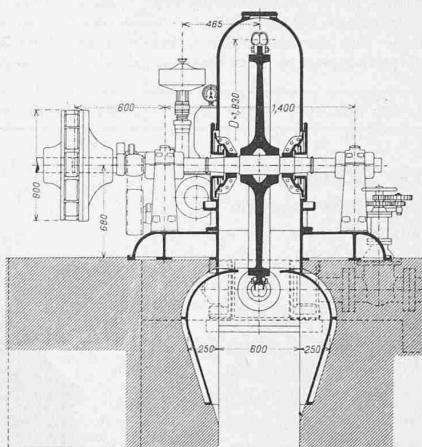
<sup>1)</sup> Beschrieben in Bd. LI, S. 317.

<sup>2)</sup> Vergl. Bd. LIV, S. 282.

## Das Wasserkraftwerk Adamello. — Zentrale Isola.



H = 853-920 m  
Q = 55 l/sek.  
N = 500-550 PS  
n = 630 p. Min.

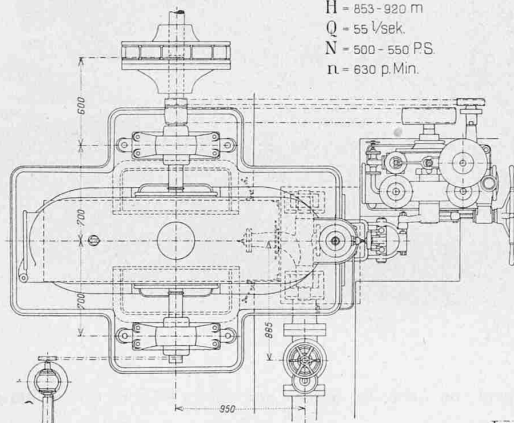


1m 0,5 0 1 2m

Abb. 21.  
500 PS Erregerturbine  
mit Schwenkdüse.

Gebaut von  
Escher Wyss & Cie.,  
Zürich.

Masstab 1 : 50.



Für die zusätzliche Regulierung der Turbinen für die Zentrale Isola hat man sich daher zur Anwendung einer „Schwenkdüse“ entschlossen, die wie folgt arbeitet. Das Betriebswasser fliesst der Turbine von der Verteilung unter Zwischenschaltung eines besonders kräftig gebauten hydraulisch gesteuerten Absperrschiebers durch ein Rohr von 350 mm Lichtweite zu. Von hier aus tritt das Wasser durch einen Krümmer in die Nadeldüse von kreisförmigem Querschnitt und aus dieser als zylindrischer Strahl in das Rad. Eine in der Axe der Düse längsbewegliche birnförmige Nadel reguliert in bekannter Weise den Austrittsquerschnitt und damit die Wassermenge entsprechend dem jeweiligen Belastungszustand der Turbine. Der ganze in der Nadeldüse endigende Einlaufbogen ist nun beweglich angeordnet und zwar drehbar um die horizontale Axe des Zulaufrohrs, in welchem er, durch doppelte Lederstulpen gedichtet, eingelagert ist (Abb. 19 oberer Schnitt). Es kann also durch Kippen dieser Düse in der Vertikalebene die Richtung des Strahls so gewählt werden, dass er in der einen Endstellung richtig in die Schaufeln trifft, in der andern aber vollständig ausserhalb des Rades an den Schaufeln vorbei in den Ablaufkanal schießt. Man bezeichnet diese Einrichtung sinngemäss als Schwenkdüse; sie entspricht ihrer Wirkung nach den Druckregulierungen wie Nebenauslässen und Strahlablekern, von denen sie sich aber hinsichtlich der Abnützung vorteilhaft unterscheidet.

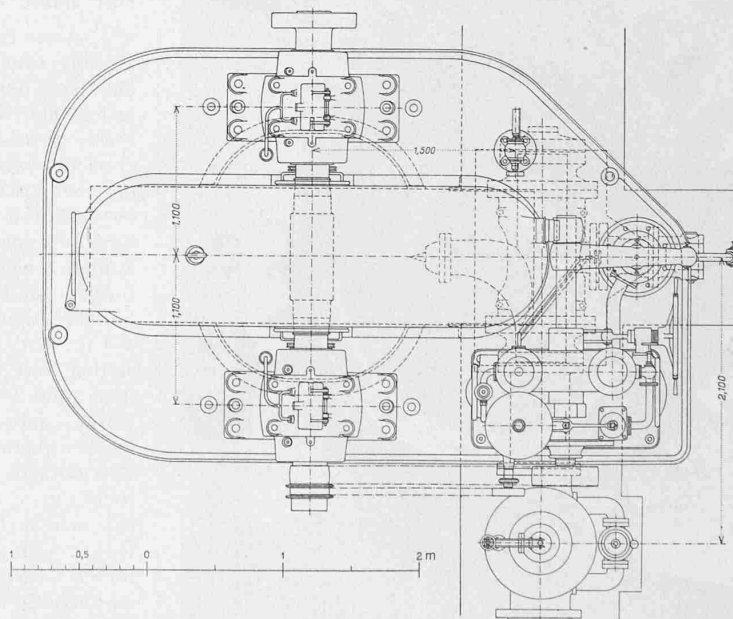
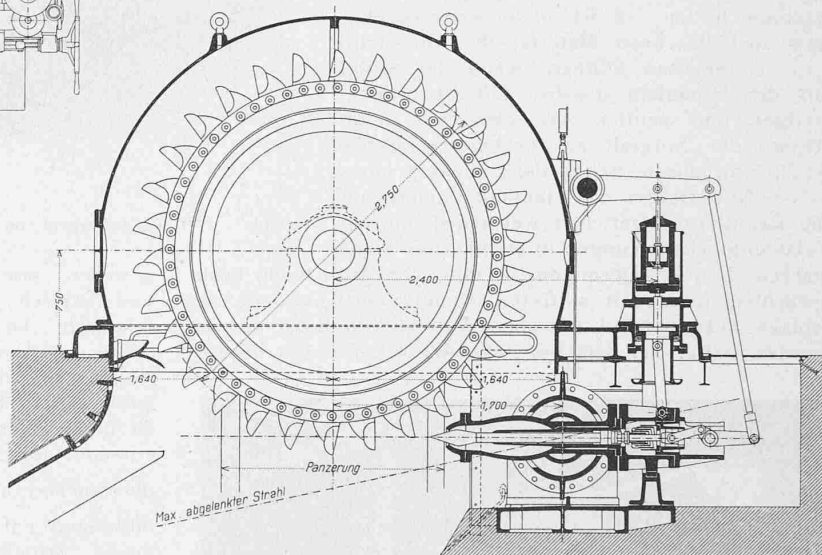


Abb. 19. Längsschnitt und Draufsicht der 6500 PS-Generatorturbine mit Schwenkdüse.  
Masstab 1 : 50. — Gebaut von Escher Wyss & Cie., Zürich.

Diese patentierte Schwenkdüse Bauart Zodel ist derart mit dem automat. Regulator verbunden, dass sie ohne Veränderung der Nadelstellung, also ohne Druckstösse hervorgerufen, ausschwenkt, sobald eine erhebliche Abschaltung der Belastung eintritt. In demselben Augenblick beginnt der automatische Regulator die Nadel langsam vorzuschieben und gleichzeitig die Düse wieder einzuschwenken. Wenn diese sich in ihrer früheren Lage befindet, ist der Reguliertvorgang zu Ende und ein neuer Gleichgewichtszustand eingetreten. Die Schliesszeit der Düsennadel, bzw. des Geschwindigkeitsregulators kann innert weiter Grenzen, je nach den Bedürfnissen der Anlage eingestellt werden. Wie bei den Nebenauslässen und Strahlablenkern findet natürlich auch hier ein momentaner Wasserverlust, abhängig eben von der beliebig wählbaren Schliesszeit, statt. Der Unterschied und Hauptvorteil der Schwenkdüse gegenüber den genannten anderen Druckregulierungen liegt aber darin, dass durch das Ausschwenken des Strahls, auch wenn dies noch so plötzlich erfolgt, keinerlei Abnutzung oder Zerstörung der diese Ausschwenkung bewirkenden Organe stattfindet. Dadurch werden eben dauernde Wasserverluste infolge Undichtheit vermieden, was bei der Natur derartiger akkumulierfähiger Hochdruckanlagen von ausserordentlicher Bedeutung ist. Der

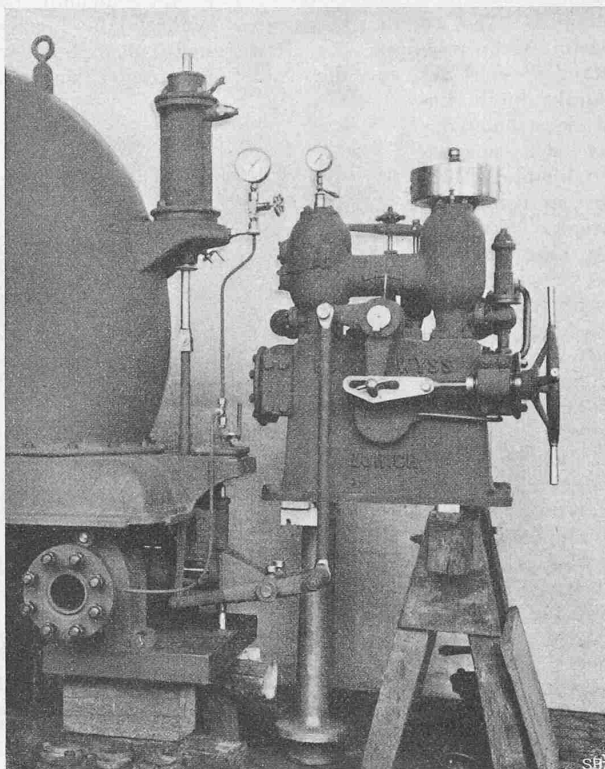
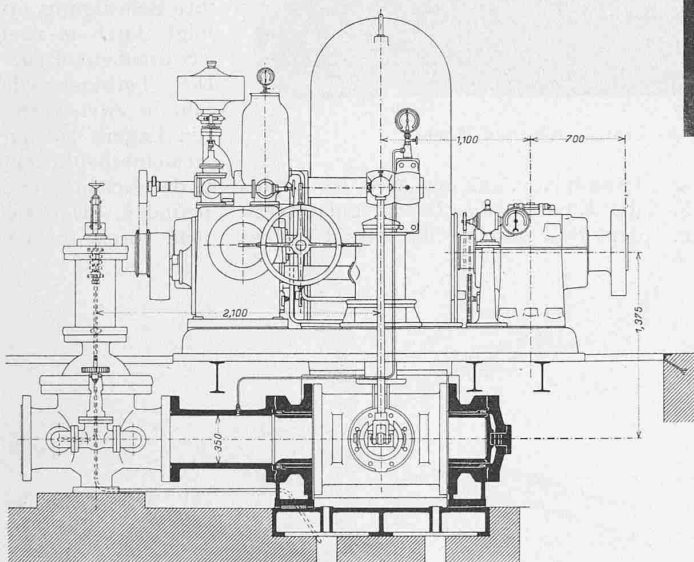


Abb. 22. Regulator und Reguliergestänge der Erregerturbine.



H = 853 - 920 m  
Q = 740 l/sek.  
N = 6000 - 6600 PS  
n = 420 p. Min.

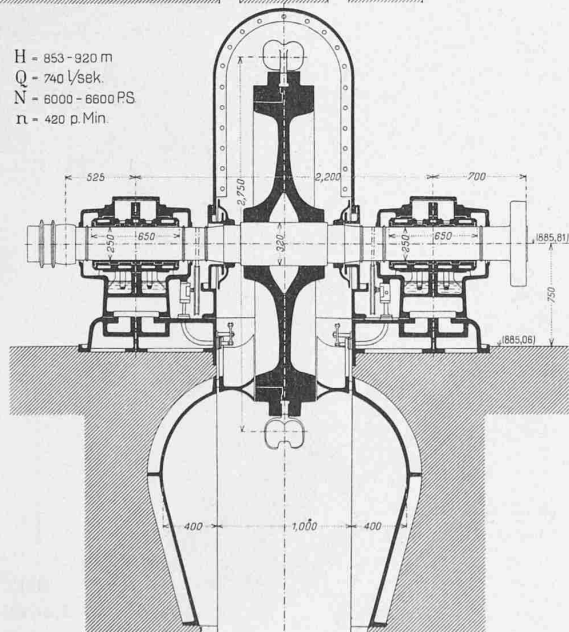
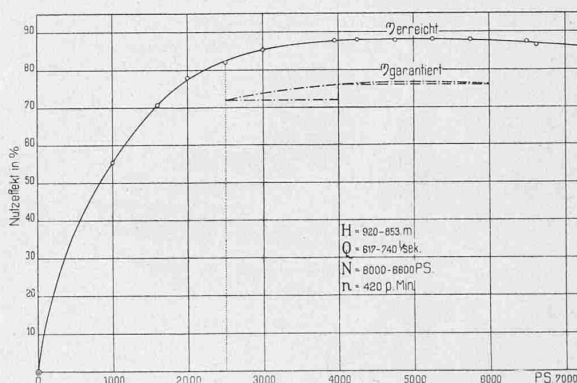


Abb. 20. Rückansicht und Querschnitt zu Abb. 19. — 1:50.

Zweck der Einrichtung, Druckstösse bei plötzlichen Entlastungen zu vermeiden, wird in idealer Weise erreicht, denn die Durchflussverhältnisse der Düse werden durch deren Ausschwenken nicht verändert. Auch wird die durch den Vorgang hervorgerufene Wirkung der kleinen Richtungsänderung des Rückstosses durch ein vorzüglich zentrisch gelagertes Organ im querliegenden Zulaufrohr aufgenommen; es ist durch den Oeldruckregulator lediglich der Reibungswiderstand des beweglichen Teils im Einlaufrohr, der hauptsächlich durch das Anpressen der

Abbildung 23.  
Nutzefektdiagramm der 6500 PS-Generator-Turbine.

Lederstulpen an die Rohrwandung und durch den Reaktionsdruck des Wasserstrahls entsteht, zu überwinden.

Der eigentliche automatische Regulator normaler Bauart Escher Wyss & Cie. arbeitet mit Drucköl unter rund 15 at Spannung. Neu und eigenartig ist seine Verbindung mit der Schwenkdüse einerseits und mit der Regulirnadel andererseits. Diese Verbindung ist keine starre, sondern erfolgt unter

Zwischenschaltung eines Oelkatarakts mit einstellbarem Durchfluss (Abb. 19, Vertikalschnitt). Während bei kleinen Belastungsschwankungen die Bewegungen des Reguliergestänges sich nur auf die Nadel übertragen und im Katarakt durch Hin- und Herströmen des Oels sich ausgleichen, bleibt die Düse selbst in Ruhe und normaler Stellung. Tritt eine Schliessbewegung in der Raschheit und dem Ausschlag auf und wird die entsprechende Kolbenhebung im Katarakt eine so heftige, dass das Oel nicht mit genügender Schnelligkeit in die untere Zylinderseite entweichen kann, so wird in gleichem Masse das Schwenkgestänge angehoben und der Strahl ausgeschwenkt. Die Hebelanordnung im Gestänge der Regulirnadel ist so getroffen, dass dieses Gestänge die Hubbewegung der Düse parallelogrammartig mitmacht, ohne selbst dadurch beeinflusst zu werden, d. h. die Nadelstellung ist unabhängig von der Düsenschwenkung.

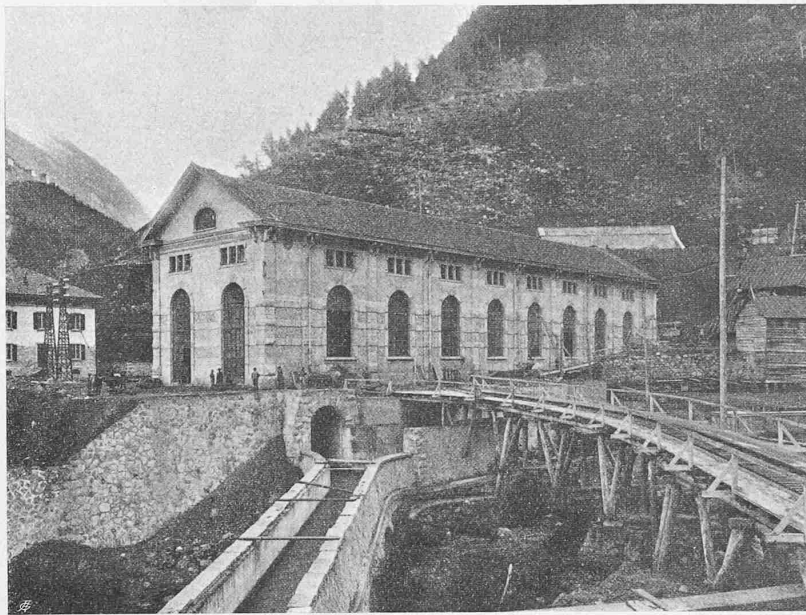


Abb. 27. Aussenansicht der Centrale Isola von Westen.

wünscht war. Es sind hier die Schwungmassen gross (Totales G. D<sup>2</sup>  $\cong 80\,000\text{ kgm}^2$ ) gewählt worden, sodass dem Regulator Zeit bleibt, innerhalb ziemlich weiter Grenzen lediglich durch langsames Verstellen der Nadel die Reguliergarantien einzuhalten.

Das Material für die Einlaufdüse ist bester Flusstahl, die Nadel und die Düsenmündung sind aus Nickelstahl; die an der Innenfläche spiegelblank bearbeiteten und an den Stellen des Wassereintritts messerscharf zugeschliffenen Radschaufeln sind aus feinstem, porenfreiem Gussstahl. Mit dem Rad sind die Schaufeln schwalbenschwanzförmig verbunden; ihre Befestigung erfolgt durch je zwei Schraubenbolzen. Die Turbinenwelle ruht in zwei kräftigen Lagern auf der gemeinschaftlichen

Grundplatte, auf der auch der Regulator, das Gehäuse und der Katarakt des Druckregulators sich befinden. Der aus dem Rad geschwenkte Strahl schießt nicht direkt in den

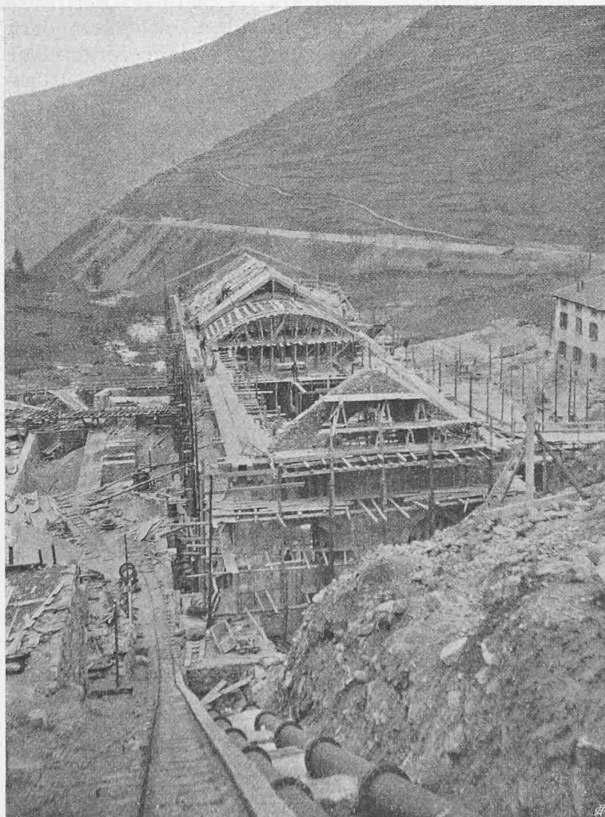


Abb. 26. Die Centrale Isola im Bau von Südosten.

Im vorliegenden Fall gestatteten es die Betriebsverhältnisse, das Ausschwenken der Düse nicht zu häufig eintreten zu lassen, was aus Gründen des Wasserhaushaltes überdies er-

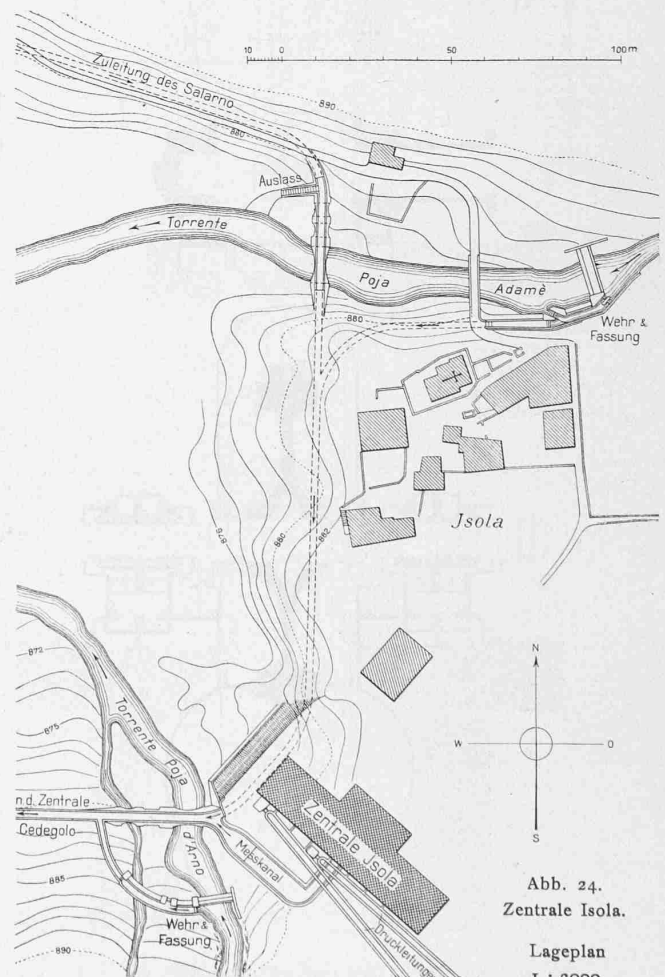


Abb. 24. Centrale Isola.

Lageplan  
1 : 2000.

Unterwasserkanal, sondern trifft zunächst in flachem Winkel auf eine schildartige Panzerplatte, die ihn nach unten ablenkt. Auch die aus den Schaufeln seitlich austretenden Wassermengen werden in muldenförmigen Panzerungen unschädlich in den Unterwasserkanal geleitet.

Ganz analog den Generatorturbinen ist die 500 PS-Erregerturbine ausgebildet, wie aus den Abbildungen 21 und 22 zu entnehmen.

Am 5. und 6. November 1910 fand die Inbetriebsetzung der Zentrale statt und wurden die Vorversuche an den Turbinen ausgeführt. Die Ergebnisse waren in jeder Hinsicht befriedigend, insbesondere hinsichtlich Nutzeffekt, Leistung und Regulierfähigkeit.

Da es einerseits von grosser Wichtigkeit ist, die Turbinen zeitweise stark überlasten zu können, anderseits der Nutzeffekt in allen Belastungslagen ein möglichst hoher sein sollte, wurden Proben von 2000 PS anfangend bis 7200 PS durchgeführt. Die Abbildung 23 zeigt in Schaulinien den Verlauf der Nutzeffektkurve. Man sieht daraus, dass der Nutzeffekt schon bei rund 2000 PS etwa 80% beträgt und von da ab steigt bis zu einem Höchstwert von 88% bei 5500 PS. Aber auch bei der Höchstleistung von 7200 PS ist er nur unwesentlich niedriger. Dabei war die maximale Oeffnung der Turbine noch nicht erreicht, sodass jede Gruppe anstandslos mit 7200 PS anstatt 6000 PS Maximalleistung normal arbeiten kann.

Was für eine ausserordentliche Bedeutung der Nutzeffekt bei einer derartigen Stauanlage hat, mag aus folgenden Betrachtung hervorgehen.

Wie eingangs erwähnt beträgt das gesamte Fassungsvermögen des Stausees 30 Mill. m<sup>3</sup>. Bei dem mittlern Gefälle von 910 m ergibt dies theoretisch:

rund 53,6 Mill. kw-std, bei 86% ergeben sich dagegen 61,5 Mill. kw-std, also ein Gewinn von 7,9 Mill. kw-std im Jahr.

Nimmt man im Mittel die kw-std zu 4 Cts. an, so ergibt dies eine Jahresmehreinnahme bei sonst ganz

#### Das Wasserkraftwerk Adamello.

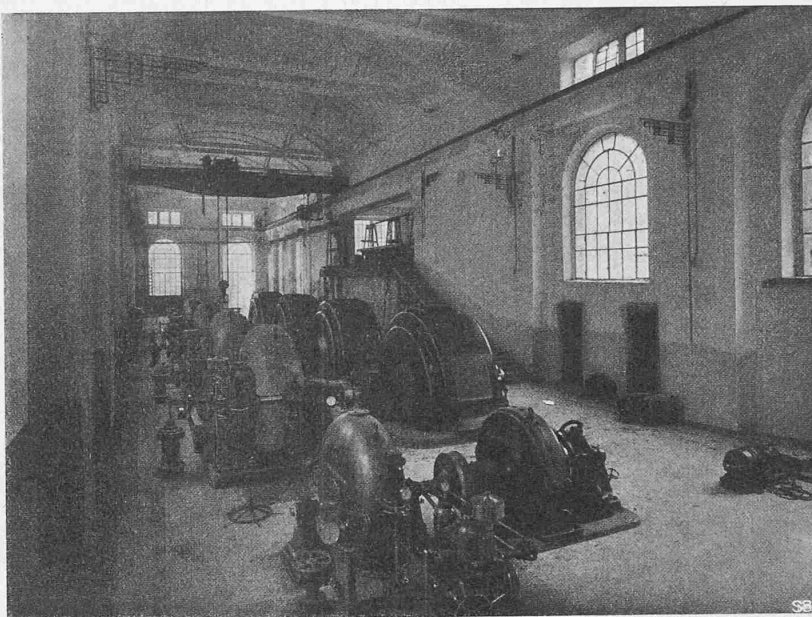


Abb. 28. Innenansicht der Zentrale Isola.

gleichen Anlage- und Betriebskosten von rund 316000 Fr. oder mit anderen Worten: jedes Prozent Nutzeffekt der Turbinen entspricht einer jährl. Mehreinnahme von 28600 Fr. Wenn man diese Zahl auch nicht kapitalisieren will, so geht doch zur Evidenz hervor, dass bei solchen Anlagen keine, auch noch so gross scheinende Ausgabe gescheut werden sollte, um die allerbesten Turbinen zu bekommen.

Die Zentrale Isola, deren Innenansicht Abbildung 28 nach einer leider etwas trüben Photographie wiedergibt, liegt hart am Fuss des Bergabhanges, und wie der Lageplan Abbildung 24 zeigt, am rechten Ufer des Poja d'Arno, des natürlichen Abflusses des Lago d'Arno. Unter den Turbinen zieht sich der Unterwasserkanal entlang (Abbildung 14, Seite 21), der ungefähr in der Mitte des Gebäudes heraustretend die Verteilung unterfährt und, rechts wendend, sich zum Messkanal mit Ueberfall verbreitert. Gleich unterhalb dieses Ueberfalls vereinigt sich der Unterwasserkanal mit dem Zulaufkanal des Adamè und Salarno nach der Zentrale Cedegolo, wie ebenfalls dem Lageplan zu entnehmen. Die Fassung des Adamè erfolgt durch ein festes Wehr mit zwei Einlauffallen am linken Ufer und einem daran anschliessenden Sandfang (siehe Abbildung 29 auf Seite 36). Aehnlicher Art sind die Fassungseinrichtungen des Salarno sowie des in letzter Linie noch mit einbezogenen Poja d'Arno.

Ein Gesamtbild von Isola und Umgebung gibt Abbildung 25, ebenso Abbildung 26 auf der die Herstellung der bogenförmigen Eisenbeton-Dachbinder der Zentrale zu erkennen ist. Abbildung 27 endlich zeigt den fertigen Bau von der Unterwasserseite her.

(Schluss folgt.)

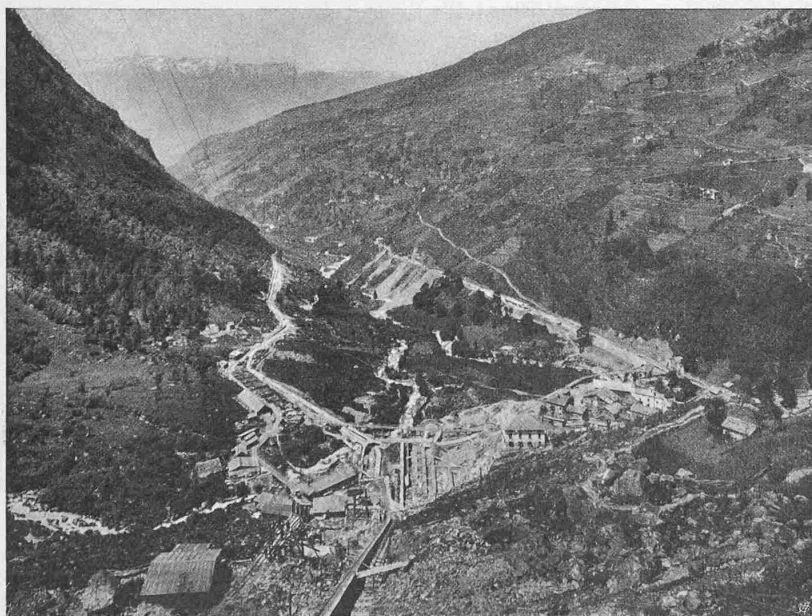


Abb. 25. Blick auf Isola und Umgebung (Fundamente der Zentrale).

$$\frac{30\,000\,000 \cdot 1000 \cdot 910}{75 \cdot 3600} = 102 \text{ Mill. PS-std im Jahr,}$$
oder bei 95% Nutzeffekt der elektrischen Generatoren  
 $102 \text{ Mill.} \times 0,736 \times 0,95 = 71,5 \text{ Mill. kw-std.}$ 
Bei einem Nutzeffekt der Turbinen von 75% ergeben sich