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

Artikel: Das Kraftwerk Pirttikoski in Finnland: die Kaplanturbinen
Autor: Obrist, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-64839

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

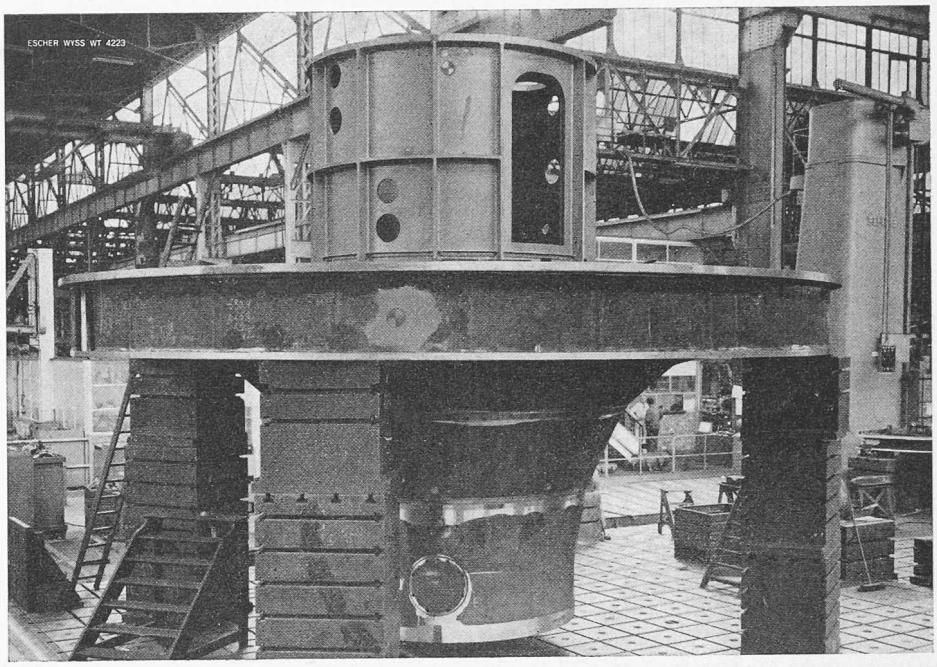
Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

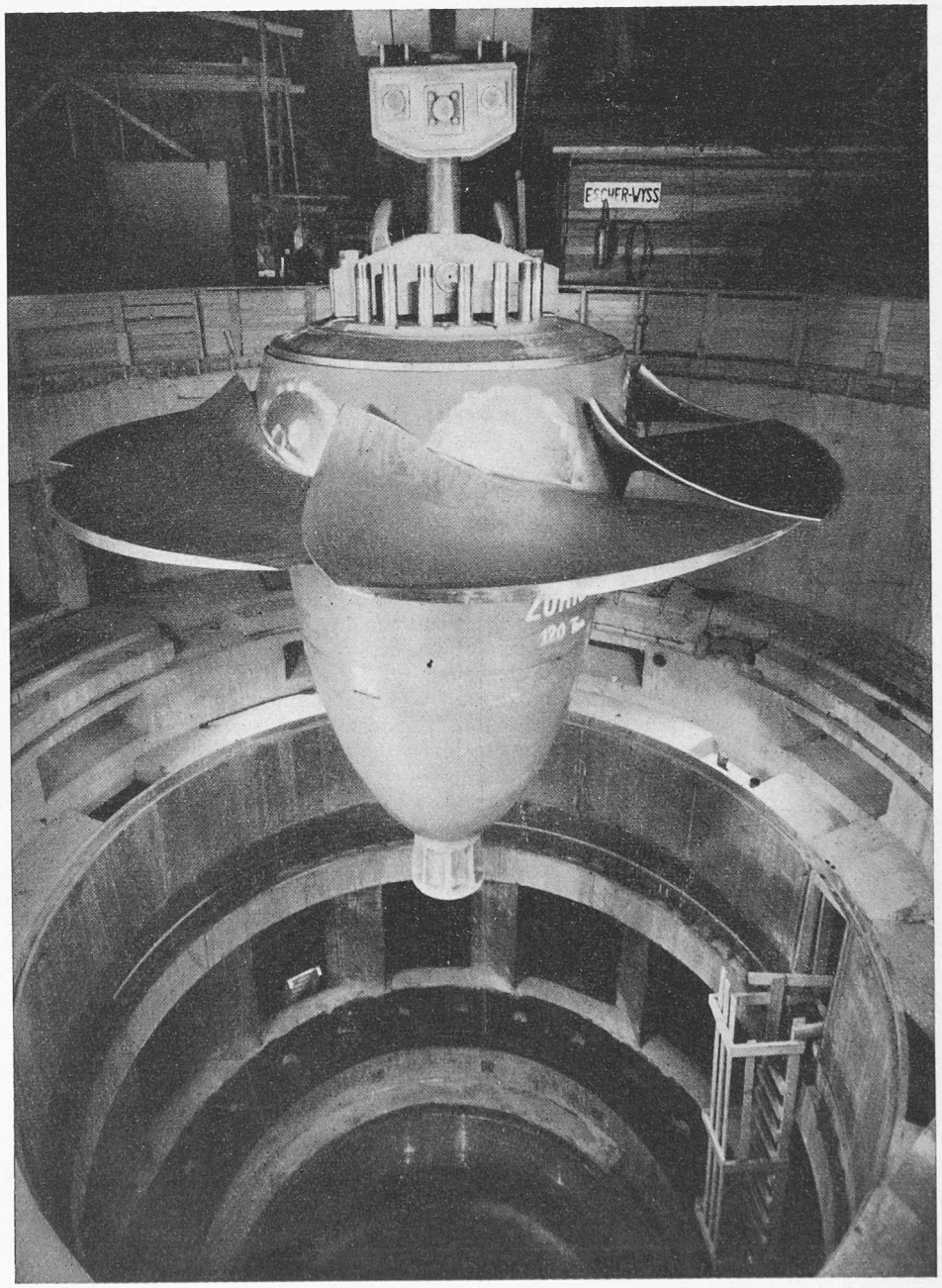
Download PDF: 10.12.2025

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

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

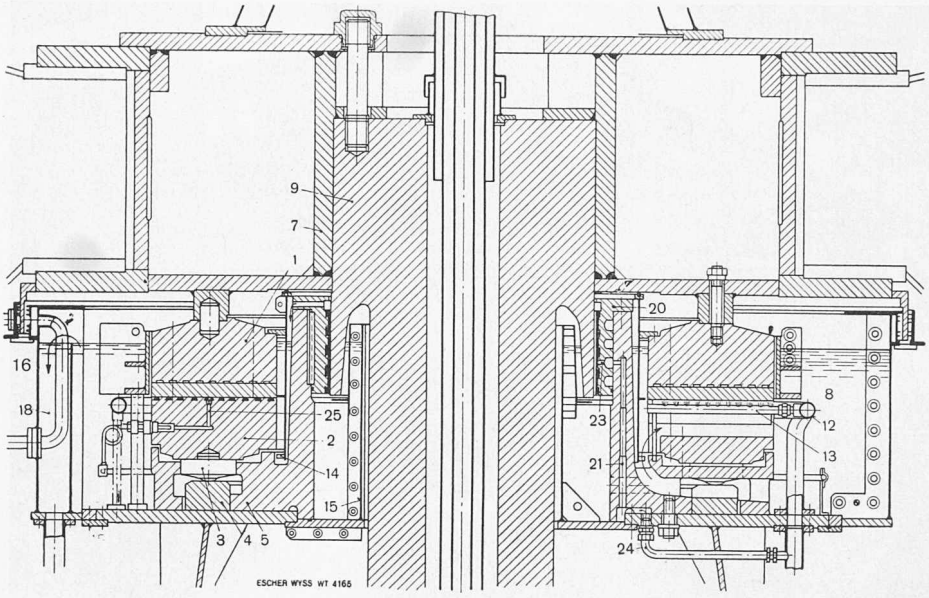


Bild 13. Schnitt durch das Spurlager. Die Welle ist durch die Lagerschale 20 geführt, die in den nach oben verlängerten Käfigring 5 eingebaut ist. Von der Ringleitung 12 erhält die Lagerschale 20 über die Leitung 24 und die Bohrungen 21 und 23 gekühltes Frischöl

1 Umlaufender Spurring
2 Segmente
3 Kippkörper
4 Auflagering
5 Käfig zum Distanzieren der Segmente
7 Mitnehmer
8 Oelbad
9 Welle
12 Ringleitung für die Oelzufuhr
13 Radiale Oelleitungen, an 12 angeschlossen und zwischen je zwei Segmenten angeordnet
14 Zentrale Schraubenpumpe
15 Standrohr zur Begrenzung der inneren Höhe des Oelbades
16 Ueberfallkante zur Begrenzung der äusseren Höhe des Oelstandes
18 Oelablauf
20 Radiallager
21 Bohrungen
23 Bohrungen
24 Frischölleitung
25 Drucköleinspritzung

sind zu einer gedrängten Einheit zusammengefasst (Bild 15). Turbine und Generator sind in der Höhe so angeordnet, dass zwischen ihnen ein Raum frei bleibt, von dem aus beide Maschinen bequem zugänglich sind. Die örtlichen Verhältnisse erlaubten, den vertikalen Teil der Saugrohre ausserordentlich hoch auszuführen, wodurch sehr günstige Saugrohrverhältnisse geschaffen werden konnten.

Jede Gruppe hat nur eine Welle für Turbinenlaufrad und Generatornabe, die an deren Enden angeflanscht sind. Das Laufrad weist sechs drehbare Schaufeln auf, diese sind über einen Verstellmechanismus mit einem Kolben verbunden, der sich in einem in der ölgefüllten Laufradnabe untergebrachten Oeldruckzylinder bewegt. Die Zufuhr von Drucköl erfolgt durch zwei konzentrisch in der Welle angeordnete Rohre.

Das Laufrad ist von einem Laufradmantel in Schweisskonstruktion umschlossen, dessen unterer Teil mit einem rostfreien Belag versehen ist. Unterhalb des Laufradmantels ist das Saugrohr im Bereich einer bestimmten Wassergeschwindigkeit mit einer Panzerung versehen, um den oberen Teil des aus Beton bestehenden Saugrohres gegen Wasserangriffe zu schützen.

Die unteren Zapfen der verstellbaren Leitschaufeln drehen in Lagerbüchsen im unteren Leitradring. Diese sind von einem Ringraum aus zugänglich, der zwischen oberem Laufradmantel und Spiralbetonkegel ausgespart ist. Sie können von dort her somit kontrolliert oder ersetzt werden. Die im Turbinendeckel eingesetzten Lagerbüchsen der oberen Leitschaufelzapfen sind nach Wegnahme der an diesen Zapfen angreifenden Verstellhebel zugänglich. Der Turbinendeckel liegt mit seinem äusseren Flansch auf einem Stützschaufelring auf. Die feststehenden Stützschaufeln haben am oberen Ende Auflageflächen für die am Stützschaufelring angebrachten Supporte, so dass eine einwandfreie Gewichts- und Kraftübertragung über die Stützschaufeln in das Fundament erfolgen kann. Die Stützschaufeln sind oben und unten mit Fundamentankern versehen, so dass die noch verbleibenden, vom Wasserdruck auf die Spiralendecke herrührenden Auftriebskräfte von den unteren Fundamentteilen aufgenommen werden.

An der unteren Seite des Turbinendeckels ist ein rohrartiges Stück angeflanscht, der Lagerhals, der das Turbinen-Führungslager aufnimmt sowie die darunter angeordnete Abdichtung. Diese besteht aus einer Serie von Kohleringen, die gegen eine auf der Welle angebrachte Büchse dichten, so dass die Welle selbst nicht angegriffen werden kann. Das Führungslager erhält eine reichliche Oelfüllung, die durch eine auf der Welle angeordnete Pumpvorrichtung umgewälzt wird. Das Innere des Lagerhalses ist vom Raum zwischen Turbinendeckel und Welle aus zugänglich. Ein am unteren Ende des Lagerhalses angebrachter und nach innen ausbaubarer Mannlochdeckel gestattet vom Innern des Lagerhalses aus eine begrenzte Kontrolle des Spaltraumes. Da anzunehmen ist, dass dieser Raum nach einer gewissen Betriebszeit rundherum das gleiche Aussehen annehmen wird, vermittelt die erwähnte Kontrollmöglichkeit eine Vorstellung vom Zustand der Lauf- und Leitschaufeln sowie

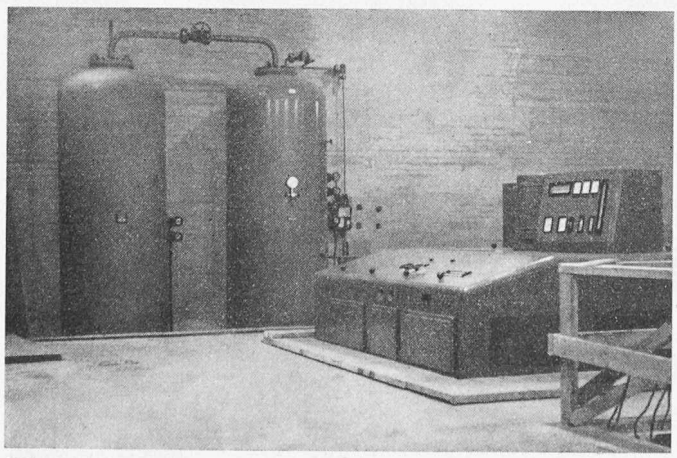
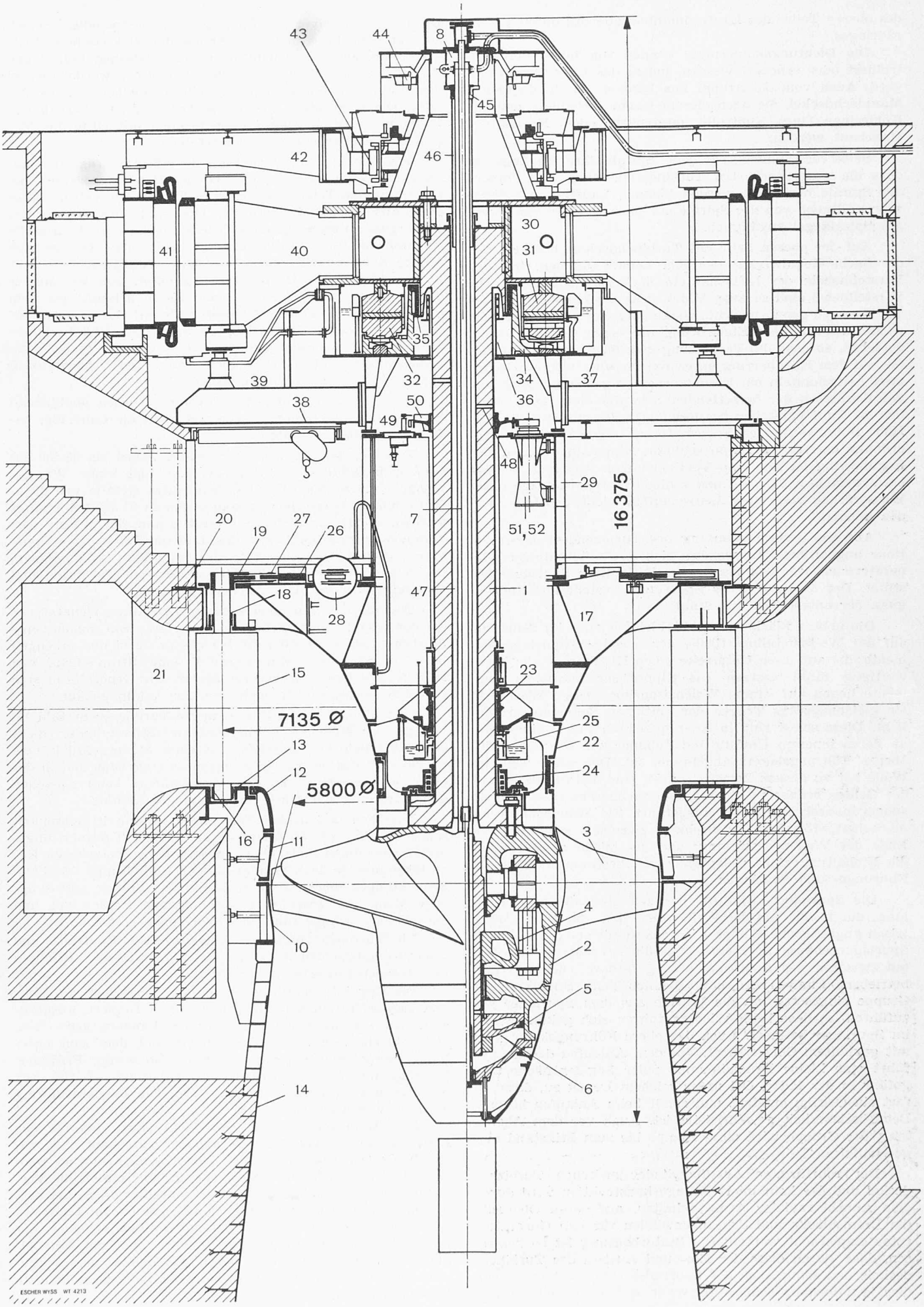


Bild 14. Drucklanlage und Regulator für eine Gruppe

Bild 15 (rechts). Längsschnitt 1:73 durch eine Maschinengruppe

1 Welle
2 Laufradnabe
3 Laufschaufel
4 Verstellmechanismen
5 Verstellzylinder
6 Kolben
7 Oelzuleitungen
8 Oelzuführung
10 Unterer Laufradmantel
11 Oberer Laufradmantel
12 Uebergangsteil
13 Unterer Leitradring
14 Saugrohrpanzerung
15 Leitschaufeln
16 Lagerbüchsen
17 Turbinendeckel
18 Lagerbüchsen
19 Verstellhebel
20 Stützschaufelring
21 Stützschaufeln
22 Lagerhals
23 Führungslager
24 Dichtungsvorrichtung
25 Pumpvorrichtung
26 Regulierring
27 Lenker
28 Servomotoren
29 Stützrohr
30 Nabenstück
31 Spurring
32 Segmente
34 Haltering mit Lagerkörper
35 Oberes Führungslager
36 Standrohr
37 Spurlagergehäuse
38 Radiale Abstützarme
39 Bremszylinder und Schraubvorrichtung
40 Generatorrotor
41 Generatorstator
42 Armstern
43 Erreger
44 Pendelgenerator
45 Aeussere Drosselbüchse
46 Ableitungsrohr
47 Hohlraum in der Welle zum Auffangen des Sickeröles
48 Radiale Bohrungen zur Weiterleitung des Oeles
49 Auffangraum für das Sickeröl
50 Zahnrad mit Sicherheitspendel
51 Umwälzpumpe für das Spurlageröl
52 Regulierölpumpen


43
44
8
45
42
46
41
40
30
31
35
32
34
37
39
38
50
36
49
48
29
16 375
7
51,52
20
19
27
26
18
28
47
1
17
21
15
23
7135 Ø
25
22
13
12
24
5800 Ø
16
11
3
4
10
2
5
6
14
ESCHER WYSS WT 4213

des oberen Teiles des Laufradmantels und des unteren Leitradringes.

Die Dichtungskohleringe können von innen her kontrolliert oder erneuert werden, indem das Lager ausgebaut wird. Auch vom Spaltraum aus können durch diejenigen Mannlochdeckel, die nach diesem Raum ausbaubar sind, die Kohleringe einer Kontrolle unterzogen oder Ersatzringe eingebaut werden.

Selbstverständlich hat jede Spirale ihre Zugänge, so dass die wasserberührten Turbinenteile auch vom Innern der Spirale besichtigt werden können. Laufrad und Saugrohr sind auch von der Spirale her nach Oeffnen von Türen am Spiralkegel zugänglich.

Auf der oberen Seite des Turbinendeckels befindet sich der flache Regulierring, der über Lenker mit den einzelnen Verstellhebeln der Leitschaufeln in Verbindung steht. Die Verstellhebel sind so ausgebildet, dass die Leitschaufeln bei der Montage genau in Schliesslage gebracht werden können. Ausserdem ist diese Einrichtung mit einer Bruchsicherung versehen, so dass die Verbindung zwischen einer Leitschaufel und dem Regulierring unterbrochen wird, wenn zwischen zwei Leitschaufeln ein Fremdkörper eingeklemmt wird und das Schliessen der betreffenden Schaufel nicht mehr möglich ist. Zum Verstellen des Regulierringes sind auf gleicher Höhe mit diesem vier Servomotoren eingebaut; diese Anordnung der Servomotoren schliesst Kippmomente aus. Der Regulierring ist mit zwei Verriegelungen versehen, so dass bei abgestellter Turbine und fehlendem Oeldruck die unter Wasserdruck stehenden Leitschaufeln nicht geöffnet werden können.

Auf dem inneren Umfang des Turbinendeckels ist ein Rohr angeordnet, auf welches sich das unterhalb der Generatornabe oder des Tragkopfes befindliche Spurlager abstützt. Der obere Teil des Spurringes besteht aus Spezialguss, der untere Teil aus Stahl.

Die untere Fläche dieses Stahlringes ruht im Stillstand auf der Weissmetalloberfläche der einzelnen Spurlagersegmente, die auf ihrer Unterseite einen Kippkörper aus hochwertigem Stahl besitzen. Die Kippkörper sämtlicher Segmente liegen auf einem Weicheisenring, dessen Elastizität ein gleichmässiges Tragen der einzelnen Segmente ermöglicht. Diese selbst sind in einer gelochten Platte eingebaut, an deren innerem Umfang ein Zylinder zur Aufnahme des oberen Führungslagers angebracht ist. Der obere Teil der Welle hat zu diesem Zweck — auch zum Verschrauben mit der Generatornabe — einen grösseren Durchmesser und ist zudem manschettenförmig ausgeführt. Ein Standrohr in der manschettenförmigen Ausdrehung zwischen dem unteren Ende der Wellenverstärkung und der Welle gewährleistet die Einhaltung eines Oelspiegels von bestimmter Höhe im Führungs- und Spurlager.

Die Spurlager (Bild 13) besitzen aussenliegende Kühlung; durch eine von der Welle starr, bzw. durch eine elektrisch angetriebene Pumpe wird das erwärmte Oel aus dem Spurlagergehäuse über einen Oelkühler wieder in die Nuten zwischen den Spursegmenten gefördert. Die elektrisch betriebene Pumpe wird hauptsächlich beim Stillstand der Gruppe eingesetzt, um die Wärme aus dem Spurlager abzuführen, so dass beim Wiederanfahren sich gekühltes Oel im Spurlager befindet. Auch das obere Führungslager wird mit gekühltem Oel versorgt. Vor dem Anlaufen der Gruppe führt eine kleine Druckölpumpe jeder Segmentfläche, ungefähr in der Mitte, Oel unter solchem Druck zu, dass sofort ein Oelfilm entsteht und somit beim Anlaufen höchste Betriebssicherheit gewährleistet ist. Auch vor dem Abstellen jeder Gruppe wird diese Pumpe bis zum Stillstand eingeschaltet.

Der rohrförmige Abstützzylinder zwischen Turbinendeckel und der kombinierten Lagerkonstruktion wird durch eine Anzahl radialer Arme gehalten, auf deren Oberseite die Bremsblöcke und Schraubenwinden für den Generatorrotor angebracht werden. Die Statorbohrung ist so bemessen, dass durch diese der Ein- und Ausbau des Turbinendeckels und somit auch des Laufrades erfolgen kann, wenn dies je notwendig sein sollte. Wenn sich nach vieljährigem Betrieb der Ausbau des Spurlagers als notwendig erweist, so kann nach vorherigem Abbau der elektrischen Hilfsmaschinen und der Oeleinführung das zwischen Polrad und Welle angeordnete Nabenstück abmontiert werden, wobei der Rotor auf den erwähnten Schraubenwinden abgestützt wird. Dieser verbleibt an seinem Ort, und der Ausbau von Führungs- und Spurlager kann bequem mit Hilfe des Maschinenhauskranes nach oben erfolgen.

Ein leichter Armstern über dem Stator trägt die stationären Teile des Erregers und des Pendelgenerators, deren rotierende Teile an der oberen Fläche des Nabenstückes angeflanscht sind. Die auf der Oberkante des Stators des Pendelgenerators aufgebaute Oeleinführung besitzt an Stelle der üblichen Stopfbüchse eine Drosselbüchse. Die geringe Menge Sickeröl wird durch ein drittes stillstehendes Rohr in das Innere der Gruppenwelle geleitet, von wo aus es durch radiale Bohrungen in einen Raum gelangt, aus dem es wieder dem Regulier-Oelbassin zufliesst. Ein Zahnrad auf der Welle dient zum Antrieb von Spurlager- und Regulierölpumpen. Auf diesem Zahnrad ist auch ein Sicherheitspendel angebracht, das bei einer bestimmten Ueberdrehzahl auf eine Schliesseinrichtung wirkt.

Bei der Ausführung der Turbinen wurden weitgehend Schweisskonstruktionen angewendet. Nur die Laufräder bestehen aus Spezialstahlguss.

Jede der Turbineneinheiten leistet 74 600 bis 83 400 PS bei einem Gefälle von 22,11 bis 29 m und einer Wassermenge von 286 bis 232 m^3/s. Bei einem Gefälle von 29 m und erhöhter Wassermenge können bis zu 91 300 PS erzeugt werden. Die Drehzahl beträgt 115,4 U/min, der grösste vorkommende Axialschub auf das Laufrad 780 t. Das Spurlager (Bild 13) hat eine Totallast von 1300 t aufzunehmen, die sich aus dem Gewicht der rotierenden Turbinen- und Generatorteile und dem Axialschub ergibt.

Die mit den Turbinen zusammengebauten Generatoren wurden von Siemens-Schuckert geliefert. Sie haben eine Leistung von je 70 000 kVA bei $\cos \varphi = 0{,}95$ und erzeugen bei einer Spannung von 13 800 V eine Stromstärke von 2930 A. Die Frequenz beträgt 50 Hz. Die Generatoren sind für eine Durchgangsdrehzahl von 290 U/min gebaut.

Den Einbau des Laufrades in die Turbine zeigt Bild 12. Der an der Nabenspitze angebrachte Stützzylinder dient zum Abstellen des Laufrades auf einer Montagebrücke, die im Oberteil des vertikalen Saugrohres eingebaut und in der Höhe so angeordnet ist, dass das Laufrad beim Abstellen genau in die gewünschte Höhe zu liegen kommt.

Zwischen den beiden Turbogruppen sind in symmetrischer Stellung die Regulatoren der beiden Turbinen angeordnet und ihnen gegenüber, an der oberwasserseitigen Kavernenmauer, je zwei Windkessel für jede Gruppe (Bild 14). Zwei Pumpen dienen zum Entleeren von Spirale und Saugrohr, wenn eine Inspektion vorgenommen werden soll, und eine weitere Pumpe führt das Sickerwasser ab.

Die Turbinen sind mit einer Anzahl Kontroll- und Ueberwachungseinrichtungen für Schmierung, Kühlung und Temperaturmessung versehen.

Die Regulatoren für gleichzeitiges Verstellen von Leit- und Laufschaufeln sind mit elektrischen Reglern ausgerüstet. Hierfür wird das in nordischen Ländern verbreitete elektronische System ASEA benützt, mit dem sich unter Verwendung einer sogenannten Zentralsteuerung Frequenz, Leistung und Statik durch je ein Potentiometer für alle Maschinen gemeinsam einstellen lässt. Die Betriebsführung wird so wesentlich erleichtert.

Die Steuerschieber für den Leitapparat und für das Laufrad sind in das Regulatorgehäuse eingebaut, das zugleich als Oelbassin dient. Der Leitrad-Steuerschieber wird vom elektrischen Regler beherrscht und übernimmt die Verteilung des Drucköles auf die Druckräume der Leitrad-Servomotoren. Die Steuerung des Drucköles im Laufrad-Servomotor erfolgt durch den Laufrad-Steuerschieber, der unter Zwischenschaltung einer Steuerwalze vom Leitrad-Servomotor verstellt wird. Durch Herstellen der vorgeschriebenen Abhängigkeit wird bei jeder Last die günstigste Wasserausnützung erreicht.

Die bereits erwähnten Windkesselgruppen enthalten zwei Behälter; der eine ist vollständig mit Pressluft, der andere zu rd. 3/4 mit Oel gefüllt, das von einer von der Turbinenwelle starr, bzw. von einer elektrisch angetriebenen Pumpe geliefert wird. Diese wird in der Regel vor dem Anfahren der Turbine eingeschaltet und dann abgestellt, wenn die starrangetriebene Pumpe die Oelversorgung übernommen hat. Die Behälter sind miteinander verbunden und stehen daher unter dem gleichen Druck. Das Oelvolumen eines Druckbehälters reicht für mehrere Regulierhübe von Lauf- und Leitrad aus. Eine weitere, von der Turbinenwelle aus angetriebene Notpumpe fördert im Normalbetrieb das Oel über einen Kühler in das Regulatorbassin zurück. Das Druckölsystem steht unter einem Druck von 40 bis 50 kg/cm². Das auf der Turbinenwelle angebrachte Sicherheitspendel löst bei einer Ueberdrehzahl von 150 % aus, worauf die starrangetriebene Notpumpe das Oel infolge besonderer konstruktiver Ausbildung des Leitrad-Steuerschiebers direkt in die Schliesszylinder der Leitapparat-Servomotoren drückt.

Die Drucköl-Versorgungsanlage ist mit Kühlern, Zweipunkt-Druckregler, Niveaumetern, verschiedenen Druckschaltern und Manometern versehen, sowie mit den notwendigen elektrischen Schaltern, Kontakt-Einrichtungen, Relais usw.

Die erste Gruppe wurde Mitte Dezember 1959 in Betrieb gesetzt und liefert seit dieser Zeit ihren Anteil an die finnische Energiegewinnung aus den dortigen Wasserkräften. Die zweite Gruppe wird anfangs April betriebsbereit sein.

Adresse des Verfassers: Ing. *H. Obrist*, Escher Wyss AG, Zürich

Hartbeton

Von **Georg Gruner**, Ingenieur, Basel DK 666.972.12

Unter Hartbeton versteht man einen Beton, der durch Beimischung von harten und widerstandsfähigen Zuschlagsstoffen gegen mechanische Beanspruchungen widerstandsfähiger ist als normaler Beton. In der Schweiz eignen sich die Kieselkalke der Innerschweiz und des Rheintales zu dessen Herstellung besonders gut. Nachdem der Verfasser derartigen Hartbeton früher schon verschiedentlich im Wasserbau angewendet hatte, wurde bei der Projektierung des Neubaues der Schweizerischen Kreditanstalt in Basel (Architekten Suter & Suter, Basel) durch systematische Versuche bei der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (EMPA) abgeklärt, ob sich derartiger Hartbeton auch für den Tresorbau eigne.

Ein Banktresor soll möglichst feuersicher sein und einem Einbrecher einen möglichst grossen Widerstand entgegensetzen. Früher hat man versucht, dies durch engmaschige Armierungen zu erreichen. Nachdem die Einbrecher dazu übergegangen sind, diese Armierungen mit autogenen Schweissapparaten durchzuschneiden, werden in neuerer Zeit die Tresorwände mit Beton höherer Qualität dicker bemessen und weniger stark armiert.

Die Zusammensetzung des Versuchsbetons an der EMPA bestand aus gewöhnlichem Kies-Sand-Material, wie es in den Gruben von Basel und Zürich zur Verfügung steht, und aus Hartgesteinen, wie sie in den Steinbrüchen von Kehrsiten und Buchs im Rheintal anfallen. Die Parallelversuche haben gezeigt, dass im Mittel die Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen 16 bis 23 % höher war als bei Anwendung gewöhnlicher Zuschlagsstoffe.

An Würfeln von 40 cm Kantenlänge wurden Sprengversuche ausgeführt. Auf diesen wurde in der Mitte der oberen Fläche jeweils eine Normalladung von 50 g Plastit aufgeklebt. Erwartungsgemäss waren diese Hartbetonwürfel nur schwach durch Risse beschädigt, während beim Normalbeton die Würfel stark zerrissen und in ihrem Gefüge zerstört waren. Das Volumen des Sprengtrichters reduzierte sich beim Hartbeton auf 55 % desjenigen bei den Normalbetonwürfeln. — Die Versuche mit dem Bohrhammer haben leider keine eindeutigen Resultate ergeben.

Auf Grund der Versuchsresultate hat man sich entschlossen, den Tresor in der Schweizerischen Kreditanstalt in Basel aus Hartbeton mit folgender Zusammensetzung zu betonieren: Beton PC 350 kg mit Zuschlagsstoffen aus den Basaltwerken Buchs im Rheintal, die sorgfältig nach der EMPA-Kurve gemischt waren. Die Verarbeitbarkeit dieses Betons ist weniger einfach als bei Beton mit normalen Zuschlagsstoffen. Dies rührt daher, dass der verwendete Kieselkalk sperrig ist und aus gebrochenem Material besteht. Gegenüber normalem Beton muss man deshalb stärker vibrieren, um die gewünschten Festigkeitseigenschaften zu erhalten. Die Betonfestigkeiten nach 28 Tagen entsprachen den Erwartungen der Versuche in der EMPA.

Beim Tresor der Handwerkerbank in Basel (Architekten Bräuning & Dürig, Basel) wurde zusätzlich zur Mischung beim Tresor der Schweizerischen Kreditanstalt «Verflüssiger W. S.» der Firma Woermann in Sarnen beigegeben, nachdem man auf Grund von sorgfältigen Vorversuchen herausgefunden hatte, dass hierdurch die Festigkeit noch weiter um mindestens 30 % erhöht werden konnte.

Beim Wasserbau bildet der Hartbeton einen wertvollen Ersatz für die früheren Granitverkleidungen, die als Schutz gegen die Abnützung durch den Geschiebetrieb an Pfeilern und Wehrschwellen angebracht wurden. Diese haben sich häufig nicht bewährt, da sie sich im Laufe der Jahre vom Beton loslösten. Ursprünglich war der Betonkern der Wehrpfeiler in das vorgemauerte Verkleidungsmauerwerk eingebracht worden, so dass sich durch das nachträgliche Schwinden des Betonkernes ein Zwischenraum gegenüber der starren Natursteinverkleidung bilden konnte. Durch diese Trennung zwischen Granitverkleidung und Beton haben sich die statischen Verhältnisse gegenüber den rechnerischen Annahmen oft stark verschoben.

Man suchte deshalb durch Verwendung von widerstandsfähigem Beton Pfeiler herzustellen, bei denen man trotz höherer Widerstandsfähigkeit gegen Geschiebeabrieb das monolithische Verhalten garantieren konnte. Zur Lösung dieses Problemes verwendet man in neuerer Zeit bei Wehrbauten häufig Hartbeton, dessen Zuschlagsstoffe aus einem besonders harten und widerstandsfähigen Gestein bestehen.

Der Verfasser dieser Zeilen hat diese Erkenntnisse z. B. beim Stauwehr an der Sarneraa des Kraftwerkes Alpnach angewendet. Dort wurden die Pfeiler in ihrem unteren Teile und die Wehrschwelle mit einer Hartbetonschicht von 20 cm Stärke aus Zuschlagsstoffen der Steinbrüche von Kehrsiten verkleidet. Dieser Vorbeton wurde mittelst zahlreichen Ankern und einer Netzarmierung auf dem Unterlagsbeton befestigt.

Die Erfahrungen mit Hartbeton haben gezeigt, dass es möglich ist, durch Verwendung von Zuschlagsstoffen mit grosser Widerstandsfähigkeit Beton herzustellen, der gegen mechanische Angriff weit unempfindlicher ist als Beton aus normalem Kiessand. Dieser Hartbeton verlangt eine sorgfältige Ueberwachung während der Mischung und beim Einbringen. Seine Qualität kann durch die Beimischung gewisser Betonzusatzmittel noch erhöht werden. Weitere Verbesserungen können durch Beimischung von Metallen zum Beton erreicht werden. Diese erhöhen nicht nur die Widerstandsfähigkeit und Festigkeit, sondern beeinflussen auch das spezifische Gewicht, was in gewissen Fällen besonders wertvoll sein kann.

Adresse des Verfassers: *Georg Gruner*, dipl. Ing., Nauenstr. 7, Basel

Die städtebauliche Entwicklung im Birrfeld

Von Arch. **Hans Marti**, Zürich DK 711.4

Das Birrfeld, die Kornkammer des Aargaus — eingefasst im Osten vom Reusseinschnitt, im Westen vom Kestenberg, nach Norden abgegrenzt durch die Höhenzüge des Eiten- und Scherzberges, nach Süden offen — ist in den letzten Jahren in eine gewaltige Entwicklung geraten. Die Aktiengesellschaft Brown Boveri & Cie., Baden, hat einen bedeutenden Teil ihrer Produktionsstätten dorthin mitten ins freie Feld verlegt. Einige Jahre vorher war zwar schon bei der Station Birrfeld eine kleinere Fabrik der Kabelwerke Brugg entstanden, vor einigen Jahrzehnten