

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93/94 (1929)
Heft: 14

Artikel: Das Kraftwerk Kardaun am Eisack
Autor: Jegher, Werner
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-43425>

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: 06.02.2025

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

INHALT: Das Kraftwerk Kardaun am Eisack. — Die Verwendung der Maag-Zahnradgetriebe. — Architektur-Diplomarbeiten an der E. T. H. — Tagungen der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde und des engl. „Institute of Metals“ in Düsseldorf, 7. bis 11. September 1929. — Zur Finanzierung von „Architektur-Werken“. — Siedlung Dammerstock, Karlsruhe i. B. — Mitteilungen: Die Generalversammlung der G. E. P. in Paris. Die Kehrlichtverbrennungsanstalt der Stadt Paris. Die Zentrale Handeck der Kraftwerke Oberhasli. Neue Betonstrassen im Thurgau. Ein Vortragskurs

über Rationalisierung in der öffentlichen Verwaltung. — Wettbewerbe: Konzert- und Kunsthaus Luzern. Bebauungsplan für Murten. Erweiterung des Kursaals Lugano. Hallen für die Internationale Kochkunst-Ausstellung 1930 in Zürich. Saalbau in La Tour-de-Peilz. Bebauungsplan für die rechtsufrigen Quartiere in Genf. — Korrespondenz. — Literatur. — Schweiz. Verband für die Materialprüfungen der Technik. — Mitteilungen der Vereine: Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein: Eisenbeton-Kurs in Lausanne.

Band 94

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 14

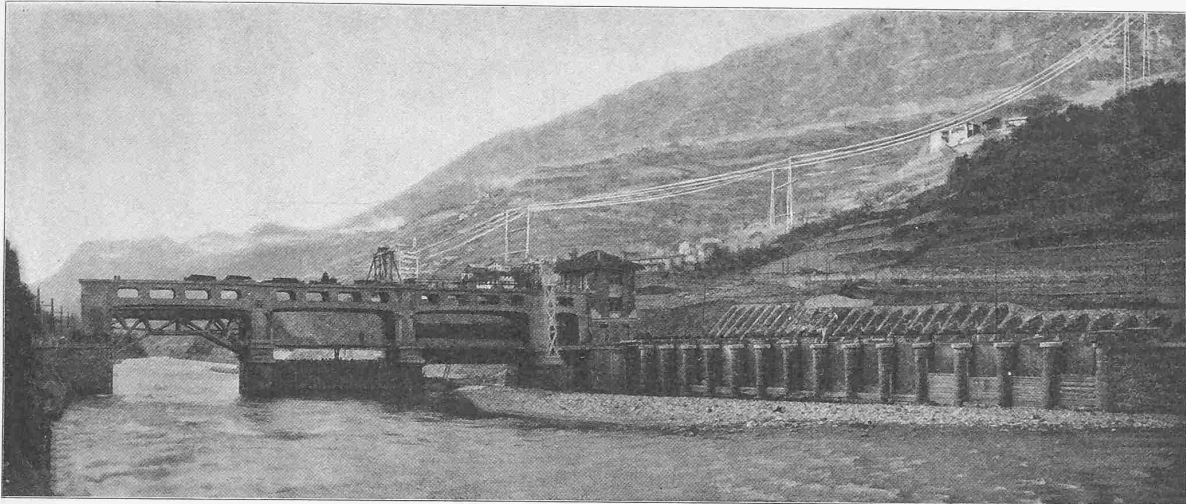


Abb. 3. Stauwehr im Eisack, Oberwasserseite. Rechts das Einlaufbauwerk.

Das Kraftwerk Kardaun am Eisack.

Der Eisack (Isarco) ist ein östlicher Zufluss der Etsch, der am Brenner entspringt und bei Bozen das Etschtal erreicht; er ist auf seiner ganzen Länge von der Brennerbahn begleitet. Das Kraftwerk Kardaun (Cardano, kleine Ortschaft am Eisack, vergleiche den Uebersichtsplan Abb. 1 auf Seite 168) stellt die unterste Stufe dar im Gesamtausbauplan des Eisackflusses; es verfügt über ein Einzugsgebiet von 3300 km² und eine Wassermenge, die zwischen 27 m³/sec im Winter und 250 m³/sec im Sommer schwankt. Die Energienutzung ist eingestellt auf Tagesausgleich und Verarbeitung von 80 m³/sec, eine Wassermenge, die während 178 Tagen von April bis September zur Verfügung steht. Als typischer Gebirgsfluss bringt der Eisack viel Schlamm und Geschiebe und plötzliche Hochwasser — Nachteile, deren Folgen in der Anlage des Werkes gründlich Rechnung getragen worden ist.

Die Wasserfassung befindet sich bei Waidbruck unterhalb der Einmündung des Grödner-Baches auf 460 m ü. M. Durch ein Ausgleichbecken von 290000 m³ gelangt das Betriebswasser in den 15 km langen Zulaufstollen, der im rechten Hang des Eisacktales bis oberhalb Kardaun verläuft. Dort liegt auf Kote 430 das Wasserschloss, von dem die Druckleitungen nach der 280 m ü. M. liegenden Zentrale abfallen. Es steht somit ein Gefälle von rd. 150 m zur Verfügung. Die installierte Maschinenleistung beträgt 285000 PS und die Jahresproduktion 500 Mill. kWh, womit Kardaun als z. Z. grösstes Wasserkraftwerk Europas angesprochen werden dürfte. Wir bringen im folgenden eine kurze Beschreibung der Hauptbauten, gestützt auf unsere Besichtigung der Baustellen und anhand von Heft 4 (15. Febr. 1929) der „Wasserkraft und Wasserwirtschaft“¹⁾, der wir auch die Abbildungen entnehmen.

Ueber die Disposition der Wasserfassungsanlage orientiert Abb. 2. Das Flusswehr hat drei Oeffnungen von 15 m Weite und 5 m Höhe, die Schützen haben einen 80 cm hohen absenkbaren Oberteil; ihre

Betätigung erfolgt durch Pressölmotoren. An seinem rechten Ende hat das Wehr eine Schotterschleuse von 4 m Breite, die mit dem Schotterfang vor dem Einlaufwerk in Verbindung steht. Dieses besitzt 15 Oeffnungen ohne Rechen von je 3 m Weite und 1,25 m Höhe, mit Schwellenkote 459,75 (Wehrschwelle 458,50, Schotterschleuse 457,50, Stauziel 463,00). Die Einlaufschleusen werden gleichfalls von der im Schleusenwärterhaus am rechten Wehrende (Abb. 3) untergebrachten Pressölanlage betätigt.

Anschliessend an das Einlaufbauwerk ist eine Entsandungsanlage System Dufour²⁾ eingebaut, wobei je drei Einläufe zu einer Gruppe der fünfgliedrig gestalteten Anlage gehören. Sie soll Sinkstoffe bis rd. 2 mm Korngrösse ausscheiden, die durch den gedeckten Spülkanal, der der Länge nach durch das Speicherbecken verläuft, abgeführt werden. Der Entsander ist für die Reinigung von 90 m³/sec bemessen und dürfte bis zu 10 m³/sec Spülwasser erfordern. Die noch feineren Sinkstoffe, bis zu 0,5 mm Korngrösse, sollen sich im Klärbecken absetzen.

Dieses Becken (Abb. 4), wurde durch umfangreichen Aushub des Geländes (rund 650000 m³), Dämme und Böschungsmauern geschaffen, die zum grössten Teil in Beton ausgeführt sind. Es hat ungefähr 400 m Länge bei 150 m Breite und ist gegen den Fluss durch einen Haussteinverkleideten Damm abgetrennt, der einen 100 m breiten

²⁾ Siehe „S. B. Z.“ Bd. 78, S. 295, 310 u. 323 (Dez. 1921); Bd. 83 S. 169 u. 196 (April 1924).

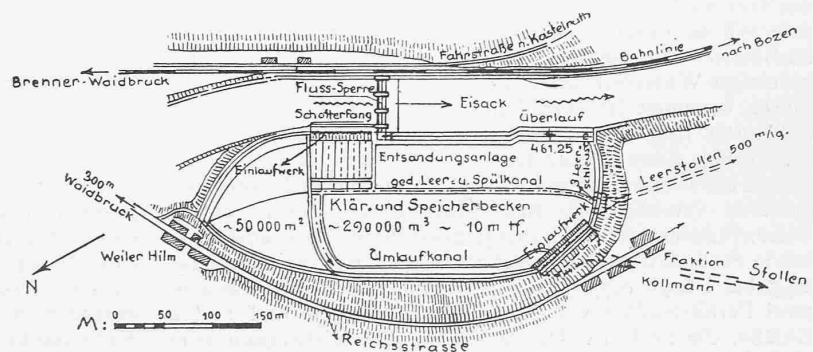


Abb. 2. Wasserfassung und Speicherbecken bei Waidbruck (Ponte all' Isarco). — 1 : 700.

¹⁾ Jetzt G. Hirth Verlag, München. Preis des Heftes mit vielen Bildern und Zeichnungen) M. —,70.

DAS KRAFTWERK KARDAUN DER „SOCIETA IDROELETTRICA DEL' ISARCO“, AM EISACK (SÜDTIROL).

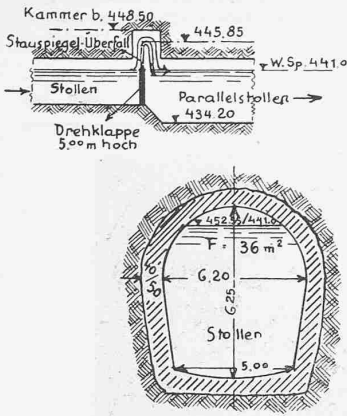


Abb. 6 (oben). Uebergang vom einfachen zum Doppelstollen.
Abb. 5 (unten). Normalprofil des einfachen Stollens.
Masstab 1 : 300.

Ueberlauf enthält. Die Sohle des Beckens liegt im Mittel auf Kote 453,50, der normale Wasserspiegel auf 461,25.

Um während der Reinigungsarbeiten im Becken den Betrieb des Werkes nicht ganz zu unterbrechen, ist ein Umlaufkanal für 30 m³/sec angeordnet, der vom Entsander direkt nach dem Stolleneinlauf führt. Die Beckensohle ist mittels armierter Betondeckung (durch Ausdehnungsfugen in 5 bis 10 m lange Quadrate unterteilt) des Sohlenpflasters auf drainiertem Untergrunde hergestellt. Sie wird durch den Umlaufkanal und den vom Entsander kommenden gedeckten Kanal in drei Teile geteilt, für deren Entleerung drei Ablaufschleusen dienen, die das Spülwasser dem 500 m langen Leerstollen dem Eisack übergeben.

Das Stolleneinlaufbauwerk (Abb. 4 Hintergrund rechts) besitzt zwei Reihen von je 20 Einlaufschützen zu rd. 3 m² Fläche, von denen die untere mit Sohlenkote 453,25 hauptsächlich im Winter, bei reinem Wasser, zur Ausnützung des Beckeninhaltes dienen soll, während die obere namentlich im Sommer die oberste, bestgereinigte Wasserschicht abzuführen bestimmt ist. Vor den Schleusen liegt ein einfacher Stabrechen, hinter ihnen sind je zwei übereinanderliegende Einläufe zu zwanzig betonierten Kanälen vereinigt, die nach einer 6 m tiefer liegenden Sammelkammer (Sohle 447,25) überführen. Der anschließende Stollen, dessen Querschnitt Abbildung 5 zeigt, hat auf 14,5 km Länge 0,75 ‰ Gefälle und gabelt sich dann in zwei Parallelstollen von je 70 m² Querschnitt und 10 ‰ Gefälle, die noch 1,2 km lang sind. Am Uebergang vom einfachen zum Doppelstollen (Abb. 6) ist eine Drehklappe

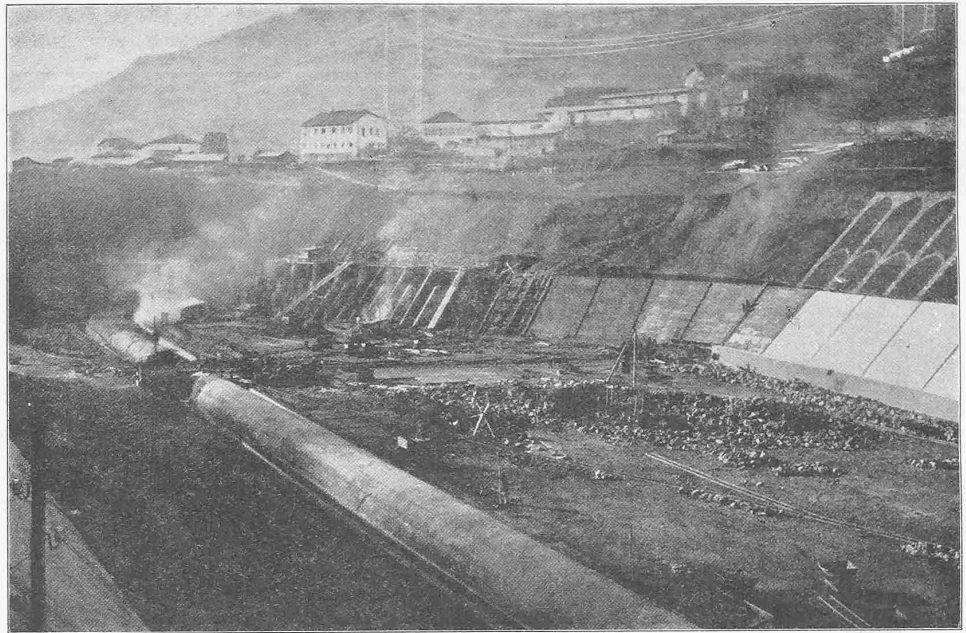


Abb. 4. Ausgleich- und Speicherbecken von 290 000 m³ Nutzinhalt. Im Hintergrund die Stolleneinläufe; von vorn Mitte nach hinten links der gedeckte Ablaufkanal aus dem Entsander.

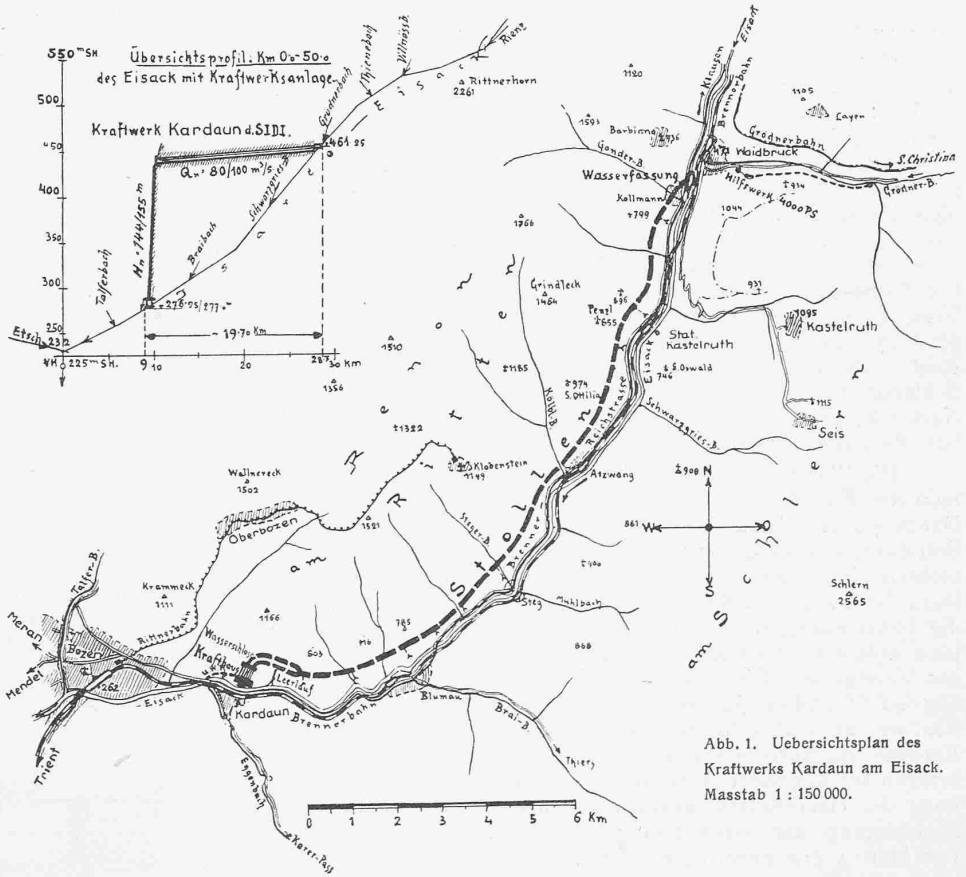


Abb. 1. Uebersichtsplan des Kraftwerks Kardau am Eisack.
Masstab 1 : 150 000.

eingebaut, die in dem für gewöhnlich als Freilaufstollen (normale Wasserführung siehe Abb. 5) arbeitenden Zulauf einen Stau erzeugen kann zur Aufspeicherung von Wasser. Der Stollen kann somit unter Druck kommen; trotzdem ist eine Armierung seiner Betonverkleidung nur auf insgesamt 80 m Länge als nötig befunden worden. Der gesamte Stollenausbruch von rd. 700 000 m³ mit rd. 18,5 km Vortriebslänge (14 Seitenstollen) ist in der Zeit von zwei



Abb. 8. Wasserschloss, Druckleitung und Zentrale in Kardaan.

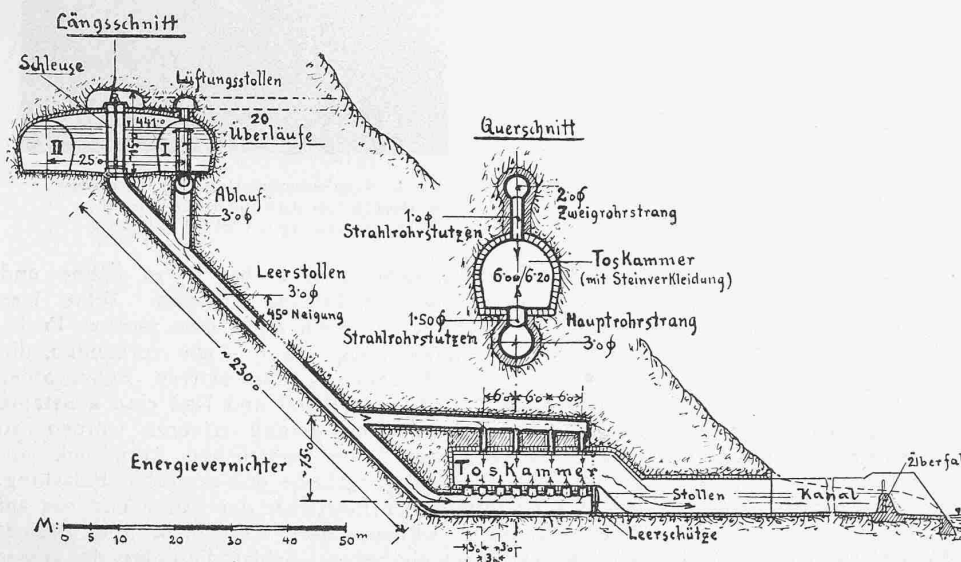


Abb. 7. Schnitte durch Wasserschloss (Doppelstollen), Leerlauf und Energievernichter. — Masstab 1 : 1200.

Jahren mit einem Aufwand von nahezu 4000 Arbeitern bewältigt worden.

Die Doppelstollenstrecke, als Speicherkammer das eigentliche Wasserschloss darstellend, besitzt einen Stauraum von 150 000 m³, sodass die ganze, in Speicherbecken, Stollen und Wasserschloss enthaltene Speichermenge ungefähr 500 000 m³ beträgt. In der Mitte der Doppelstollenstrecke ist eine Verbindung der beiden Stollen geschaffen; im talseitigen Stollen ist an dieser Stelle ein Ueberlaufsystem mit 20 Abläufen zum Leerstollen angeordnet, ausserdem im Querstollen selbst eine Grundschleuse nach Art eines Glockenventils (Abb. 7). Diese beiden Entleerungsvorrichtungen, die automatisch durch Schwimmer bzw. durch Fernsteuerung von der Zentrale aus betätigt werden, münden in den geneigten, rohgefüßerten Leerstollen, der das Wasser durch den Energievernichter, dessen Wirkungsweise aus der Abbildung 7 hervorgeht, dem Eisack zurück gibt. An ihrem Stirnende sind die Doppelstollen durch eine Querkammer verbunden, aus der die sechs Rohrleitungen auf Kote 431,00 austreten. Der darüber errichtete Hochbau (Abb. 8, oben) enthält die Schieber mit elek-

trischem Antrieb, die Drosselklappen und die Standrohre.

Die Druckleitungen, auf Betonrippen der Rohrbahn aufliegend und an drei Bruchpunkten in Betonsockeln gelagert, sind ungefähr 300 m lang. Fünf Leitungen von 2800/2500 mm l. W. versorgen je ein Industriestrom-Aggregat, die sechste Leitung von 2000 mm l. W. vier Bahnstrom-Aggregate, die durch Verteilleitungen von 1600 mm l. W. angeschlossen sind. Die Zentrale samt den Nebenbauten nimmt eine Fläche von rund 4300 m² ein, wovon auf den Maschinsaal 1800 m² entfallen. Er hat 118 m Länge, 14 m Breite und 18 m lichte Höhe; im westlichen Teile (auf Abb. 8 links) stehen die Bahnstromgruppen, im östlichen die Industriestromgruppen, dazwischen zwei 500 PS-Gruppen für den Eigenbedarf. Im mittlern Vorbau sind die Schaltstelle, sowie andere Diensträume untergebracht; unmittelbar vor dem Gebäude sind die Freiluftanlagen errichtet worden.

Die Francis-Spiralturbinen der Industrieaggregate weisen eine Leistung von 45 000 PS bei 155 m Gefälle und einem Wasserverbrauch von 25 m³/sec bei Wirkungsgraden bis zu 87% auf; sie besitzen eine Drehzahl von 252 bis 300 Uml/min je nach Betrieb der Generatoren mit Frequenzen von 42 bis 50 Per. Der mit der Turbine fest gekuppelte Drehstromgenerator von 36 000 kVA Leistung bei 11 000 V Betriebsspannung besitzt eine stehende Welle von 500 mm Ø mit drei Lagern, wovon die zwei in den beiden Tragkreuzen untergebrachten Lager die Führung der Welle besorgen, das dritte, am oberen Wellenkopf angeordnete Ringspurlager Bauart Michell die sämtlichen rotierenden Teile der Maschinengruppe trägt. Sämtliche Turbinen samt den zweiteiligen Maschinenwellen und den Ringspurlagern wurden von Riva (Mailand) geliefert, drei Generatoren von Brown Boveri (Mailand) und zwei von der Comp. Generale di Eletticità (Mailand). Der Industriestrom gelangt, auf 240 000 V transformiert, nach der Hauptverteilung Cislago bei Mailand mittels einer 300 km langen Leitung, die für eine Leistung bis zu 150 000 kW als Hohlseil aus Stahl und Aluminium zur Ausführung kommt.

Von den drei bis jetzt aufgestellten mit vertikalachsigen Pelton-turbinen ausgerüsteten Bahnstromgruppen sind die beiden von de Pretto-Escher Wyss (Schio) gelieferten Turbinen mit vier Düsen, die von Tosi (Legnano) gelieferte mit fünf Düsen gebaut. Bei den EWC-Turbinen ist die gleiche Konstruktion wie bei den 1926/27 erstmals gebauten Pelton-Turbinentypen für die Zentrale Maipo in Chile angewendet, die Generatorwelle mit fliegend angeordnetem Lauf rad (20 Schaufeln) in zwei Lagern geführt und auf ein im Unterwasserkanal auf Tragsäule montiertes Stütz-

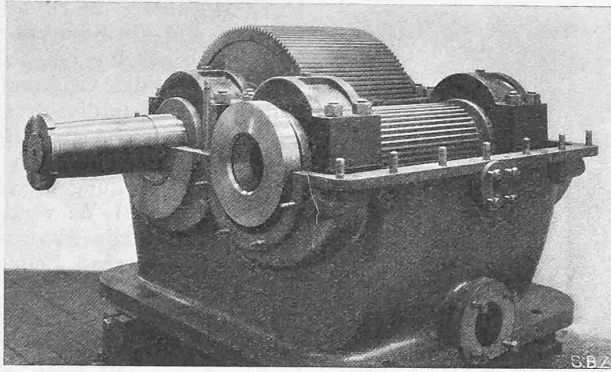


Abb. 1. Maag-Reduktionsgetriebe für einen Turbogenerator von 6400 PS, Uebersetzung von 4500 auf 1500 Uml./min.

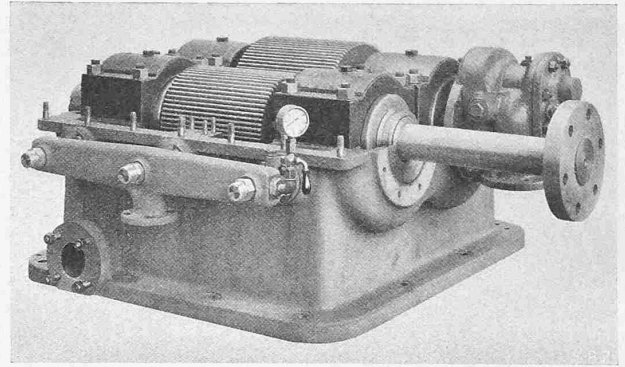


Abb. 2. Maag-Erhöungsgetriebe für einen Turbokompressor von 2000 PS, Uebersetzung von 2980 auf 4130 Uml./min.

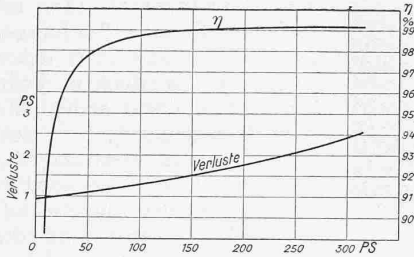


Abb. 6. Wirkungsgrad und Verluste eines Maag-Reduktionsgetriebes mit Rollenlagern 300 PS, Uebersetzung von 1000 auf 250 Uml./min.

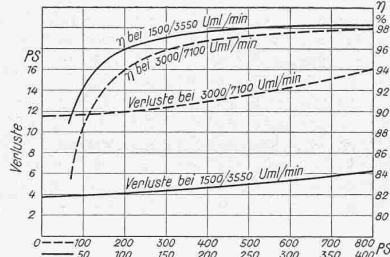


Abb. 7. Wirkungsgrad und Verluste eines Maag-Turbogetriebes mit Drucklagern bei verschiedenen Drehzahlen.

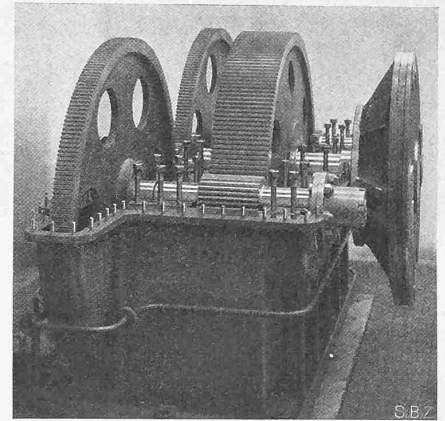


Abb. 4. Maag-Reduktionsgetriebe mit nachgiebiger Kupplung für Zentralantrieb einer Zementmühle, 450 PS, Uebersetzung von 785 auf 18 Uml./min.

lager gestellt. Bei der Tosi-Turbine ist der Aufbau ähnlich, jedoch ist die Maschinenwelle mit zwei Führungslagern gehalten und mit einem Ringspurlager Michell ausgerüstet. Diese drei Turbinen für je 14 700 PS Leistung bei 144 bis 152 m Gefälle und einem Wasserverbrauch von 9600 bis 9060 l/sec haben eine Drehzahl von 250 Uml./min bei der normalen Frequenz von $16\frac{2}{3}$ Per. und sind mit Drehstromgeneratoren (Lieferant: Comp. Generale di Elettricità) von 9000 bis 13500 kVA Leistung mit 4000 V Betriebsspannung gekuppelt. Die Uebertragung nach den Hauptunterwerken der Strecke Verona-Brenner geschieht auf zwei Leitungen mit der Spannung von 65 000 V.

Der Betrieb des Werkes ist vor kurzem aufgenommen worden; die Baukosten erreichen 300 Mill. Lire. Unsere Abbildungen zeigen den Bauzustand vom Herbst 1928. W. J.

Die Verwendung der Maag-Zahnradgetriebe.

Seitdem es gelungen ist, Verzahnungen mit einer Präzision herzustellen, die allen Anforderungen in Bezug auf Umfangsgeschwindigkeit der Räder und spezifische Zahnpressung gewachsen ist, findet das Zahnradgetriebe in steigendem Masse Verwendung zur Kraftübertragung auf allen Gebieten der Technik. Eines seiner wichtigsten Anwendungsgebiete als Drehzahlverminderer ist wohl der raschlaufende Turbogenerator kleiner bis mittlerer Grösse, mit Turbinendrehzahlen von 4000 bis 10 000 Uml./min, während die Generatoren nur mit 1000 bis 3000 Uml./min laufen. Ein solches Getriebe zeigt Abbildung 1. Die selbe Getriebegattung wird umgekehrt zur Drehzahlerhöhung bei Turbokompressoren benützt (Abb. 2). Hier kommen Ritzel-drehzahlen bis zu 20 000 Uml./min und mehr in Betracht.

Die Uebertragung grosser Leistungen bei so hohen Geschwindigkeiten erfordert natürlich einen kinematisch vollkommen richtigen Eingriff der Verzahnungen, damit die Umfangsgeschwindigkeiten der Teilkreise in jedem Moment genau übereinstimmen. Dadurch sind den zulässigen Fehlern von Zahnteilung und Profil enge Grenzen gezogen. Das

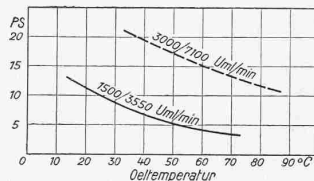


Abb. 8. Leerlaufverluste des Getriebes nach Abb. 7 bei verschiedenen Öltemperaturen.

erstreckte, dergestalt, dass Ritzel und Rad eine konstante Beschleunigung bzw. Verzögerung erfahren würden, so ergäbe dieser Fehler einen zusätzlichen Zahndruck von 20 300 kg, das ist das 7,8fache der normalen Belastung. Wenn auch infolge der Elastizität der Zähne und des auf ihnen haftenden Oelfilms dieser Wert nicht voll erreicht wird, so wäre doch ein heftiger Schlag die Folge, der ausser störendem Geräusch Vibrationen von Getriebegehäuse und Wellen erzeugt. Es leuchtet ein, dass bei derartigen Getrieben die eben noch zulässigen Fehler an zwei aufeinander folgenden Zähnen nur einen geringen Bruchteil von $\frac{1}{100}$ mm betragen dürfen.

Jeder neu eingreifende, theoretisch genaue Zahn würde naturgemäss einen ähnlichen Stoss verursachen, weil die schon im Eingriff befindlichen Zähne infolge der Belastung etwas durchgebogen sind und die treibende Verzahnung um diesen Betrag voreilt. Damit der neue Zahn arbeitet, muss er ebenfalls durchgebogen werden. Um dies möglichst stossfrei zu erreichen, ist eine bestimmte parabel-förmige Abweichung des Zahnprofils von der theoretisch gegebenen Form notwendig. Es handelt sich dabei aber um so kleine Beträge, dass deren Berücksichtigung erst einen Sinn hatte, nachdem die Erzeugung der genauen Grundform gelungen war.

Die Summation einer Anzahl positiver Teilungsfehler zulässiger Grösse, die sich über eine Reihe von Zähnen erstrecken, ergibt wohl einen grösseren periodischen Fehler, ohne dass hierdurch der Massenbeschleunigungsdruck zu hoch würde. Infolge der eingetretenen Voreilung des getriebenen Rades und darauffolgender Zurückführung durch