Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 78 (1960)
Heft: 8

Artikel: Das Kraftwerk Pirttikoski in Finnland: die Bauarbeiten
Autor: Sistonen, Harri
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-64838

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: 16.12.2025

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Das Kraftwerk Pirttikoski in Finnland

DK 621.29

Die Bauarbeiten

Von **Harri Sistonen,** dipl. Ing., Helsinki

Pirttikoski liegt in Nord-Finnland am Kemi-Fluss, der in den Bottnischen Meerbusen mündet, 25 km südlich des Kemisees (Bild 1). Die Firma Kemijoki Oy besitzt und baut die Wasserkraft bei Pirttikoski aus. Die Projektierung wurde im Hauptbüro der Firma Imatran Voima Osakeyhtiö in Helsinki durchgeführt.

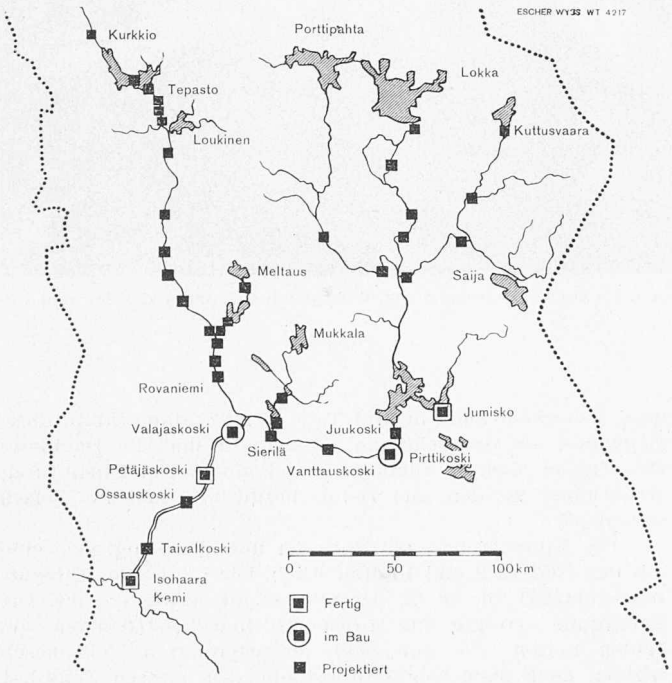


Bild 1. Uebersichtsplan des Kemi-Flussgebietes mit den fertigen, im Bau stehenden und projektierten Kraftwerken, 1:3 600 000

Das Kraftwerk weist ein Einzugsgebiet von 27 795 km² auf, in welchem 2,5 % Seen enthalten sind. Die maximale Wassermenge beträgt 2150 m³/s, die normale Hochwassermenge 1555 m³/s, die mittlere Menge 283 m³/s, die normale Niederwassermenge 92 m³/s, die minimale Menge 65 m³/s. Gegenwärtig wird die Regulierung sowohl des Kemisees, als auch der Stauseen Porttiphata, Lokka, Saija und Kuttusvaara projektiert. Das Stauvolumen des Kemisees und der anderen Stauseen wird zusammen ungefähr 5800 Mio m³ betragen.

Der Fluss fliesst bei Pirttikoski in einem ungefähr 150 m breitem Tal, dessen Ufer steil abfallen. Der Felsgrund im Kraftwerkgebiet besteht hauptsächlich aus Granit. In den südlichen Teilen gibt es ausserdem einen wenig glimmerhaltigen Gneis, in den der Granit adernförmig eingedrungen ist. Durch Diamantbohrungen wurde vor dem Bau festgestellt, dass der Fels beim Einlauf und beim Maschinenhaus sowie auch im grössten Teil der Stollen ziemlich gut ist. Dagegen ergeben die geologischen Untersuchungen beim Auslauf des Hauptstollens und im Unterwasserkanal weniger günstige Verhältnisse.

Unmittelbar auf dem Felsen liegt eine Moränenschicht, deren Dicke sich zwischen 1 und 60 Meter verändert. Auf dieser Schicht ist stellenweise Lehm, stellenweise Grus vorhanden, und darüber liegen Moränen und Sanlager. Nach den ausgeführten Sondierungen bildet im Flussbett an der Dammlinie eine 2 bis 7 m dicke Schicht von Grus und Sand mit vielen Steinen die Oberfläche. Unterhalb dieser Schicht reicht eine sandige Moräne, die nicht homogen ist, bis auf den Felsen hinab.

Die Ausbauwassermenge beträgt im Mittel 500 m³/s; sie wird gleichmässig auf zwei Maschinen verteilt. Das Verhältnis zwischen der Ausbauwassermenge und der natürlichen Mittelwassermenge beträgt demnach 1,77. Die Stauhöhe liegt auf 125,00 m ü. M. und das Unterwasser auf 99,00 m ü. M., so dass ein Bruttogefälle von 26,00 m und ein Nettogefälle von 25,50 m entsteht. Nachdem die Regulierung der verschiedenen Stauseen ausgeführt ist, wird die jährliche Energieproduktion 530 Mio kWh betragen.

Um die wirtschaftlichste Lösung zu finden, wurden mehrere Varianten studiert. Am vorteilhaftesten zeigte sich die Lösung nach Bild 2, bei der die Einlaufstollen gerade oberhalb des Staudammes beginnen und zum Kavernenkraftwerk führen. Das Wasser fliesst durch die Landspitze von Pisiö in einem Unterwasserstollen in den Unterwasserkanal und weiter in den Kemi-Fluss. Die Länge der Stollen und des Unterwasserkanals ist 3,0 km.

Die baulichen Hauptteile des Kraftwerks sind aus den Bildern 2, 3 und 4 ersichtlich. Der Staudamm baut sich aus einer Wehröffnung II auf, die sich an das östliche Flussufer anlehnt. Anschliessend folgt ein Erddamm, dann die Wehr-

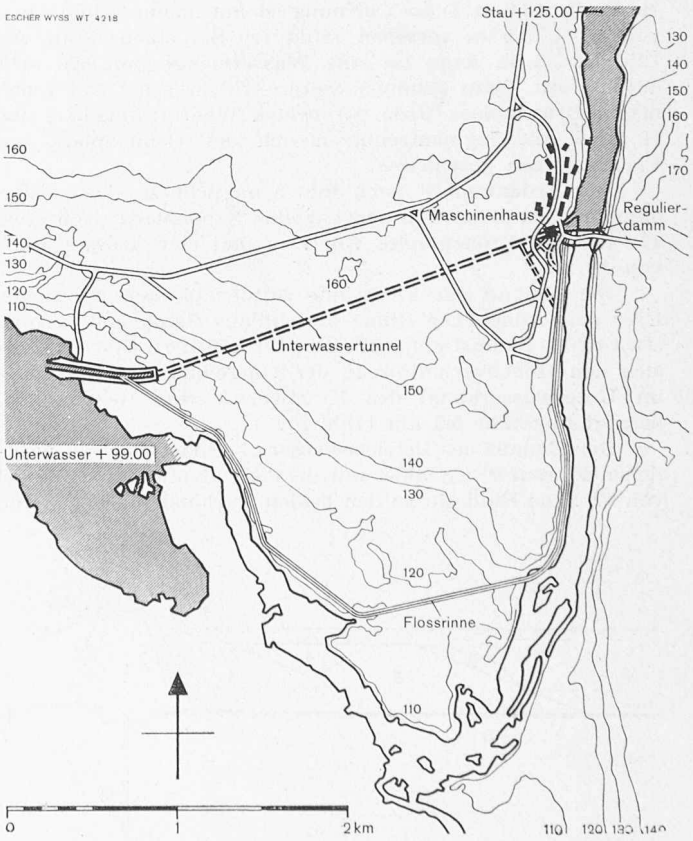


Bild 2. Lageplan des Kraftwerkes Pirttikoski, 1:45 000

Bild 3. Uebersicht über die Baustelle. Vorn links die Flossrinne, dann nach rechts anschliessend die Wehröffnung I, dann der im Bau befindliche Erddamm, ganz hinten die Wehröffnung II

öffnung I und schliesslich der Einlauf der Flossrinne. Die Wehröffnung I, die auf dem Felsen aufliegt, ist 12,0 m hoch und 16,0 m breit. Sie vermag eine Wassermenge von 1300 m^3/s abzuführen. Die Höhe der Wehröffnung II beträgt 7,5 m und die Breite 16,0 m. Diese Oeffnung ist mit einem Grundablass von 3,5 × 15,0 m versehen (Bild 7). Bei einem Stau von 125,00 m ü. M. kann sie eine Wassermenge von 670 m^3/s durchlassen. Dazu kommen weitere 370 m^3/s bei voll geöffnetem Grundablass. Jede der beiden Wehröffnungen I und II wird mit Segmentschützen und der Grundablass mit Flachschützen geschlossen.

Der Erddamm ist nach Bild 5 im Schutze eines Fangdammes gebaut worden und hat eine Kronenlänge von etwa 170 m, eine Kronenbreite von 7 m und eine grösste Höhe von 18 m.

Der Einlauf der Flossrinne wurde auf dem westlichen Ufer angeordnet. Die Rinne besteht aus Beton und vermag etwa 10 000 Baumstämme pro Stunde zu fördern. Sie schmiegt sich den Höhenverhältnissen der Umgebung an und endet im Unterwasserkanal des Kraftwerks. Ihre Gesamtlänge beträgt ungefähr 5,5 km (Bild 2).

Der Einlauf des Betriebswassers befindet sich am westlichen Flussufer. Er bildet mit dem Staudamm einen Winkel von 42°. Die Einläufe zu den beiden Turbinen werden durch zwei Zwischenwände in drei Teile geteilt. Man wählte diese Bauweise, um die Schützen verkleinern und die Dachkonstruktionen leichter ausführen zu können. Die Einlaufkonstruktionen wurden aus Beton hergestellt und im Felsen verankert.

Die Einlaufrohre, die Spiralen und die Saugrohre sind aus den Bildern 9 und 10 ersichtlich. Die Länge der Einlaufrohre beträgt rd. 60 m, der Querschnitt etwa 130 m^2. Die Sprengung erfolgte aus transporttechnischen Gründen von beiden Seiten. Die von oben ausgesprengten Felsmassen wurden nach oben weggefördert, die des unteren Teils hat man auf den Boden des Saugrohres befördert, von wo sie durch den Zugangsstollen wegtransportiert wurden. Die Felsoberfläche der herausgesprengten Einläufe ist mit einer ungefähr 40 cm dicken Betonschicht, die am Felsen verankert ist, verkleidet worden. Die Felsdicke zwischen den Einlaufrohren misst ungefähr 16 m. Die Geschwindigkeit des Wassers im Einlaufrohr beträgt 2,0 m/s.

Der Maschinensaal und der Kontrollraum werden durch Kavernen gebildet. Das Kavernendach besteht aus zwei Teilen. Im «Dachfelsen» sind in bestimmten Abständen Ankereisen eingesetzt. Die Dachfläche wurde mit zwei Schichten von je 3 cm Dicke torkretiert. Jede dieser Schicht erhält eine Bewehrung aus einem geschweissten Drahtnetz,

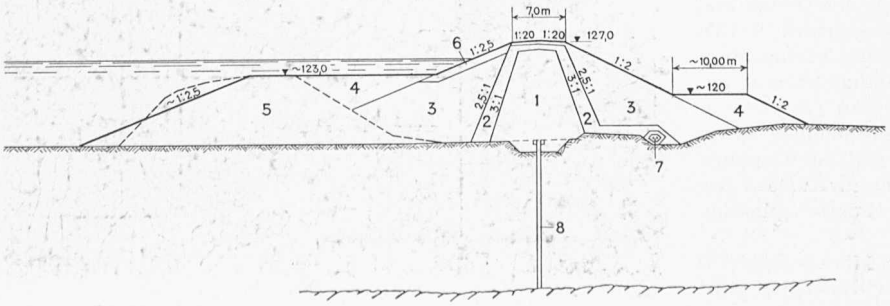


Bild 5. Querschnitt durch den Erddamm, 1:1000

1 Undurchlässiger Kern
2 Filterzone
3 durchlässiger Stützkörper, gewalzt
4 durchlässiger Stützkörper, gekippt
5 Fangdamm
6 Böschungsschutz
7 Drainage
8 Dichtungsschürze aus Betonpfählen

das jeweils an die aus dem Dachfelsen nach unten vorstehenden Ankereisen befestigt wird. Unter dem torkretierten Dach befindet sich in einem gewissen Abstand das sog. Wasserdach, das aus imprägniertem Holz besteht und von Stahlbögen getragen wird, die im Abstand von 3 m vorgesehen sind.

Die Wände des Maschinenraumes bestehen aus armiertem Beton. Zwischen diesen und den Felswänden blieb ein gewisser Abstand frei. In ihm kann allfälliges Sickerwasser aufgefangen und abgeleitet werden. Das Sprengen des Spiralen-Hohlraumes wurde nach dem «Feinsprengverfahren» ausgeführt. Anschliessend sind Wände und Böden der Spiralen mit einer dünnen Schicht von armiertem Beton überkleidet worden.

Der Lift- und Schienenschacht beginnt am östlichen Ende des Maschinenhauses und zwar auf der Höhe der Spiralendecke (96,15). Er endet auf Kote 168,8. Die lichte Weite dieses Schachtes beträgt 3,5 mal 4,1 m. Das Sprengen wurde etappenweise vorgenommen, wobei zuerst der Mittelteil ausgebrochen wurde, indem man von unten nach oben sprengte. Nachher wurde der restliche Teil mit Hilfe von Handbohrmaschinen von oben nach unten ausgehoben.

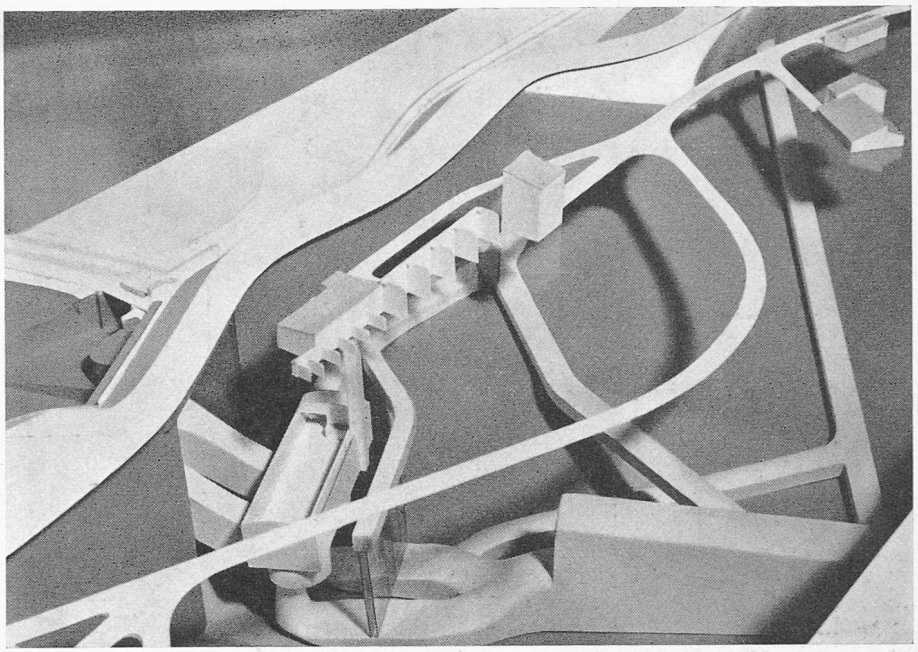


Bild 4. Das Modell des Kraftwerkes gesehen von Nord nach Süd. Links in Randmitte die Turbineneinläufe, von denen die zwei Stollen schräg nach unten zur Kavernenzentrale führen, unterhalb dieser die Turbinenspiralen, die Saugrohre, nach rechts die Schützenkammer und das Wasserschloss. Anschliessend an die Turbineneinläufe (im Bild nach oben) der Einlauf zur Flossrinne und die Wehröffnung I, anschliessend nach links der Erddamm. Von der Maschinenkaverne führt ein vertikaler Schacht zum Schalthaus und zur Schaltanlage, an deren Ende sich der Montageturm für die Transformatoren befindet. Rechts oben Werkstätte und Lagergebäude. Die schmalen Leisten stellen die Zugangs- und Transportstollen dar

Das Saugrohr besteht aus zwei Teilen, dem ungefähr 25 m hohen Vertikal- und dem 50 m langen Horizontalteil. Der Vertikalteil wurde ebenfalls in der obengenannten Weise ausgesprengt. Der obere Teil des Felsens erhielt eine Panzerung aus Stahlblech. Diese reicht soweit, als die Geschwindigkeit des Wassers im Saugrohr ungefähr über 6 m/s liegt. Unterhalb dieses Teiles ist der Fels mit einer ungefähr 20 bis 30 cm dicken Betonschicht versehen. Der Horizontalteil des Saugrohres wurde nach der üblichen Tunnelsprengmethode ausgebrochen.

Das Wasserschloss, Bilder 6 und 8, dessen Boden auf Kote 80,00 liegt, weist eine Höhe von 29 m auf und unten eine Breite von 16 m, die sich nach oben auf 17,5 m vergrössert. Die horizontale Fläche des Wasserschlosses beträgt 8000 m². Die Bemessung wurde nach dem Stabilitätskriterium von Thoma vorgenommen.

Die Querschnittsfläche des Unterwassertunnels misst ungefähr 350 m² bei einer Breite von 16 m. Die Sprengung erfolgte in zwei Teilen, wobei der Oberteil als Tunnelsprengung durchgeführt wurde. Für die Auskleidung mit Beton wählte man verschiedene Bauweisen. Sie besteht zum Teil aus armiertem Betonbogen, zum Teil wurde Torkretierung angewendet. Der Vortrieb erfolgte von beiden Seiten her. Von der Flusseite aus geschah die Wegbeförderung des Ausbruchs durch den Unterwasserstollen selbst. Am anderen Ende hingegen war man gezwungen, zwei Hilfsstollen zu bauen mit Querschnitten von je 54 m² und einer Gesamt-

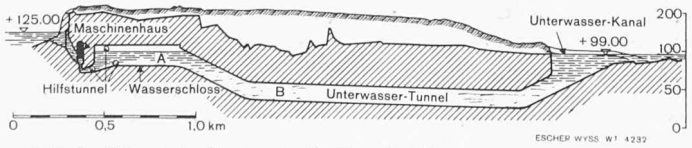


Bild 6. Längsschnitt durch die Hauptstollen

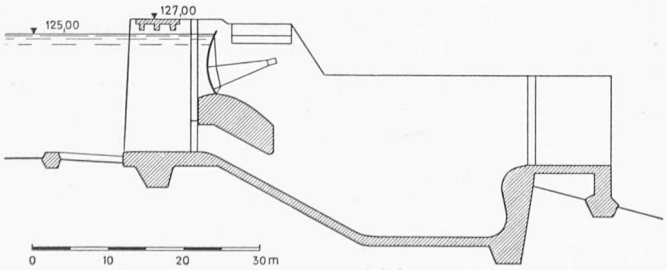


Bild 7. Wehröffnung II mit Grundablass, Masstab 1:1000

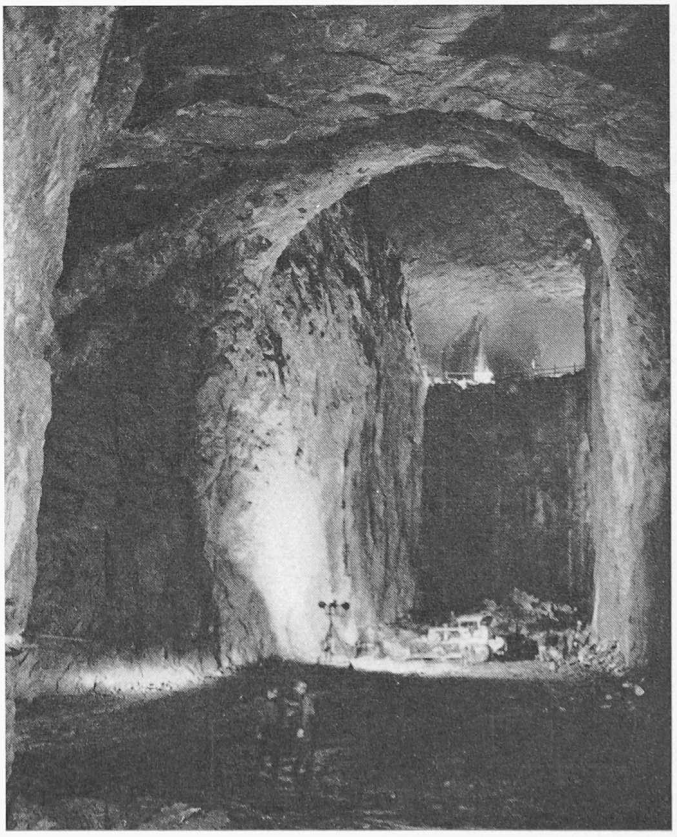
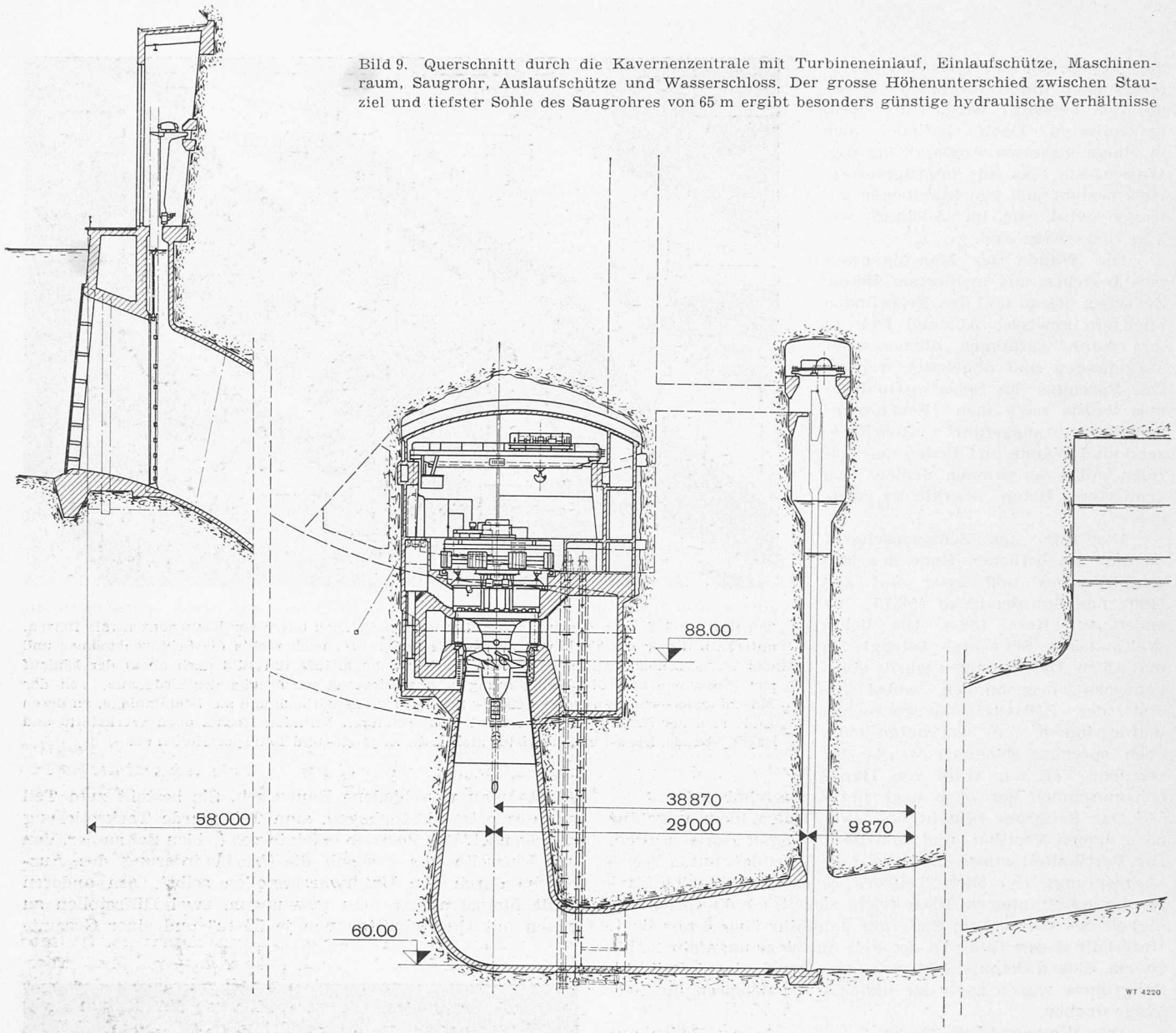


Bild 8. Sprengarbeiten am untern Teil des Wasserschlosses

Bild 9. Querschnitt durch die Kavernenzentrale mit Turbineneinlauf, Einlaufschütze, Maschinenraum, Saugrohr, Auslaufschütze und Wasserschloss. Der grosse Höhenunterschied zwischen Stauziel und tiefster Sohle des Saugrohres von 65 m ergibt besonders günstige hydraulische Verhältnisse



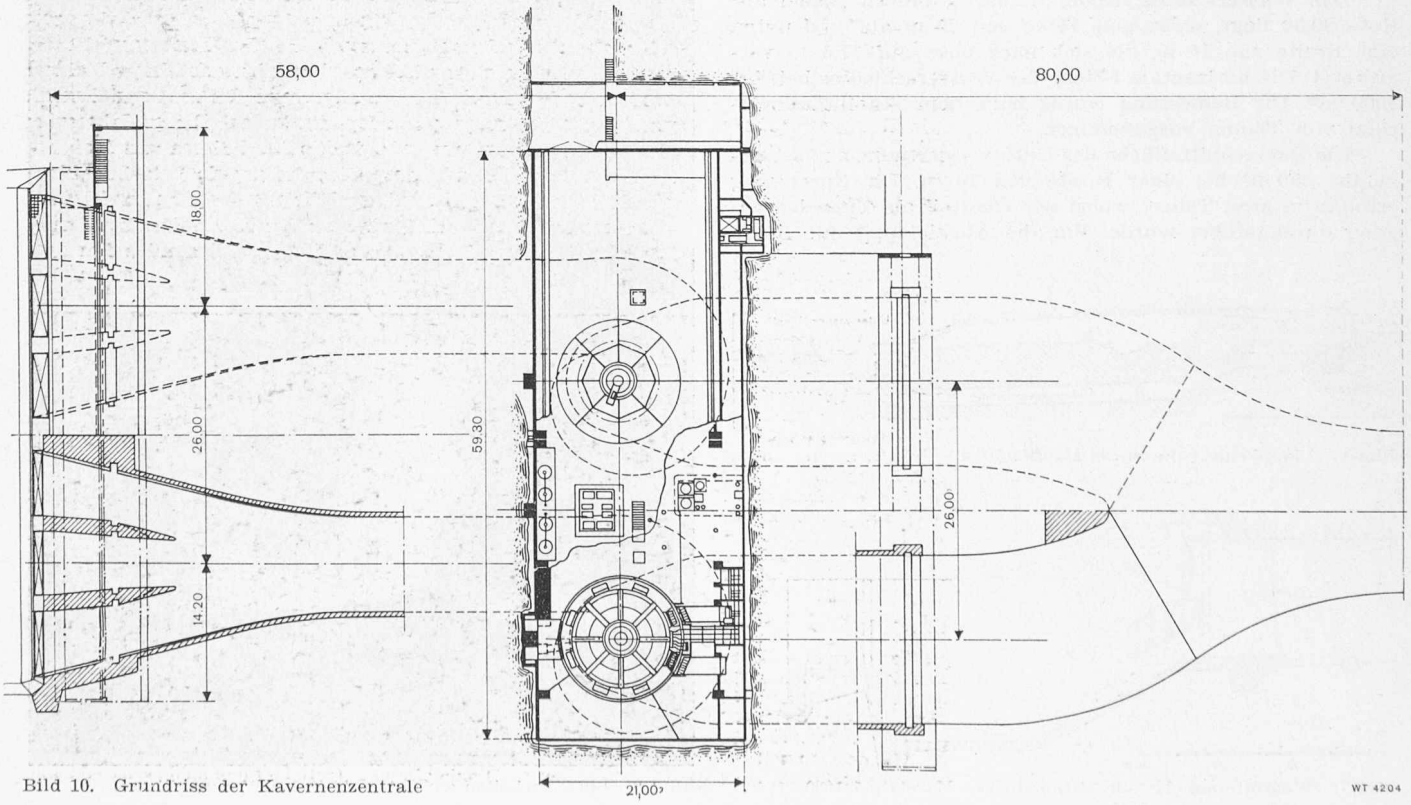
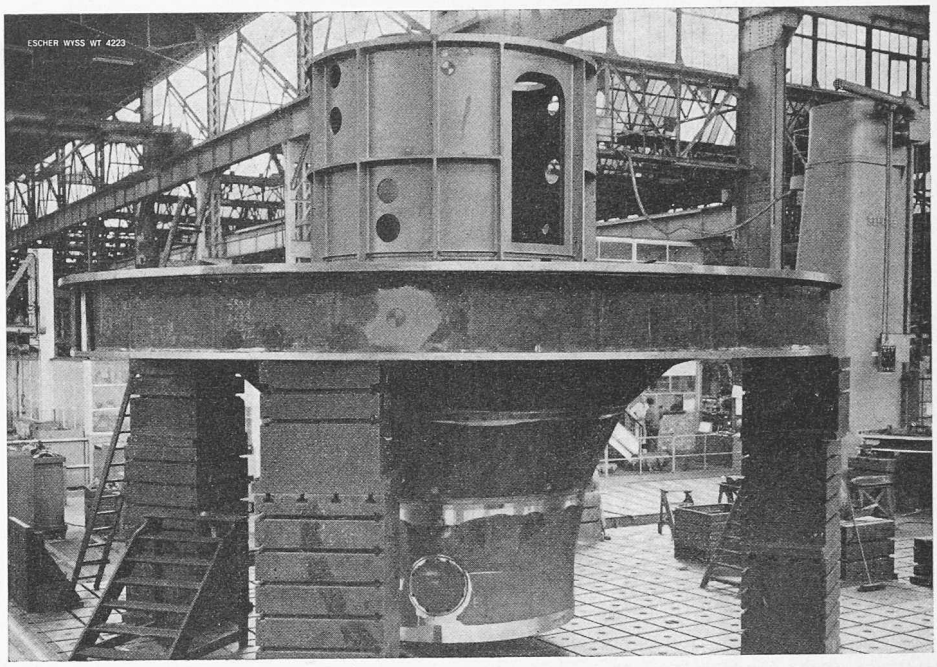
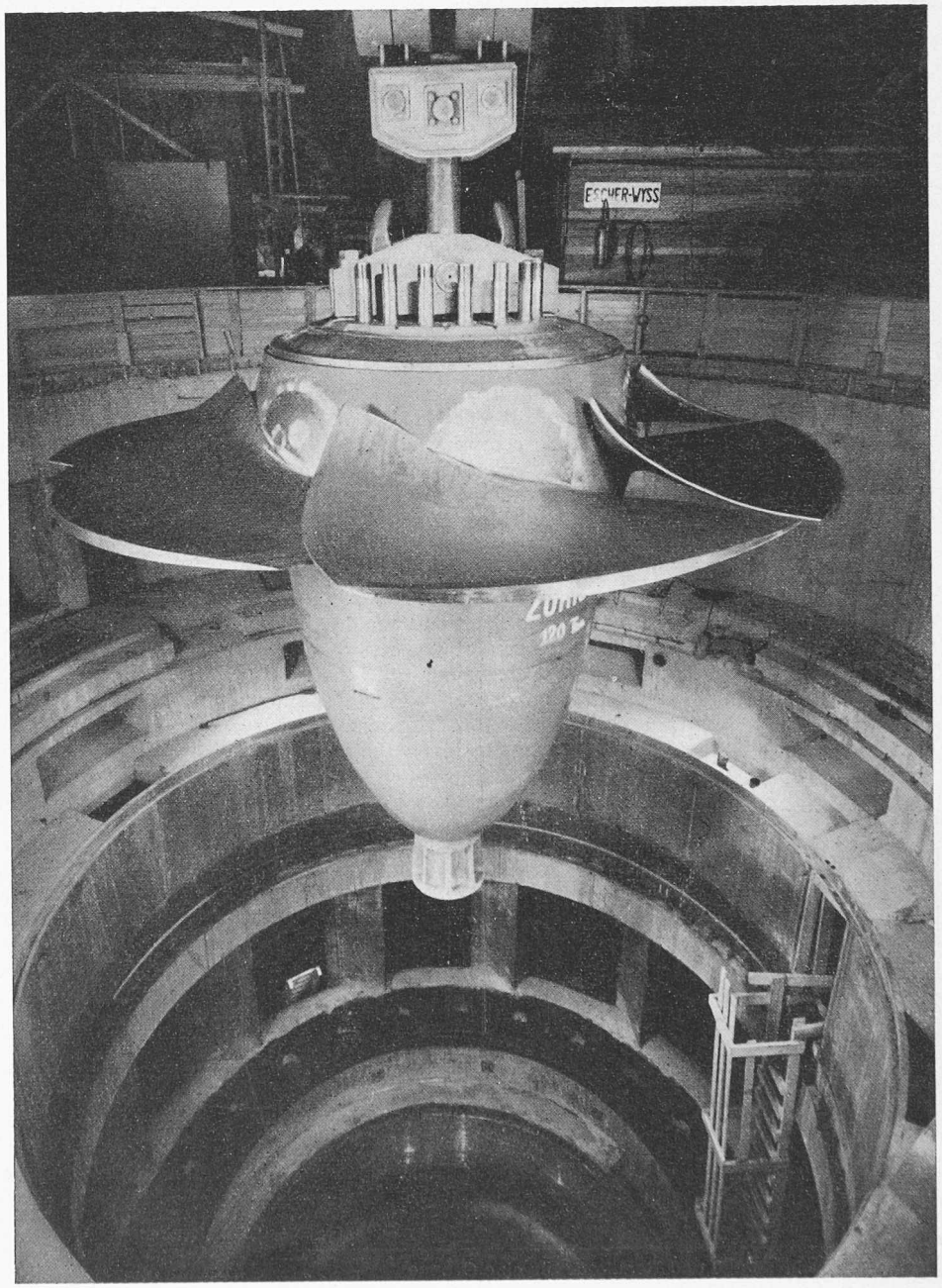


Bild 10. Grundriss der Kavernenzentrale

Bild 11. Turbinendeckel mit Stützrohr für das Spurlager und Hals für das untere Führungslager

Bild 12 (unten). Laufrad beim Einbau in den Laufradmantel





länge von 900 m. Der nördliche Hilfsstollen teilt sich in drei Arme, von denen der oberste ins Maschinenhaus führt und als Zugangsstollen für das Kraftwerk benützt wird. Ein weiterer Arm führt in den Schützenraum der Saugrohre und der unterste in den oberen Teil des Wasserschlosses. Dieser vergrössert mit seinen 1000 m² horizontaler Fläche die Funktion des Wasserschlosses und dient zugleich zu dessen Belüftung. Der südliche Hilfsstollen teilt sich in zwei Arme. Der eine führt ins Saugrohr und der andere in den Unterteil des Wasserschlosses.

Der an den Unterwassertunnel anschliessende Unterwasserkanal ist ungefähr 450 m lang und musste zum grössten Teil aus dem Felsen ausgesprengt werden.

Für den Bau wurden 65 000 m³ Beton benötigt, und es wurden etwa 2500 m² Betonwände erstellt. Der Ausbruch aus dem Berg betrug rd. 1,6 Mio m³ und derjenige der Erdmassen rd. 0,5 Mio m³.

Im Maschinenraum sind zwei fahrbare Krane von 150/30/10 t Tragkraft mit Hubhöhen von 17/17/50 m und mit Geschwindigkeiten von 0,6/3/6 m/min eingebaut. Dazu kommt ein Kran im Montageturm der Transformatoren mit 125/10 t Tragfähigkeit, einer Hubhöhe von 15,7 und einer Geschwindigkeit von 0,5 m/min.

Die Anlage Pirttikoski wird als Zentrum für den oberen Kemi-Fluss ausgebaut. Für den Bau wurden provisorische Gebäude für etwa 800 Personen mit Werkstätten und einer Betonfabrik mit einer Leistung von rd. 300 m³/Tag erstellt. Für den Betrieb ist eine Schaltanlage und eine Transformatorenstation eingerichtet worden. Dem Werkpersonal stehen neue Gebäude für 51 Familien sowie ein Klubhaus, eine Wärmezentrale, Saunas und dgl. zur Verfügung. Die Gesamtkosten betrugen 8850 Mio FMk., wobei die Kosten für die Regulierung des oberen Wassersystems nicht eingeschlossen sind. Die Bauarbeiten konnten Ende 1959 abgeschlossen werden.

Die Kaplanturbinen

Von **H. Obrist,** Ingenieur, Zürich

Die zwei im Kraftwerk Pirttikoski eingebauten vertikalachsigen Maschinengruppen bestehen je aus einer Kaplan-Turbine und einem Drehstromgenerator. Sie