Das Kraftwerk Wildegg-Brugg

Autor(en): **Gysel, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **42 (1950)**

Heft 9

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-922032

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

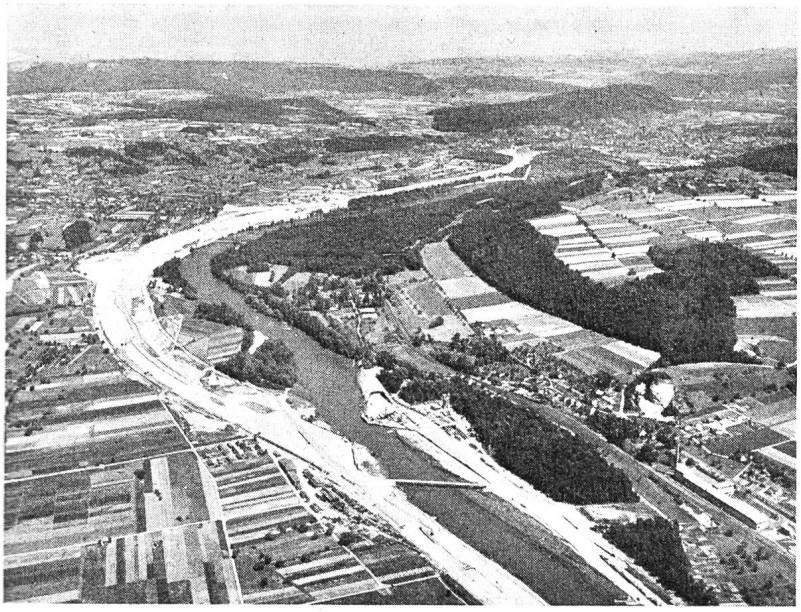

Abb. 1
Wildegg-Brugg, Flugbild der Baustellen vom Stauwehr bis Umiken

Das Kraftwerk Wildegg-Brugg

Von Dipl.-Ing *G. Gysel*

Von Umiken hinweg bis nach Wildegg hinauf erstrecken sich heute die Baustellen des werdenden Kraftwerkes an der Aare. Mit dem Fortschreiten der Bauarbeiten zeichnen sich die Umrisse der gesamten Anlage immer sichtbarer dem Landschaftsbilde ein. Da sind längs den beidseitigen Aareufern oberhalb Schinznach-Bad die Dammbauten des Staugebietes. Vom Unterwasserkanal heraufkommende Rollbahnzüge entleeren dort ihre Kieslasten, Rammen treiben Spundbohlen in den Dammuntergrund, große Bagger weiten das Bett des Aarelaufes. Umspundete Baugruben kennzeichnen die Baustellen des Stauwehres und des Dachwehres in der Aare. Deutlich ist auch schon der große Bogen des Oberwasserkanales erkennbar, wo zahlreiche Pneufahrzeuge die Massentransporte durchführen. Am unteren Kanalende ragen die Krane der Maschinenhausbaustelle. Der Baugrube entsteigen die Betonblöcke der Einläufe und Turbinenmassive. Der langgestreckte, bis zum Aareknie bei Umiken reichende Lauf des Unterwasserkanales ist bereits zu einem guten Teil in die Schachenniederungen eingegraben.

Die *Konzession* für das Kraftwerk Wildegg-Brugg ist am 30. März 1948 von der Aarewerke AG an die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) übertragen worden. Die Konzessionsstrecke schließt oberhalb der Straßenbrücke Wildegg an diejenige des Kraftwerkes Rupperswil-Auenstein an und reicht mit einer Gesamtlänge von 9,35 km bis zur Eisenbahnbrücke bei Umiken. Dem mittleren Fließgefälle der Aare von 0,17% entspricht ein natürliches Rohgefälle von etwa 15,7 m. Am Maschinenhaus schwankt das Gefälle zwischen 17,0 m bei Niederwasserabfluß von 100 m^3/s, 14,75 m bei 350 m^3/s, der Ausbauwassermenge und 11,40 m bei großem Hochwasser von 1000 m^3/s. Die Ausbauwassermenge steht durchschnittlich während 130 Tagen des Jahres zur Verfügung. Die mittlere jährliche Energieerzeugung, berechnet auf Grund der Abflußmengen der Aare in den Jahren 1916/46, wird etwa 300 Mio kWh betragen. Hievon entfallen etwa 130 Mio kWh auf das Winterhalbjahr. Vergleichsweise würde sich mit der Dauerkurve der Abflußmengen im Mittel der jüngstvergangenen 5 Jahre eine jährliche Energieausbeutung von nur etwa 260 Mio kWh ergeben. Für eingehende kleinere Kraftanlagen (Stadt Brugg, Zementfabrik Holderbank) sind jährlich etwa 8 Mio kWh als Ersatzenergie abzugeben. Bei einer Gesamtkostensumme gemäß Voranschlag von 94,5 Mio Fr. beträgt der Energiegestehungspreis etwa 2,2 Rp./kWh.

In kurzen Zügen sei zunächst das *geologisch-hydrologische Bild* des Kraftwerkgebietes gezeichnet, unter Einbezug der Verhältnisse bei der Therme des Bades Schinznach, für deren Erhaltung beim Kraftwerkbau in jeder Hinsicht und durch besondere Maßnahmen gesorgt wird.

Die Aare verläßt bei Wildegg ihren langgezogenen, in der Richtung zur Donau weisenden Lauf am Südfuß des Juragebirges und durchbricht die Bauglieder des Juraostendes, die Gislifluhkette, dann die schief ausstreichende Kalmberg-Kestenbergantiklinale und schließlich die Randkette vor dem Tafeljura. Die beiden erstgenannten Elemente zeigen im Bereiche des Aarequertales den Charakter des im Werden erstarrten Gebirges und treten in der Oberflächengestaltung des Felsuntergrundes im Talboden weniger in Erscheinung als die kräf-

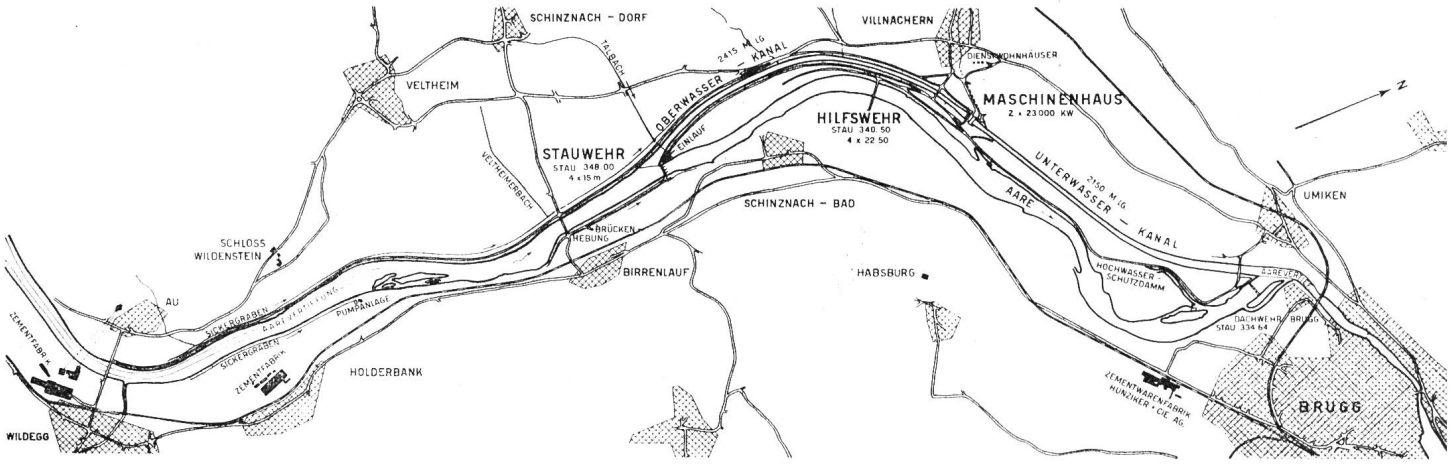

Abb. 2 Wildegg-Brugg, Lageplan 1 : 50 000

tigere, in ihrem Südschenkel den Hauptmuschelkalk mit den Thermenadern des Bades Schinznach emportragende Randkette. Nach deren Durchquerung folgt die Aare, erneut nordostwärts sich wendend, in einem Längstale der Molassemulde von Villnachern-Brugg und schneidet in der epigenetischen Felsschlucht unterhalb Umiken noch die schwach nördlich ansteigenden, flexurartig zum Tafeljura überleitenden Malmkalke an.

Das Gesteinsinventar des Felsuntergrundes reicht von der untersten Molasse bei fehlender Kreide über die Jurastufen des Malm, Dogger und Lias bis in die Trias und endigt mit der Anhydritgruppe des Muschelkalkes. Die Molasse ist vertreten durch weiche Sandsteine, teilweise von nagelfluhartigen Geröllschüben durchsetzt, und braune oder bunte, leicht verwitterbare Mergel. Gegenüber den spröderen Kalksteinen der Jura- und Triasformationen sind die Molassegesteine plastischer, deformierbarer und daher in der Regel auch dort kluftarm und dicht, wo sie von Bewegungen erfaßt wurden. Die Auflagerung der Molasse auf dem unterliegenden Jura erfolgt transgressiv, die Molassesedimentation löste eine Festlandperiode ab, während der die Oberfläche der mesozoischen Ablagerungen verwitterte und tiefgreifende, karrige, mit Bohnerzton als Auslaugungsrückstand erfüllte Taschen sich bildeten.

Der Jura setzt mit den grobbankigen, klüftigen Geißbergschichten des oberen Malm ein. Nach unten werden diese zunehmend mergeliger und gehen über in die Effingermergel und Kalkmergel. Die erwähnten Bohnerztontaschen greifen nicht tiefer als bis in die Geißbergkalke. Der Dogger ist vertreten durch vielfach oolithische, eisenschüssige Kalke und Kalkmergel. Charakteristisch sind die dunkeln, sehr zähen Opalinustone. Während der Lias nur schwach vertreten ist, beginnt die Trias mit den mächtigen, teilweise bunten, gipsführenden Keupermergeln. Dann folgen die klüftigen Dolomite und Kalke des Muschelkalkes. Ihre Unterlage bilden die Mergel der Anhydritgruppe. Diese plastisch verformbaren Mergel bilden die Hauptgleitzone des Juragebirges, innerhalb welcher bei der Auffaltung die überliegende Sedimentdecke sich vom tieferen Untergrund löste. Die Anhydritgruppe ist daher das tiefste in die Antiklinalen hinaufgepreßte Schichtglied.

Die Talböden erfüllen fluvioglaziale Schotter, deren wechselnde, bis zu 20 m betragende Mächtigkeit im Bereiche der Bauobjekte durch zahlreiche Sondierungen festgestellt worden ist. Über den Schottern findet sich fast durchgehend eine Deckschicht von Überschwemmungsschlammsanden, Absätzen untiefer, langsam fließender Hochwasserüberflutungen. Die Tatsache, daß diese Bildungen den unterliegenden Schottern in solch zusammenhängender Form fehlen, weist auf die Trägheit der heutigen Talbildung gegenüber der lebhaften Tätigkeit des Flusses zur Zeit der Verfrachtung und Ablagerung der Schotter im Zusammenhang mit der letzten Vereisung.

Die Schottermassen, deren Durchlässigkeitskoeffizient auf Grund von Wasserabpreßversuchen in Bohrlöchern zu etwa 0,01 cm/s, vereinzelt zu 0,001 bis 0,0001 cm/s bestimmt wurde, sind erfüllt vom Grundwasserstrom des Aaretales. Die Spiegellage des Grundwassers bewegt sich in Abhängigkeit vom Aarespiegel, dem natürlichen Vorfluter der Grundwasserbewegung; sie ist zudem durch die Mächtigkeit des Grundwasserträgers bedingt: höherliegende Felsschwellen beengen den Grundwasserstrom, wie z. B. am Aareknie bei Wildegg, im Gebiete des Stauwehres und vor allem oberhalb des Dachwehres, wo die Malmkalke des Nordschenkels der Randkette in der Aare eine kleine Stromschnelle bilden. Die Einengungen wirken stauend, die dazwischen sich öffnenden Schotterfelder dagegen entlastend auf das Grundwasser, was in den wechselnden Quergefällen der Spiegel zum Ausdruck kommt. Aarelauf und Grundwasserstrom überschneiden sich in mehrfacher Weise; so bewegt sich die Aare bei Birrenlauf am rechten Rande des Grundwasserstromes, beim Dachwehr dagegen auf dessen linker

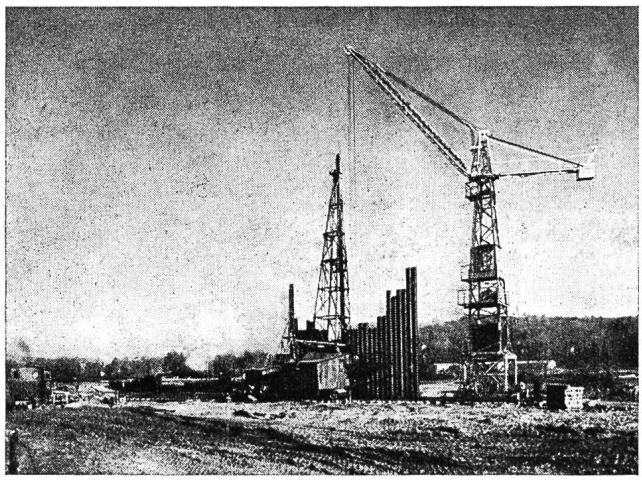

Abb. 3 Spundwandrammung im linken Aaredamm

Seite. Oberhalb Umiken wendet sich die Aare im Bogen zum Hangfuß des Bruggerberges, während der Grundwasserstrom in gestrecktem Laufe unter den südlichen Teilen der Stadt Brugg hindurch sich fortsetzt. Im Überschneidungsgebiete sind starke Infiltrationen von Flußwasser in das Grundwasser nachgewiesen.

Um die Veränderungen der Grundwasserspiegel durch Bau und Betrieb des Kraftwerkes feststellen zu können — Grundwasseranstieg im Staugebiet in Folge des Aareaufstaues, Absenkung im Bereiche des Unterwasserkanales — ist auf ausgewählten Talquerprofilen ein ausgedehntes Netz von Grundwasserröhren mit zugehörigen Flußpegeln eingerichtet worden. Regelmäßige Spiegelbeobachtungen liegen seit August 1947 vor, fast zwei Jahre vor Baubeginn. Vergleiche der Spiegellagen während Perioden von ungefähr konstanter, gleicher Wasserführung der Aare vor und nach dem Bau und Aareaufstau werden unter Ausschaltung der durch das Schwanken der Aarewasserführung bedingten Spiegeländerungen die durch das Kraftwerk verursachten Einflüsse erkennen lassen.

In den umliegenden Grundwasserfassungen werden außer den Spiegelbeobachtungen auch chemisch-bakteriologische Untersuchungen durchgeführt. Der chemisch-bakteriologische Zustand des Aarewassers ist ebenfalls Gegenstand periodischer Kontrollen. Die gewonnenen Beobachtungen werden die Frage allfälliger Beeinflussungen der Selbstreinigungskraft des Flusses durch die Stauhaltung beantworten.

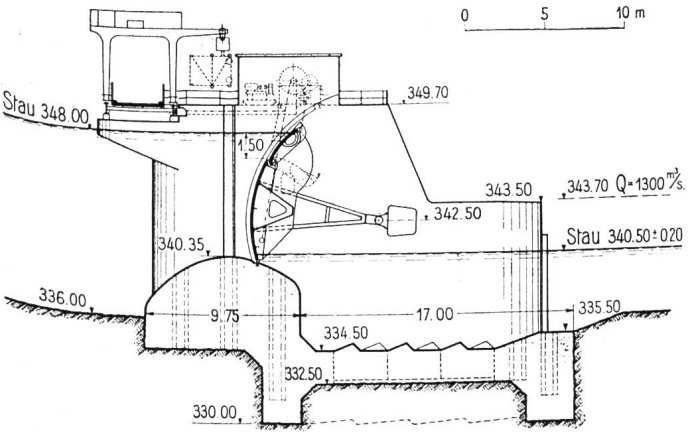

Abb. 4 Wildegg-Brugg, Querschnitt durch das Stauwehr

Die Therme des Bades Schinznach bildet zusammen mit den Quellen von Baden und mehreren kleineren Quellaustritten im östlichen Jura eine Thermengruppe mit übereinstimmenden Entstehungsbedingungen: die klüftigen Kalke und Dolomite des Hauptmuschelkalkes (Trigonodusdolomit, Nodosus- und Trochitenkalk) bilden den Quellenträger, der nach unten und oben durch dichte Schichtglieder abgeschlossen ist, oben durch die Keupermergel und an der Basis durch die Mergel der Anhydritgruppe, wo das eingesickerte Wasser, Gips, Anhydrit und Steinsalz löst. Zirkulationsströmungen fördern das in der Tiefe erwärmte Wasser empor, und in den Taleinschnitten an den niedrigsten, durch die Erosion geschaffenen Entblößungsstellen ungefähr treten die Thermenadern zu Tage. In Schinznach-Bad ist der Bereich der Austritte von Schottern bedeckt, das Thermenwasser gelangt teilweise in das sie erfüllende Grundwasser und zieht mit dem Grundwasserstrom talwärts. Bis nach Brugg ist die Thermalwasserbeimischung zum Grundwasser durch die chemischen Untersuchungen in den am Wege liegenden Fassungen nachgewiesen. Umgekehrt gelangt auch Grundwasser in den nicht ganz dichten Thermenschacht des Bades und je nach Höhe des umgebenden Grundwasserspiegels mischt sich mehr oder weniger Grundwasser dem Thermenergusse bei. Hohe Aare- und Grundwasserstände bedingen einen größeren Gesamterguß mit geringerem Lösungsgehalt, niedrige Stände geringeren Erguß mit höherer Konzentration an gelösten Stoffen. Die beim Bau des Kraftwerkes zu treffenden Maßnahmen und Rücksichten gehen nun alle dahin, den bisher mittleren Spiegel der Grundwasserumgebung des Schachtes möglichst unverändert zu erhalten und zu verhindern, daß unerwünschte Sickerungen in den Thermenträger gelangen. Die chemischen und hydrologischen Verhältnisse der Therme sind vor Beginn der Kraftwerkbauten systematisch untersucht worden. Die Untersuchungen werden während des Baues und nach Betriebsbeginn fortgesetzt.

Das *Stauwehr* befindet sich 750 m oberhalb des Bades an einer Stelle, wo der nur etwa 2–4 m unter der Flußsohle anstehende, in der Richtung zum Staugebiet einfallende Fels (Kalke und Kalkmergel der Effingerschichten und des obersten Dogger) günstige Fundationsmöglichkeiten bietet. War es geboten, das Wehr möglichst flußabwärts zu schieben, um den Oberwasserkanal zu verkürzen und damit die Inanspruchnahme von Kulturland zu verringern, so mußte auch eine genügende Distanz von der Therme gewahrt bleiben, um stauende

Einflüsse auf deren Grundwasserumgebung und Gefährdungen durch den Baubetrieb auszuschließen.

Die am Wehr konstant zu haltende Staukote 348.00 liegt etwa 7,30 m über dem Niederwasserspiegel von 120 m^3/s; sie wurde als ungefähr wirtschaftlichste Spiegelhöhe unter Berücksichtigung des Einstaues der Stufe Rupperswil-Auenstein ermittelt. Das Stauwehr weist vier Öffnungen von je 15,0 m Lichtweite auf. Da die Wehrpfeilerfundationen dank der hohen Felslage kostenmäßig nicht stark ins Gewicht fallen, wurde der betrieblich günstigeren Anordnung von vier Öffnungen gegenüber drei Öffnungen der Vorzug gegeben.

Als Wehrverschlüsse kommen Sektorklappenschützen zum Einbau. Ihre Verschlußhöhe beträgt 8,0 m. Gegenüber Sektorhakenschützen, wie sie beim Kraftwerk Rupperswil-Auenstein ausgeführt wurden, weisen sie den Vorteil der vollkommeneren Dichtung zwischen Schütze und Klappe auf. Während bei der Sektorhakenschütze die Horizontaldichtung zwischen Ober- und Unterschütze nur in der Staustellung anliegt und beim Absenken der Oberschütze im wassererfüllten Raum zwischen ihr und der Unterschütze Geschwemmsel auftreiben und verklemmen kann, ist bei der Klappenschütze der dichte Anschluß in jeder Stellung der Klappe gewährleistet. Gegenüber Rollschützen wurde den Sektorschützen der Vorzug gegeben, da die Übertragungspunkte der Kräfte aus den Wasserauflasten, die Drehlager, außerhalb des Bereiches von Wasser, Eis und Geschwemmsel liegen und wirbelfördernde Nischen für Rollen und Laufbahnen wegfallen. Der Hauptträger der Sektorschütze besitzt einen kastenartig geschlossenen, trapezförmigen Querschnitt, dessen wasserseitige Wand den mittleren Teil der 14 mm starken Stauwand bildet. Die vertikal stehenden Aussteifungen befinden sich im Kasteninneren. Gegenüber offenen Fachwerkträgern weist der geschlossene, außen glatte Kastenträger den Vorteil geringeren Geschwemmsel- und Eisansatzes und günstigere Verhältnisse für den Auftrag und die Erneuerung des Rostschutzes auf. Die Teile der Stauwand über und unter dem Hauptträger stützen sich auf ihn mittels Vertikalspanten. Vom Hauptträger werden die Kräfte aus den Wasserauflasten durch Jochstiele auf die Drehlager übermittelt. Diese ruhen auf Eisenbetonkonsolen, die aus den Pfeiler-, bzw. Widerlagerfluchten vorspringen. Die Seitendichtung der Schütze übernehmen an den Enden wulstförmig verdickte Gummikörper, die Schwellendichtung besorgt ein kräftiger, auf der Wasserseite der Stahlauflagerung angeordneter Gummiklotz. Die Gummidichtungen sind unter Wasserdruck nachstellbar. Hauptträger der Klappe ist ein halbkreisförmiges Rohr. Die Klappe bewegt sich zwischen Seitenschildern, die der Schütze aufgesetzt sind. Die Dichtung zwischen Klappe und Schütze erfolgt durch ein nachstellbares, lederbesetztes Federblech, diejenige zwischen Klappe und Seitenschild durch einen einfachen Dichtungsstreifen. Als Rostschutz werden eine Spritzverzinkung (1000 g/m^2) und ein zweimaliger Schutzanstrich aus Imerit-Mennig aufgetragen.

Die Windwerke sind für Schütze und Klappe kombiniert auf den Pfeilern und Widerlagern untergebracht. Die Kraftübertragung von der einen Seite einer Öffnung auf die andere geschieht durch Transmissionswellen, die auf der oberwasserseitig angeordneten Wehrbrücke angeordnet sind. Auf den Blechträgern der Wehrbrücke

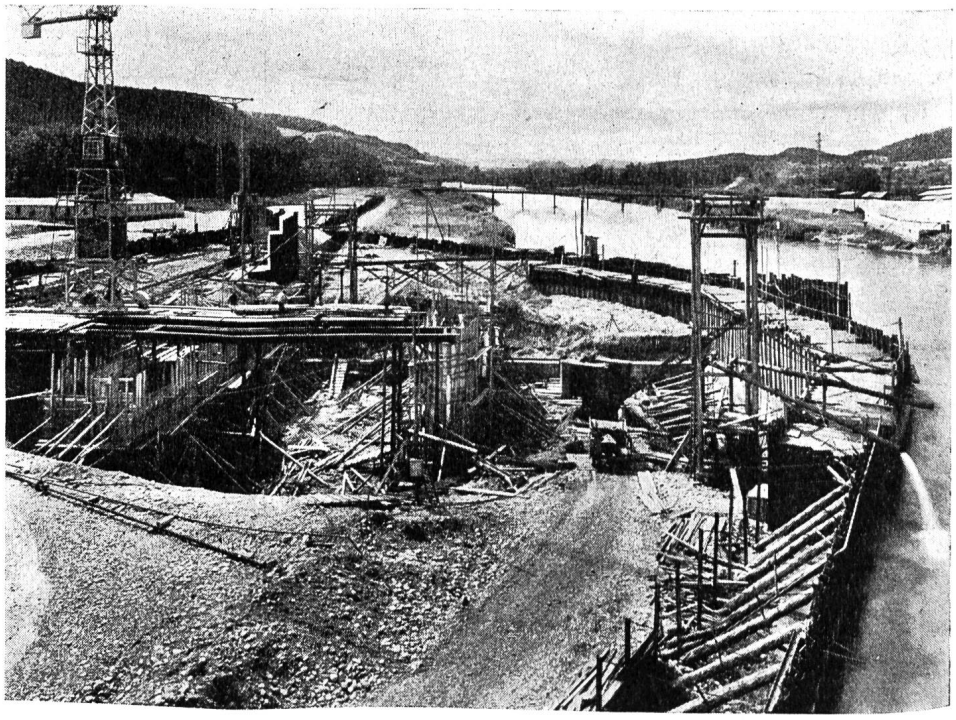

Abb. 5
Stauwehr Wildegg-Brugg,
Baugrube des ersten Baustadiums

lagern die Laufschienen des portalartig ausgebildeten Versetzkrans der oberwasserseitigen Dammbalken. Durch den Wegfall hochliegender Windwerk- oder Kranträger vereinfacht sich das Bild des Wehres und ordnet sich das Bauwerk unauffälliger in seine landschaftliche Umgebung ein. Nur die Windwerkhäuschen überragen die gestaute Wasserfläche.

Die Formgebung des Tosbeckens und des Wehrschwellenrückens erfolgte auf Grund eingehender Modellversuche in der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH. Da mit Rücksicht auf das Bad Schinznach die beidseitigen Ufer längs der Badliegenschaft in ihrem fast unverbauten Zustand belassen werden, ist dafür zu sorgen, daß Hochwasserabflüsse durch das Stauwehr bis zum Beginn der unverbauten Uferstrecken, etwa 300 m unterhalb des Wehres sich beruhigen. Am Wehr ist eine möglichst vollständige Energievernichtung mit ruhigem Abfluß anzustreben; dies wird am besten erreicht durch die getauchte Strahlform beim Ausfluß unter der Schütze. Die gewählte Tosbeckenform mit tiefliegendem Boden und gerundet abfallendem Schwellenrücken gewährleistet den Tauchstrahl bei allen größeren Abflußmengen. Für die Führung des Tauchstrahles wirkt auch günstig die um 35 cm höhere Lage des Schwellenrückens gegenüber der Schützenschwelle. Die Rücksichtnahme auf spätere Unterhaltsarbeiten im Staugebiet bei abgesenktem Spiegel gebot, den Wehrrücken in diesem Sinne nicht noch höher zu legen. Um größere Kolke im Oberwasser des Wehres zu vermeiden, ist der Wehrrücken auch flußaufwärts abgerundet. Der Boden des Tosbeckens ist in Betonblöcke von ungefähr quadratischem Grundriß (Seitenlängen 3,30/4,40 m) unterteilt. Ihre Zwischenfugen werden nicht ausgefüllt, sie dienen dem Druckausgleich zwischen Unter- und Oberfläche. Durch versetzt angeordnete, dachförmig gebrochene Schrägflächen wird die Tosbeckensohle rauh gemacht. Granitverkleidungen waren von Anfang an nicht vorgesehen. Nachdem vergleichende Sandstrahl- und Abschleifversuche ergaben, daß gut dosierter Beton mit normalen Zuschlagstoffen Beton mit Hartmaterialzusatz (Quarz) hinsichtlich Widerstand gegen Abrieb kaum nachsteht, wurde auch von der Ausführung besonderer Hartmaterialvorsatzschichten Umgang genommen. Wehrrücken, Tosbecken, aufgehende Pfeiler- und Widerlagerflächen erhalten durchgehend eine Oberflächenschicht aus normalem Beton mit einer Zementdosierung von 300 kg/m³.

Die Modellversuche zeigten, daß die dem Fels aufliegenden, nicht sehr mächtigen Kiese im Unterwasser des Wehres durch Hochwasser in kurzer Zeit und auf größere Erstreckung weggeräumt werden. Im Fels wird die Kolkung nur langsam fortschreiten. An der Gegenschwelle des Tosbeckens und längs den Ufermauern sich bildende Kolkwannen sind durch Blockwürfe abzudekken. Mit Rücksicht auf die Kolke sind die Ufermauern

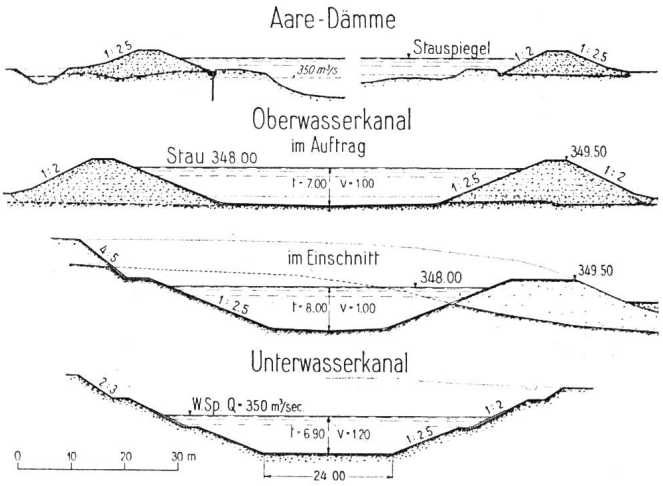

Abb. 6 Wildegg-Brugg, Querprofile der Aaredämme, Ober- und Unterwasserkanäle

durchgehend im Fels fundiert. Die Ufermauern im Oberwasser sind zur Verhinderung von Durchsickerungen ebenfalls auf den anstehenden Fels gegründet.

Im linken Wehrwiderlager befinden sich die Fischtreppe und die Eigenbedarfsanlage, deren Kaplanturbine mit einer Schluckfähigkeit von max. 11,5 m³/s das in den Aarelauf unterhalb des Wehres abzugebende Dotierwasser ausnützt. Der Generator von 650 kW Nennleistung überträgt seine Energie durch ein Kabel in das Maschinenhaus bei Villnachern. Er treibt auch die Motoren der Stauwehrwindwerke. Bei Stillegung der Eigenbedarfsanlage können diese umgekehrt vom Maschinenhause aus gespiesen werden, sei es vom Netze her oder von der kalorischen Notstromgruppe.

Die Aaredotierung beträgt 10 m³/s im Sommer- und 5 m³/s im Winterhalbjahr. Während der Sommermonate Juni, Juli und August werden über das Wochenende 20 m³/s abgegeben.

Vom Stauwehr aufwärts erstrecken sich längst den Aareufern die Dämme des *Staugebietes*. Sie werden aus Kiessand geschüttet, der in Schichten von 35 cm Stärke eingebracht und verdichtet wird. Im wasserseitigen Dammteil kommt, vor allem beim linken Damm, feineres Material vom Aushub des Unterwasserkanales zur Verwendung, im landseitigen dagegen gröberes von der Baggerung des Aarebettes im oberen Staugebiet. Der Dammkörper ruht auf dem anstehenden Kiesuntergrund; die zu Setzungen neigende, durch Sickerwasser ausspülbare Schlickdecke über dem Kies wird vorgängig der Dammschüttung überall entfernt. Die Dammböschungen sind wasserseitig im unteren Staugebiet 1 : 2,5, im oberen 1 : 2 geneigt, luftseitig durchgehend 1 : 2,5. Die wasserseitigen Böschungen werden durch Betonplatten geschützt; da sie die Abdichtung der Dämme zu übernehmen haben, werden ihre Fugen mit Kitt geschlossen. Die Plattenstärke beträgt am oberen Rande 15 cm, am Fuße 20–25 cm. Im unteren Staugebiet erhalten die Platten

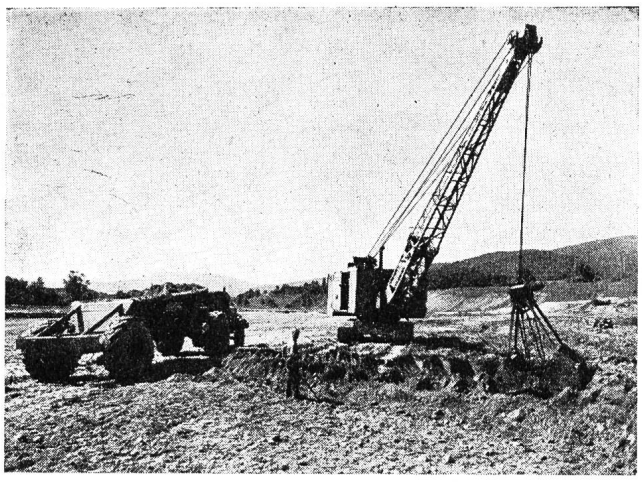

Abb. 7 Oberwasserkanal Wildegg-Brugg, Schlickabtrag

als Einlagen Stahldrahtnetze von 20 cm Maschenweite und 4,8 mm Drahtstärke. Im Bereiche der größeren Stauhöhen — oberhalb des Wehres liegt der Stauspiegel etwa 4,0–4,5 m über dem Umgelände — setzen am Fuße der Platten eiserne Spundbohlen als Untergrunddichtung an. Im Anschluß an die auf Fels gegründeten Stauwehrbauten werden die Spundbohlen am linken Ufer auf etwa 450 m Länge bis zur Felsoberfläche gerammt und am rechten Ufer, wo höherliegender Fels und Hangnähe Durchsickerungen weniger erwarten lassen, auf etwa 300 m. Flußaufwärts verringert sich die Tiefe der Spundwandschirme nach Maßgabe des einzuhaltenden Sickergefälles vom wasserseitigen Dammfuß zum Spiegel der Sammelgräben neben den Dämmen. Die Gräben leiten das Dammsickerwasser und die kleineren seitlichen Zuflüsse ab. Der linksufrige Graben vereinigt sich beim Stauwehr mit dem Schinznacher Talbach und gelangt durch dessen Durchlaß unter der Sohle des Oberwasserkanales hindurch in das Unterwasser des Wehres.

Die beim Fundamentaushub der Dämme anfallenden Schlickmassen werden zur Auffüllung aller Altläufe und Geländemulden des Staugebietes verwendet, wo sonst mit Durchnässungen infolge des Grundwasseranstieges beim Aareaufstau zu rechnen wäre. Die eingehenden Werkkanäle im Gebiete von Holderbank werden ebenfalls eingedeckt.

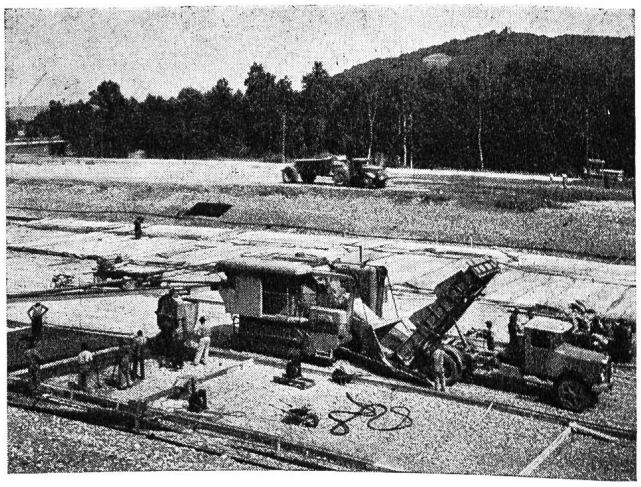

Abb. 8 Betonierung der Sohlenplatten im Oberwasserkanal

Wie schon erwähnt, wird zum Zwecke der Stauspiegelsenkung und zur Gewinnung von Dammaterial das Aarebett im oberen Staugebiet durch Baggerung vertieft und erweitert.

Am linken Widerlager des Stauwehres setzt die Einlaufschwelle des *Oberwasserkanales* an, deren Fundation ebenfalls bis zum Fels reicht. Ihre Oberkante liegt nur 3,00 m unter dem Stauspiegel, so daß der Kanal schon bei einer teilweisen Absenkung des Aarestaues entleert werden kann. Die Sohle des 2,35 km langen Oberwasserkanales folgt ungefähr der Geländeoberfläche, sie hat im oberen Teil eine Breite von 40,0 m und verengt sich bei Wallbach, wo die zur Aare vorspringende Schotterterrasse sich hindernd in den Weg legt, bis auf 21,2 m. Die Wassertiefe beträgt im oberen Teil in der Kanalaxe 7,00 m, im unteren 8,20 m. Bei einer Wasserführung von 350 m^3/s ergeben sich mittlere Fließgeschwindigkeiten von 0,92 m/s, bzw. 1,09 m/s. Die Kanaldämme werden gleich den Dämmen des Staugebietes mit Kiessand aufgebaut. Das Material liefern der Unterwasserkanal und der große Einschnitt unterhalb Wallbach. Der den anstehenden Kies überlagernde Schlick wird nicht nur unter den Dämmen, sondern auch auf der Kanalsohle durchgehend ausgeräumt. Die Böschungsneigungen der Dämme betragen 1 : 2,5 auf der Wasser- und 1 : 2 auf der Luftseite. Als Oberflächenschutz und vor allem zur Vermeidung von Sickerverlusten und Infiltrationen in den Muschelkalkkomplex an der Kreuzungsstelle des Kanales mit dem Thermenträger werden Sohle und Böschungen auf der ganzen Kanallänge durch dichtende Betonplatten abgedeckt. Die Plattenfugen werden mit Kitt geschlossen. Die gegen die Kanalmitte hin schwach geneigten Sohlenplatten weisen 20 cm, die Böschungsplatten von oben nach unten zunehmend 15—30 cm Stärke auf. Die Platten erhalten eine Bewehrung aus Stahldrahtnetzen, entsprechend denjenigen im unteren Staugebiet. Oberhalb des Maschinenhauses wird über den Kanal eine Fahrbrücke in vorgespanntem Beton erstellt.

Die Lage des *Maschinenhauses* unterhalb Villnachern ergab sich aus dem Verlauf der Felsoberfläche unter den Schottern: am Abfall der linksufrigen Felsböschung zur tiefsten Sohle der Urstromrinne gründen die Fundamente des Einlaufes, des Turbinenmassives und der Turbinenausläufe auf Fels (flachgelagerte dichte, braune und bunte Molassemergel), während der anschließende Unterwasserkanal ganz im Kies ausgehoben werden kann. Das Maschinenhaus enthält zwei gegenläufige Kaplanturbinen mit spiegelbildlichen Einlaufspiralen. Es ergibt sich damit der bauliche Vorteil eines gedrängten, sym-

metrischen Grundrisses mit ungebrochen durchlaufender Querdilatationsfuge zwischen den beiden Einheiten. In der Längsrichtung des Maschinenhauses ist der Turbinenauslauf durch eine Dilatationsfuge vom Turbinenmassiv getrennt, während dieses mit dem Einlaufbauwerk zusammenhängt. Die Dilatationsfugen werden gegen Wasserdruck mit Kitt gedichtet. Die Fugen zwischen dem Einlauf und den anschließenden, auf Kies fundierten Ufermauerblöcken erhalten mit Rücksicht auf ungleiche Setzungen als Dichtung kräftige Lehmkörper.

Ein- und Ausläufe der Turbinen sind durch Dammbalken verschließbar. Die oberwasserseitigen Dammbalken werden vor dem Einlaufrechen parallel der Rechenneigung versetzt, womit der Rechen bei Absperrungen ebenfalls zugänglich wird. Der 3 : 1 geneigte Einlaufrechen erhält Stablichtweiten von 150 mm. Die beiden Rechenreinigungsmaschinen besorgen zugleich den Ein- und Ausbau der Dammbalkenelemente. Die Unterwasserdammbalken werden am Ende des Turbinenauslaufes in vertikalen Nuten versetzt.

Das Spurlager der Maschinengruppen befindet sich auf dem Turbinendeckel, von wo das rotierende Gewicht über den Stützschaufelring und den Konus zwischen Einlaufspirale und Saugkrümmer in die Fundamente übertragen wird. Die Turbinen weisen eine Nennleistung von je 23 000 kW auf, ihre Drehzahl beträgt 115,4. Die Energie wird je nach den Bedürfnissen der Netze von der 8,2-kV-Generatorenspannung durch zwei Transformatoren von je 30 000 kVA auf die Spannung von 150 kV und durch zwei Transformatoren von je 20 000 kVA auf 50 kV gebracht. Transformatoren und 150-kV-Schaltanlage werden über den Turbinenausläufen im Freien aufgestellt, wogegen die 50-kV-Schaltanlage wie die Generatorenschaltanlage im Inneren des Maschinenhauses untergebracht ist. Je zwei 50-kV- und 150-kV-Leitungen übertragen die Energie in die Netze der NOK.

Betriebswasser für die Wasserwiderstände der Maschinengruppen und Kühlwasser für die Kühlung des Spurlager- und Regulatorenöls wird dem Oberwasserkanal entnommen, während eine Grundwasserfassung das Wasser für die Kühlung der Kompressoren, die Lagerschmierung der Entleerungspumpen im zentralen Pumpenschacht usw. liefert. Die Energieversorgung des Maschinenhauses erfolgt wie erwähnt durch die Eigenbedarfsanlage beim Stauwehr. Fällt diese aus und kann auch vom Netz her keine Energie bezogen werden, so springt die Dieselnotstromgruppe ein.

Der Maschinenhaushochbau wird in Stahlkonstruktion mit Ausmauerung erstellt. Die beiden Maschinensaalkrane von je 90 t Tragkraft können zusammengekuppelt das Laufrad der Turbine wie das Polrad des Generators anheben.

Die Diensträume werden in einem besonderen, an der Nordseite des Maschinenhauses sich anschließenden Dienstgebäude untergebracht. Auf der Aareseite werden die Fischtreppe und die Kahntransportanlage erstellt.

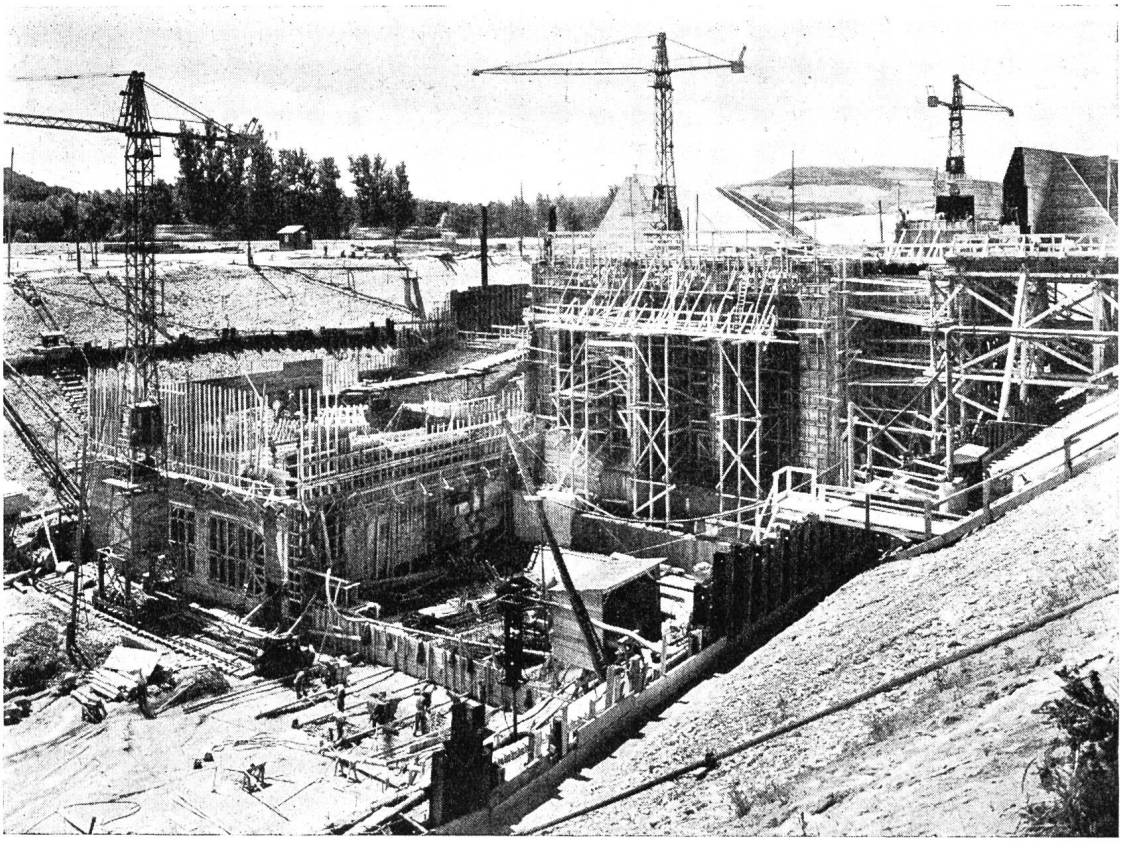

Abb. 9
Maschinenhaus Wildegg - Brugg, Betonierung des Einlaufs und der Turbinenmassive

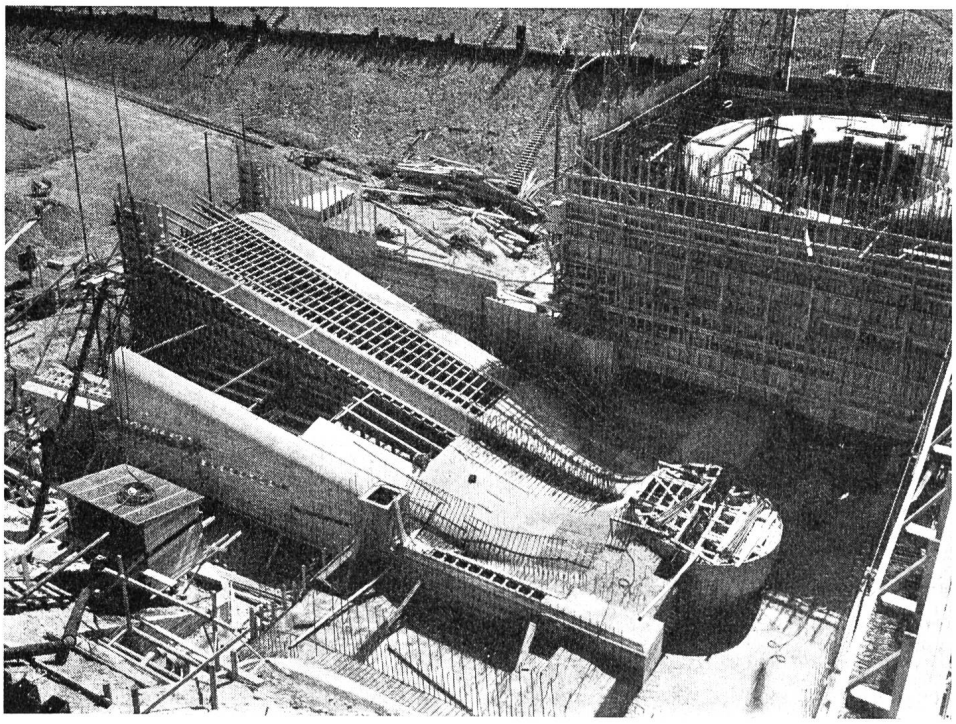

Abb. 10
Maschinenhaus Wildegg-Brugg, Saugkrümmer der landseitigen Maschinengruppe

Wohnhäuser für das Betriebspersonal werden auf der erhöhten Terrasse am östlichen Ende des Dorfes Villnachern errichtet.

Der *Unterwasserkanal* von 2,2 km Länge hat Böschungsneigungen von 1 : 2 über und 1 : 2,5 unter Wasser. Im Bereiche der Spiegelschwankungen weden die Böschungen durch Bruchsteinbeläge geschützt. Die Breite der Kanalsohle von 24,0 m wurde auf Grund von Wirtschaftlichkeitsberechnungen gewählt. Im untersten Teil verbreitert sich der Kanal, da bei gleichbleibendem Durchflußquerschnitt die Sohle dem ansteigenden Fels ausweichend sich hebt. Teilweise schneidet die Kanalsohle den Fels etwas an (Molassesandsteine und Konglomerate, Bohnerzton), im übrigen wird der Kanal ganz im Kies ausgehoben; nahe der Mündung wird er überbrückt. Gegen Hochwassereinbrüche von der Aare her ist das Kanalgebiet durch einen Schutzdamm gesichert. Von der Kanalmündung abwärts wird das Aarebett bis zur Eisenbahnbrücke durch Felssprengungen vertieft.

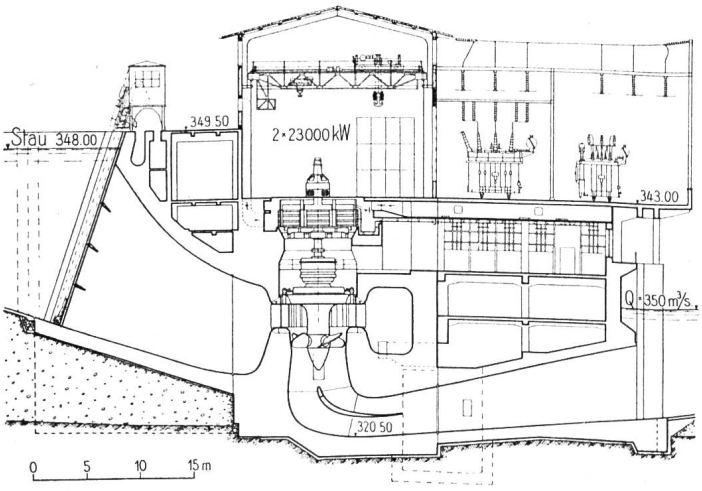

Abb. 11 Querschnitt durch das Maschinenhaus Wildegg-Brugg

Längs des Bades Schinznach wird die Aare durch ein *Dachwehr* eingestaut, das unterhalb *Wallbach* erstellt wird. Durch diesen Hilfsstau, der bis zum Hauptwehr hinaufreicht, wird eine teilweise Trockenlegung des Aarebettes vermieden und damit das Landschaftsbild in der Umgebung des Bades erhalten, vor allem aber der Grundwasserspiegel im Bereiche der Therme vor einem für den Thermenerguß unzulässigen Absinken bewahrt. Die Stauhöhe wird zwischen den Koten 340.30 und 340.70 regulierbar sein; innerhalb dieser Koten kann der für die Bedürfnisse des Bades günstigste Spiegel eingestellt werden. Dem Bade erwächst durch die Stauhaltung der Vorteil eines ausgeglichenen Thermenergusses in der Zeit kleinerer Abflußmengen der Aare als 360 m^3/s (Sommerhalbjahr). Bei Hochwasser legen sich die Wehrverschlüsse nieder. Öffnen und Schließen erfolgen automatisch. Das Wehr erhält vier Öffnungen von je 22,50 m Lichtweite und hat eine Wassertiefe über der Schwelle im Oberwasser bei Stau auf 340.70 von 3,30 m. Die Gründung der Pfeiler und Widerlager erfolgt auf Fels (Jurakalk, teilweise Molasse) in Tiefen bis 8 m unter Flußsohle. Der oberwasserseitige Schwellensporn wird ebenfalls bis auf den Fels geführt, während auf der Unterwasserseite eine eiserne Spundwand als Kolksicherung genügt. Als Notverschlüsse sind Nadeln vorgesehen. Am linken Ufer wird eine Fischtreppe angelegt und über das Wehr eine Fahrbrücke in vorgespanntem Beton erstellt.

Die Aarestrecke unterhalb des Wehres wird teilweise eingestaut durch das bestehenbleibende *Dachwehr der Stadt Brugg* oberhalb der Mündung des Unterwasserkanales.

Im Zusammenhang mit dem Kraftwerkbau müssen die Grundwasserfassungen der Gemeinde Villnachern am Unterwasserkanal und der Gemeinde Holderbank am rechten Aaredamm verlegt werden.

Da in den Hilfsstau der Aare zwischen Stauwehr und Dachwehr mit Rücksicht auf die Therme kein Kanalisationswasser eingeleitet werden darf, müssen alle *Kanalisationen* von Schinznach-Bad und des Bades durch eine Sammelleitung abgeführt werden, durch die das Schmutzwasser in eine unterhalb des Bades zu erstellende *Kläranlage* gelangt. Von dort wird das mechanisch geklärte Wasser durch die Wehrschwelle des Dachwehres zum linken Aareufer und durch eine Rohrleitung, die zugleich das aus den Regulierkammern des Wehres sich entleerende Wasser abführt, in den Unterwasserkanal geleitet. Kanalisationsableitungen sind auch in Brugg-Altenburg und bei Holderbank zu erstellen.

Neben den *Straßenzufahrten* zum Maschinenhaus und zu den Kanalbrücken sind auch im Zusammenhang mit den großen Materialdeponien verschiedene *Straßenanpassungen* und *Feldwegbauten* auszuführen.

Die *Bauausführung* des Kraftwerkes erfolgt in fünf Losen wie folgt:

Los 1: Staugebiet, Oberwasserkanal, oberer Teil des Unterwasserkanales auf etwa zwei Drittel seiner Länge, Bruchsteingewinnung.

Los 2: Unterer Teil des Unterwasserkanales auf etwa einen Drittel seiner Länge, Aarevertiefung bei Umiken, Kies- und Sandaufbereitung für den Beton.

Los 3: Stauwehr mit Uferverbauungen im Unterwasser.

Los 4: Maschinenhaus und Dienstgebäude.

Los 5: Dachwehr.

Für den Bau des Unterwasserkanales wurde zuerst auf die ganze Kanallänge ein Vorflutgraben ausgehoben, der das Grundwasser im Kanalgebiet absenkt. Am oberen Kanalende beträgt die Spiegelsenkung etwa 3 m. In Los 1 erfolgt der Aushub unter Wasser, nach Abtrag der über Grundwasser trockenliegenden Schicht, durch zwei auf Geleise verschiebbare Eimerkettenbagger. Die Kanalsohle wird durch einen Eimerkettenschwimmbagger nachgebaggert. In Los 2 wird von der Kanalmündung aufwärts soweit in offenen, unter Wasserhaltung stehenden Baugruben gearbeitet, als über der Kanalsohle Fels abzutragen ist. In die unterste Teilbaugrube wurde ein Stück des Aarebettes miteinbezogen. Aareseitig wurde die Grube durch Betonfangdamm, auf den übrigen Seiten durch einfache Spundbohlenwände (Profil II) abgeschlossen. Die nächstfolgende Grube wurde nur noch nach unten und auf der Längsseite gegen die Aare durch

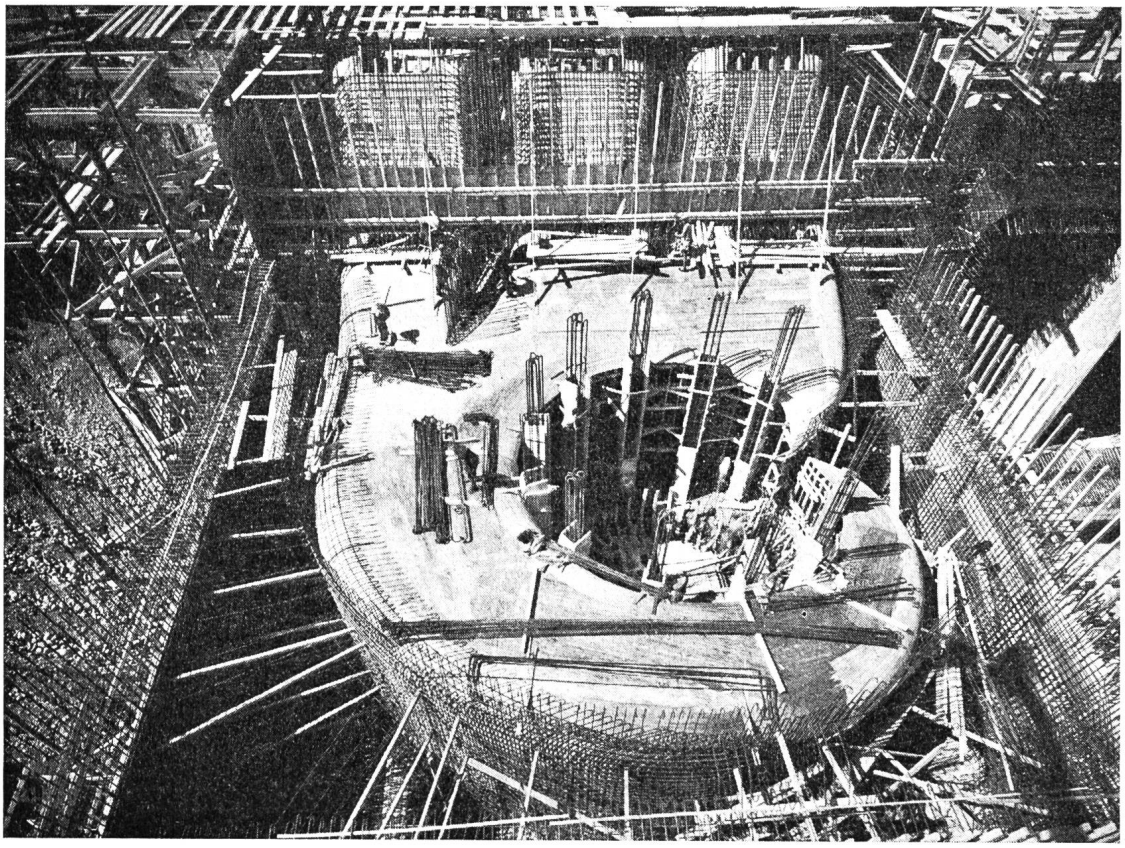

Abb. 12
Maschinenhaus Wildegg-Brugg, Bauzustand 23. 8. 50

Spundwände geschützt. In der Aare wird der Felsabtrag teils in offener Baugrube, teils mit Schwimmbatterie unter Wasser ausgeführt. Die Materialtransporte besorgen in Los 2 ausschließlich Pneufahrzeuge. In Los 1, wo größere Transportdistanzen zu überwinden sind, wird nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten der dem Unterwasserkanal näherliegende Oberwasserkanal durch Pneufahrzeuge bedient, das entferntere Staugebiet dagegen durch Rollbahnzüge. Auf einem bis Wildegg hinauf reichenden Stammgeleise werden die Züge durch elektrische Lokomotiven (Gleichstrom 500 V) befördert und dann durch Dampflokomotiven auf die Kippgeleise verschoben. Die Aarevertiefung im Staugebiet wird ausgeführt durch einen schwimmenden Eimerkettenbagger, der das Aushubmaterial über Förderbänder zum linken Ufer in Rollbahnzüge abgibt und durch weitausladende Schleppschaufelbagger, die auf den erhöhten Inselpartien am rechten Ufer arbeitend, von Pneufahrzeugen bedient werden. Das Verdichten der Kiesschichten in den Dämmen geschieht vorwiegend durch Schaffußwalzen, untergeordnet auch durch Vibratoren. Für die Spundwanddichtungen der Aaredämme werden nach Rammtiefe abgestuft Profile von 100 bis 155 kg/m² verwendet. Die Böschungsplatten werden durch einen auf Raupen fahrbaren Mischer mit Ausleger betoniert, die Plattenoberflächen werden durch Vibrationsbalken behandelt. Das Bruchsteinmaterial für die Böschungsbeläge wird aus dem Steinbruch beim Kraftwerk Rupperswil-Auenstein durch Plattwagenzüge zugeführt.

Der Bau des Stauwehres kann dank der günstigen Felslage in offenen Baugruben durchgeführt werden. Im ersten Baustadium werden die beiden rechtsseitigen Wehröffnungen erstellt, von denen die randliche in das ursprüngliche Ufergelände zu liegen kommt. Die Schwellenrücken beider Öffnungen werden mit Rücksicht auf die Bauarbeiten des Staugebietes vorerst nicht bis auf volle Höhe gebracht, ihre Fertigstellung erfolgt erst kurz vor dem Aufstau. Im zweiten Stadium wird die linke Randöffnung ausgeführt und im dritten die zweite Öffnung von links. Die Baugrubenabschlüsse werden durch eiserne Spundbohlen Profil II gebildet, die durchgehend bis auf den Fels gerammt werden. Flußseitig, im Bereiche der Hochwasserkolke, werden Kastenfangdämme mit Kiesfüllung, landseitig nur einfache Wände angeordnet. In der Baugrube des ersten Stadiums sind bisher nicht mehr als etwa 60—80 l/s gepumpt worden. Die Montage der Schützen erfolgt über dem durchfließenden Wasser.

Das Dachwehr muß bis zum Betriebsbeginn des Werkes ebenfalls fertiggestellt sein, da es im Hinblick auf die Therme nicht zulässig wäre, das Aarebett vorübergehend unter die bisherigen Niederwasserstände zu entleeren. Die Ausführung erfolgt Öffnung um Öffnung in vier Etappen, da eine Zusammenfassung von je zwei Öffnungen in einer Baugrube zu große Spiegelerhöhungen der Aare und des Grundwassers zur Folge hätte. (Die Arbeiten auf der Sohle des Oberwasserkanales, wo ein System von drei Sickerrohrsträngen für die Entwässerung während des Baues eingelegt werden mußte, sind empfindlich gegen Grundwasseranstieg.) Für die Baugrubenumschließungen werden Spundbohlen Profil IV gerammt, wasserseitig ebenfalls in Kastenform. Die Montage der Wehrverschlüsse muß unter Wasserhaltung durchgeführt werden.

Das Maschinenhaus wird in offener Baugrube errichtet. Durch eine allgemeine Grundwasserabsenkung mittels 12 rings um die Baugrube verteilter, auf der Aareseite dichter als auf der Landseite sich folgender Rohrbrunnen wird der Spiegel etwa 8,5 m unter seinem ursprünglichen Stande gehalten. Nach erfolgtem Aushub bis auf diese Tiefe wurde ein ringsum geschlossener Spundwandschirm (Profile III—V) bis zur dichten Molasseoberfläche gerammt und in dessen Schutz mit geringer innerer Wasserhaltung der Kiesaushub bis zur Bloßlegung der Molasse, im Maximum etwa 20 m unter Geländeoberfläche ausgeführt. Die Rohrbrunnen förderten bisher etwa 600 l/s, während in der Baugrube selbst nur etwa 70—90 l/s anfallen. Die Reichweite der Grundwasserabsenkung hat sich flußaufwärts bis auf etwa 800 m ausgedehnt, etwas über der Hälfte der Distanz zur Therme. Der Kiesaushub konnte dank der Verwendung von Pneufahrzeugen beim Abtransport in relativ kurzer Zeit durchgeführt werden. Die zutage tretenden Molassemergel wurden durch Mörtel- und Betonabdekkungen gegen Verwitterung geschützt. Die Quetschgrenze des Mergels wurde durch eine Probebelastung auf etwa 12 kg/cm² bestimmt, gegenüber maximalen Fundamentpressungen von 6—7 kg/cm². Für die Bedienung der Schalungs-, Armierungs- und Betonierarbeiten sind drei bis fünf Krane eingesetzt.

Die Zuschlagsstoffe für den Beton aller Baustellen werden durch eine zentrale, beim Maschinenhaus befind-

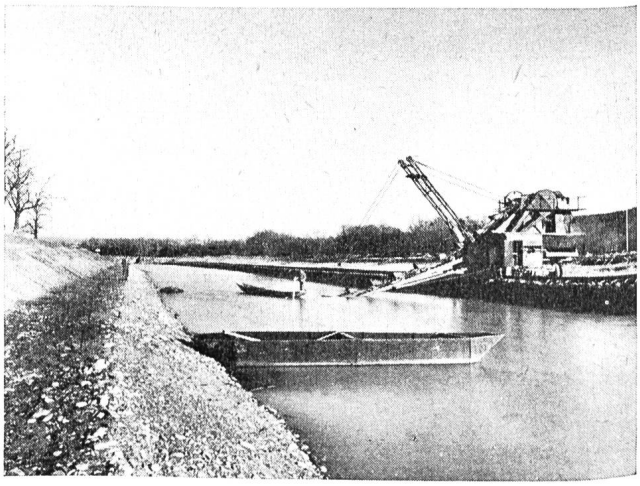

Abb. 13 Unterwasserkanal Wildegg-Brugg, Aushub unter Grundwasser

liche Aufbereitungsanlage von 70 m³ Stundenleistung in den Komponenten 0—2, 2—8, 8—30 und 30—60 mm zur Verfügung gestellt. Die Anlage wird mit Kiessand vom Aushub des Unterwasserkanales beschickt. Da der Körnungsausgleich im Rohmaterial kein vollständiger ist, wird fehlender Sand 1—8 mm durch einen Hammerbrecher zugebrochen. Die Betonherstellung umfaßt etwa 160 000 m³, die Erdbewegungen etwa 2 700 000 m³.

Der Versorgung der Baustellen mit elektrischer Energie dienen zehn provisorische Transformatorenstationen. Um die Stromversorgung möglichst sicherzustellen, vor allem für den Pumpenbetrieb, sind primärseitig drei verschiedne Speisungsmöglichkeiten geschaffen worden.

Der Arbeiterbestand aller Baustellen hat gegenwärtig die Zahl von 720 Mann erreicht, er wird sich nicht mehr wesentlich erhöhen.

Für das allgemeine Bauprogramm sind die Ablieferungsdaten der schon im September 1948 bestellten Turbinen und Generatoren maßgebend. Es ist vorgesehen, mit dem Aareaufstau am 1. April 1952 zu beginnen. Der Vollaufstau soll am 1. Oktober 1952 erreicht sein. Die erste Maschinengruppe soll im September 1952, die zweite im Mai 1953 den Probebetrieb aufnehmen.

Abb. 14 Wildegg-Brugg, Flugbild der Maschinenhaus- und Unterwasserkanalbauten

Die *Bauarbeiten,* die *Lieferung* und *Montage* der *Eisenkonstruktionen* und der *Maschinen* sind wie folgt vergeben worden:

Los 1: Schafir & Mugglin AG
Los 2: Arbeitsgemeinschaft
Rothpletz, Lienhard & Cie. AG, Aarau
Locher & Cie., Zürich
AG Conrad Zschokke, Döttingen
Los 3: Fietz & Leuthold AG, Zürich
Los 4: Arbeitsgemeinschaft
AG H. Hatt-Haller, Zürich
Losinger & Co. AG, Zürich
Kistler, Straßer & Co., Brugg
Los 5: Ed. Züblin & Cie. AG, Zürich
Brücke über den Oberwasserkanal:
Ed. Züblin & Cie. AG, Zürich
Brücke über den Unterwasserkanal:
Arbeitsgemeinschaft Los 2
Sondierbohrungen:
Gebr. Meier AG, Brugg
Swissboring Zürich
Schützen und Windwerke des Stauwehres:
Arbeitsgemeinschaft
AG Conrad Zschokke, Döttingen
Wartmann & Cie. AG, Brugg
Eisenbau AG, Basel
L. von Roll'sche Eisenwerke AG, Bern
Stauwehrbrücke:
Meto-Bau AG, Würenlingen
Stauwehrdammbalken und Dammbalkenkran:
Arbeitsgemeinschaft
Gebr. Tuchschmied AG, Frauenfeld
Geilinger & Co., Winterthur
Th. Bell & Cie., Kriens

Turbinen:
Th. Bell & Cie., Kriens
Generatoren:
Brown, Boveri & Cie., Baden
Transformatoren:
Ateliers de Sécheron, Genf
Maschinensaalkrane:
L. von Roll'sche Eisenwerke, Bern
Eigenbedarfsturbine:
Ateliers de constructions mécaniques, Vevey
Eigenbedarfsgenerator:
Maschinenfabrik Oerlikon
Stahlkonstruktionen
Maschinenhaus-Hochbau:
Arbeitsgemeinschaft
Geilinger & Co., Winterthur
AG Conrad Zschokke, Döttingen
Turbineneinlaufrechen:
Mösch, Schneider & Cie., Aarau
Rechenreinigungsmaschinen:
Jonneret, Genf
Oberwasserdammbalken:
Meto-Bau AG, Würenlingen
Unterwasserdammbalken:
Eisenbaugesellschaft Zürich
Verschlüsse des Dachwehres:
AG Conrad Zschokke, Döttingen

(Photographische Aufnahmen: Wolf-Benders Erben, Zürich
Fliegeraufnahmen: T. Heimgartner, Zürich)