Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 125/126 (1945)

Heft: 11

Artikel: Das Projekt 1943/44 der Urseren-Kraftwerke: bautechnischer Bericht, erstattet im Auftrag der Studiensyndikats für die Urseren-Kraftwerke

Autor: Meyer-Peter, E. / Frey, Th.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-83722

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

Band 126 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. 11

Das Projekt 1943/44 der Urseren-Kraftwerke

Bautechnischer Bericht, erstattet im Auftrag des Studiensyndikats für die Urseren-Kraftwerke

Von Prof. Dr. E. MEYER-PETER und Dipl. Ing. TH. FREY, Zürich

I. EINLEITUNG

Die Studien über die Schaffung eines Speicherbeckens im Urserental zwecks Ausnützung der Wasserkraft der Reuss gehen auf das Jahr 1920 zurück, in dem die Centralschweizerischen Kraftwerke eine 70 m hohe Staumauer beim Urnerloch in Vorschlag brachten. Im Bestreben, die Unterwassersetzung der Talebene von Andermatt bis Hospenthal zu vermeiden, untersuchten die Schweiz. Bundesbahnen 1931/32 die Möglichkeit der Erstellung einer Talsperre auf dem bestehenden Felsriegel hinter Hospental. Die geologischen Erhebungen ergaben aber für diese Sperrstelle ausgesprochen ungünstige Ergebnisse. 1935 veröffentlichte sodann das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft[1]) eine Projektstudie mit einer 117 m hohen Staumauer am oberen Ende der Schöllenen, durch die ein Staubecken mit 421 Mio m³ Nutzinhalt geschaffen werden sollte. Die Ausnützung der Wasserkraft sollte in zwei Stufen mit Zentralen beim Pfaffensprung und bei Erstfeld erfolgen. Die installierte Leistung beider Zentralen wurde zu 396 000 kW und die erzeugbare Energiemenge zu etwas über 1000 Mio kWh im Winter und 150 Mio kWh im Sommer berechnet, bei einem Gestehungspreis der Winterenergie von etwas weniger als 2,5 Rp./kWh. Die Centralschweizerischen Kraftwerke griffen auf Initiative des Delegierten ihres Verwal-

[1]) Mitteilung Nr. 26: «Speicherungsmöglichkeiten im Reuss- und Limmatgebiet».

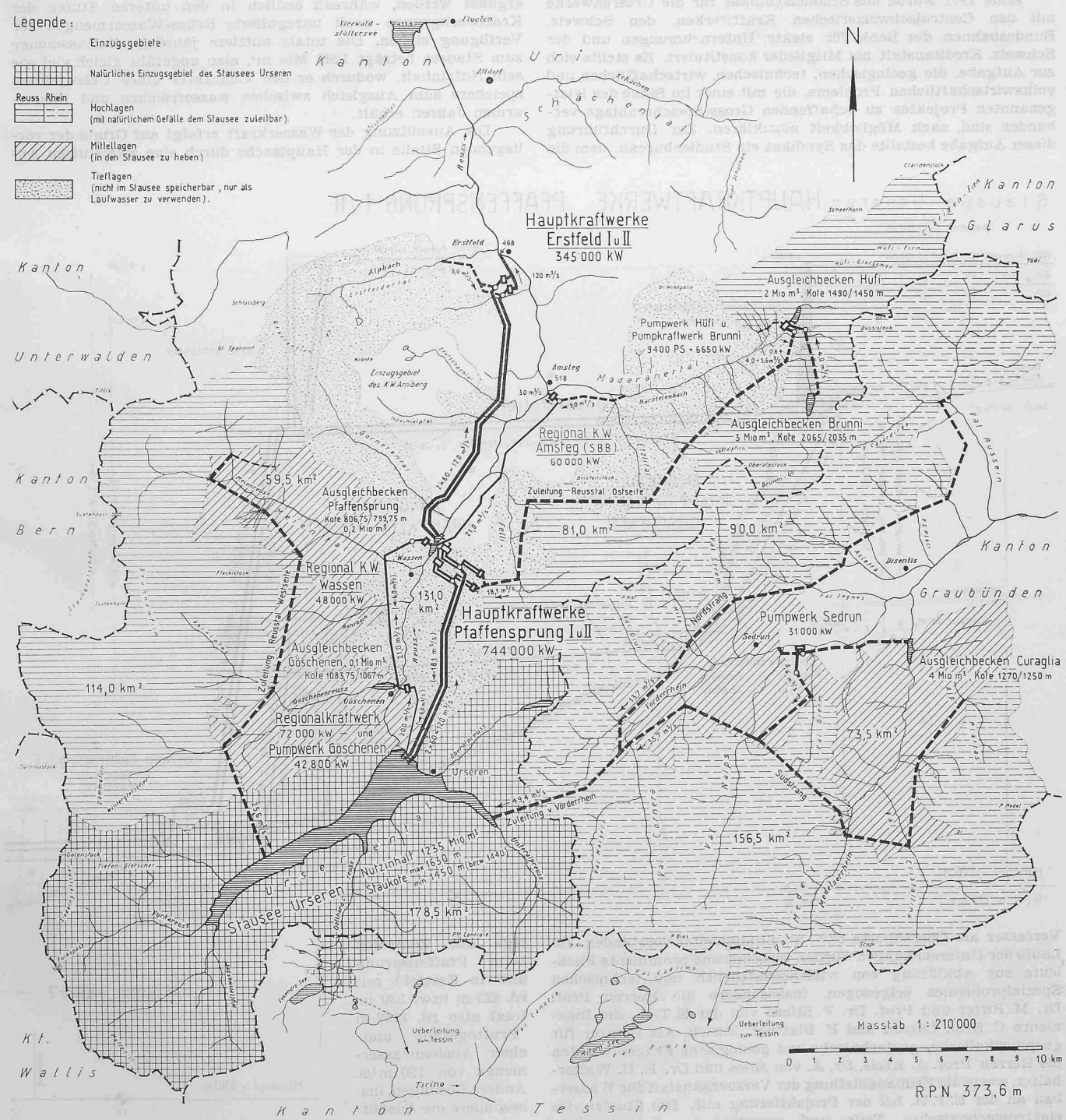


Abb. 1. Uebersichtsplan 1 : 210000 der Einzugsgebiete, Zuleitungen, Staubecken und Kraftwerke (Vollausbau)

tungsrates, F. Ringwald, das Studium der Urserenwerke im Jahre 1941 von neuem auf. Ihr Projekt 1941 ist vom Gedanken geleitet, die im Urserental gegebenen aussergewöhnlich günstigen geologischen und topographischen Verhältnisse zur Errichtung einer Gross-Speicheranlage zu benützen, mit dem Ziel, einerseits dem herrschenden Mangel an Winterenergie abzuhelfen und gleichzeitig den Ausbau billiger Wasserkraftwerke im Mittelland und Gebirge zu fördern. Der laut Projekt auf Kote 1630 aufzustauende Urserensee hätte einen Nutzinhalt von über 1200 Mio m³ erhalten. Die jährliche Füllung desselben wäre, soweit möglich durch die natürlichen Zuflüsse des Urserentals und anderer Zuflüsse der Reuss, sowie eines Teils des Vorderrheingebietes, zu einem erheblichen Teil aber durch Hinaufpumpen von Wasser aus dem Vierwaldstättersee erfolgt. Die dreistufige Kraftwerksgruppe mit den Zentralen beim Pfaffensprung, bei Amsteg und bei Seedorf hätte bei einer installierten Leistung von 948 000 kW eine Winterenergiemenge von 2800 Mio kWh geliefert, der allerdings die für die Hebung von Wasser vom Vierwaldstättersee in den Urserensee erforderliche Sommerenergiemenge gegenübersteht.

Ende 1941 wurde das Studiensyndikat für die Urserenwerke mit den Centralschweizerischen Kraftwerken, den Schweiz. Bundesbahnen, der Bank für elektr. Unternehmungen und der Schweiz. Kreditanstalt als Mitglieder konstituiert. Es stellte sich zur Aufgabe, die geologischen, technischen, wirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Probleme, die mit einer im Sinne des letztgenannten Projektes zu schaffenden Gross-Speicheranlage verbunden sind, nach Möglichkeit abzuklären. Zur Durchführung dieser Aufgabe bestellte das Syndikat ein Studienbureau, dem die Verfasser als Oberexperte bzw. als Studienleiter vorstanden. Im Laufe der Untersuchungen wurden verschiedene prominente Fachleute zur Abklärung von wissenschaftlichen und technischen Spezialproblemen beigezogen, insbesondere die Herren Prof. Dr. M. Ritter und Prof. Dr. F. Stüssi von der E.T.H., die Ingenieure C. Erni, Luzern und H. Blattner, Zürich. Als Berater für geophysikalische, geotechnische und geologische Fragen wirkten die Herren Prof. A. Kreis, Dr. A. von Moos und Dr. R. U. Winterhalter, sowie die Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau an der E.T.H. bei der Projektierung mit. Die Studien des elektromechanischen Teils und verschiedene wirtschaftliche Untersuchungen wurden von der Bank für elektrische Unternehmungen unter Beiziehung schweizerischer Maschinenfabriken besorgt.

Im nachfolgenden wird das Projekt 1943/44 der Urserenwerke von der rein bautechnischen Seite aus beleuchtet. Die Gesamtdisposition der projektierten Werke ist, kurz zusammengefasst, die folgende (siehe Abb. 1 und 2).

Am Südausgang der Schöllenen wird eine Talsperre erstellt, die in verschiedenen Bauetappen bis zur endgültigen Kronenhöhe auf Kote 1633 aufgebaut wird. Mit dem zugehörigen Stauziel auf 1630 m im Vollausbau erhält der Urserensee einen Nutzinhalt von 1235 Mio m³. In Abweichung vom Projekt 1941 wird seine jährliche Füllung, neben dem natürlichen Zufluss, durch direkte Zuleitung von Wasser mit eigenem Gefälle aus benachbarten Einzugsgebieten — besonders von den westlichen und östlichen Hängen des Reusstals, sodann aber auch aus ausgedehnteren Gebieten des Vorderrheins — gesichert. Die so verfügbaren Wassermengen sollen weiter durch Hinaufpumpen von Wasser aus in mittlerer Höhe gelegenen Gebieten der Reuss und des Vorderrheins — allerdings in relativ bescheidenem Masse — ergänzt werden, während endlich in den unteren Stufen der Kraftwerkgruppe noch unregulierte Reuss-Wassermengen zur Verfügung stehen. Die totale mittlere jährliche Zuflussmenge zum Stausee beträgt 1262 Mio m³, also ungefähr gleich viel wie sein Nutzinhalt, wodurch er den Charakter eines Ueberjahresspeichers zum Ausgleich zwischen wasserreichen und wasserarmen Jahren erhält.

Die Ausnützung der Wasserkraft erfolgt auf Grund der vorliegenden Studie in der Hauptsache durch eine zweistufige Anlage mit Zentralen beim Pfaffensprung und in Erstfeld mit rd. 823 m bzw. 339 m, total also rd. 1162 m Bruttogefälle und einer Ausbauwassermenge von 120 m³/s. Andere Lösungen, insbesondere die Ausnützung des Gesamtge-

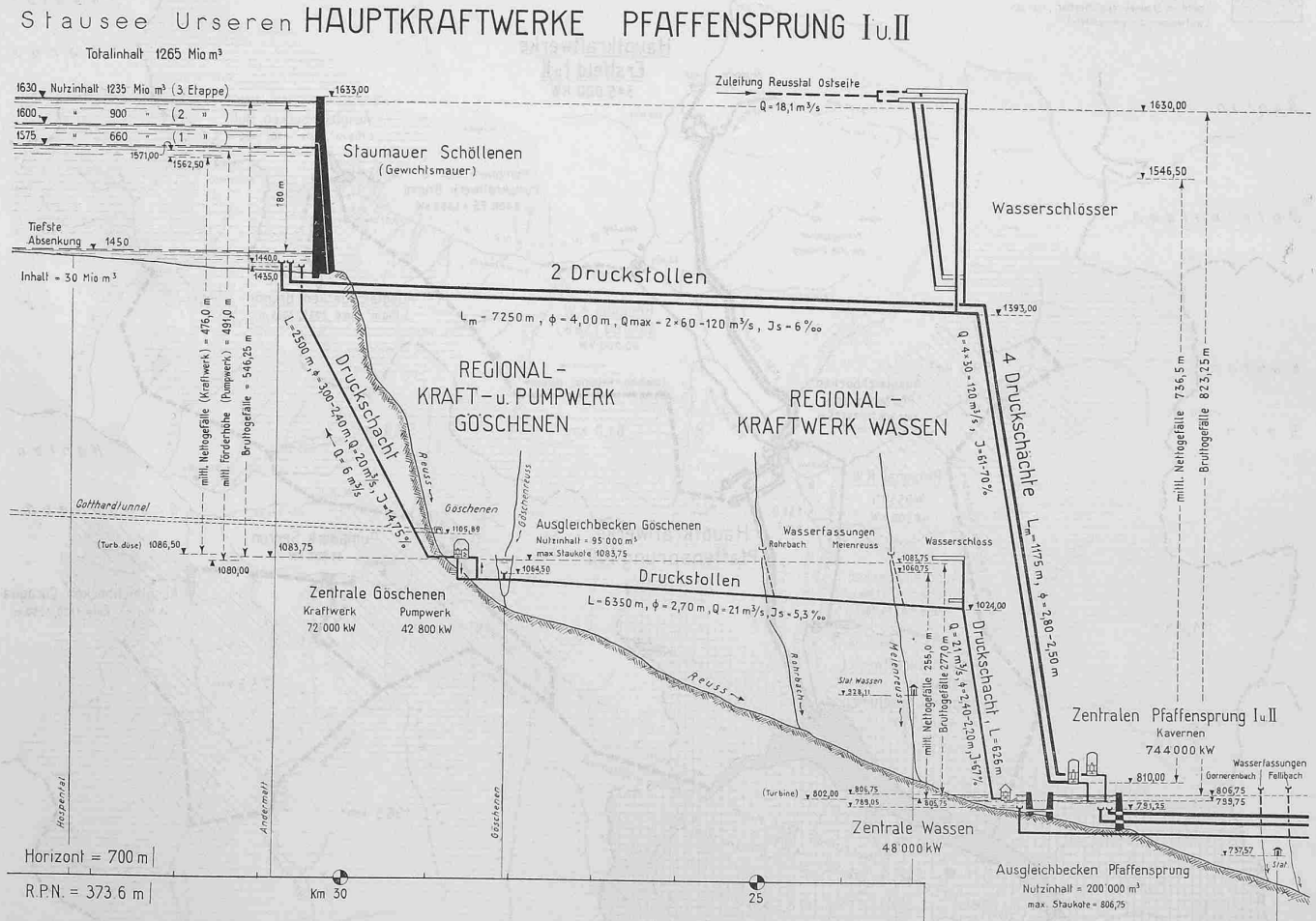


Abb. 2. Längenprofil der

fälles in einer einzigen Stufe, befinden sich zur Zeit in Bearbeitung. Unter Berücksichtigung des bestehenden SBB-Kraftwerks Amsteg und in der Voraussetzung, dass schon vor dem Bau des Gross-Speicherwerks die Gefällstufe Göschenen-Wassen ausgebaut wird, zu deren Ergänzung schliesslich noch der vollständige Ausbau der Reuss zwischen Andermatt und Göschenen bevorsteht, geht das Projekt von der Grundlage einer bereits bestehenden Kraftwerkgruppe Göschenen, Wassen und Amsteg aus, die zunächst als Laufwerkgruppe betrieben, mit dem Ausbau der Akkumulieranlage aber in deren Betriebsplan eingefügt wird. Die Ausbaugrösse dieser drei Regionalwerke beträgt in der obersten Stufe vorerst 12 m³/s, in den beiden unteren Stufen 21 m³/s. Im Rahmen des Akkumulierwerks wird die oberste Stufe Göschenen ebenfalls auf 20 m³/s ausgebaut.

II. WASSERWIRTSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

Zur Ermittlung der mittleren monatlichen Abflussmengen der in den Urserensee einzuleitenden Gewässer wurden sämtliche bestehenden Wassermesstationen im Reuss- und im Vorderrheingebiet benützt. Das vorhandene Beobachtungsnetz wurde überdies durch Aufstellung zweier neuer Limnigraphen am Vorderrhein und am Medelserrhein, unmittelbar oberhalb des Zusammenflusses, ergänzt. Weitere Stationen im Reuss- und Rheingebiet sind zum Teil ausgeführt, zum Teil im Bau. Bei den in Abb. 1 ersichtlichen zahlreichen Wasserfassungen, von denen — mit Ausnahme der Reuss bei Andermatt — keine unmittelbar bei einer Wassermesstation liegt, mussten aus den vorhandenen Beobachtungen Rückschlüsse auf die im allgemeinen hoch liegenden Fassungsstellen gezogen werden. Zu diesem Zweck wurde nach Durchführung umfangreicher vergleichender Studien das ganze Gebiet in drei Hauptzonen unterteilt, deren Abflüsse zufolge ihrer geographischen Lage je ungefähr einheitlichen Charakter aufweisen, nämlich: erstens, das gletscherreiche Gebiet der Reuss nördlich der Schöllenen (mit Ausnahme des Hüfigebietes und des obersten Teils des Göschenentals), dessen Abflussregime demjenigen der übrigen Gewässer der Nordabdachung der Zentralalpen entspricht, wie der Aare und der Linth, zweitens, die hochgelegenen Gletschergebiete des Maderaner- und Göschenentals mit auf wenige Sommermonate konzentrierten, je nach dem Temperaturverlauf sehr hohen Abflüssen und drittens die nur kleinere Gletscher aufweisende Zone des Urserentals und des Vorderrheingebietes. Es wurden für jede dieser drei Zonen hydrologische Beziehungen aufgestellt, in denen vor allem die Höhenlage der Fassungsstelle, in zweiter Linie die prozentuale Vergletscherung des Einzugsgebietes zum Ausdruck kommt.

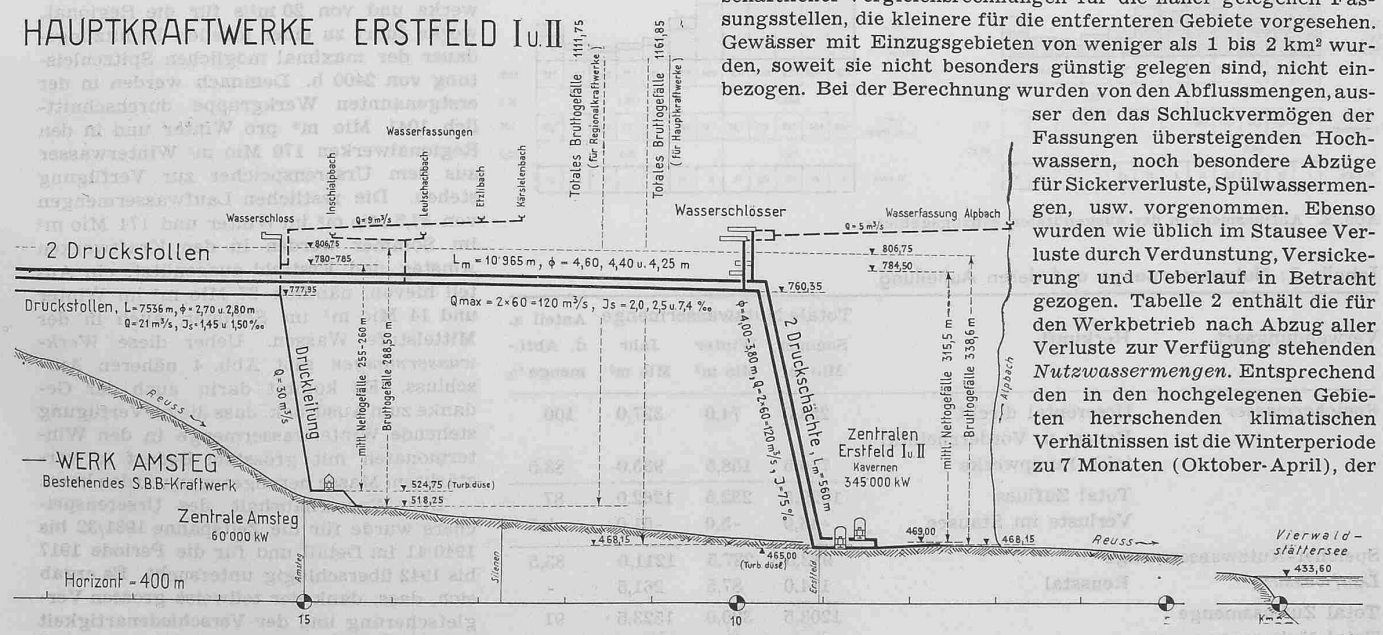
Tabelle 1: Einzugsgebiete, Abflussmengen, Jahresabfluss, Anteil des Sommerabflusses

	Einzugsgebiete			Abflussmengen			Mittl. Jahres-Abfl.-höhe	Anteil des Sommer-Abfl.
	Fläche km²	Mittl. Höhenlage m	Vergletscherung %	Sommer Mio m³	Winter Mio m³	Jahr Mio m³	mm	%
Hochlagen (Zuleitung mit eigenem Gefälle)								
Reuss								
Urserental direkt	178,5	2265	12,5	253,0	74,0	327,0	1835	
Reusstal West	114,0	2480	36,25	216,0	34,5	250,5	2200	
Reusstal Ost	81,0*)	2440	34,2	165,5	24,5	190,0	2350	
Total Reuss	373,5	2370	24,5	634,5	133,0	767,5	2055	83
Rhein								
Südstrang	156,5	2375	17,5	276,0	50,5	326,5	2080	
Nordstrang	90,0	2385	12,5	145,5	28,0	173,5	1930	
Total Rhein	246,5	2380	15,7	421,5	78,5	500,0	2025	84
Total Hochlagen	620,0	2370	20,9	1056,0	211,5	1267,5	2040	83
Mittellagen (Pumpwasser)								
Reuss (Göschenen)	59,5	1875	5,6	66,5	25,0	91,5	1540	
Rhein (Sedrun)	73,5	1820	0	62,0	28,0	90,0	1225	
Total Mittellagen	133,0	1845	2,5	128,5	53,0	181,5	1365	71
Tieflagen (Laufwasser)								
Reuss	131,0	1850	7,7	163,5	59,5	223,0	1700	73
Total Reussgebiet	564,0	2200	18,55	864,5	217,5	1082,0	1920	80
Total Rheingebiet	320,0	2250	12,1	483,5	106,5	590,0	1845	82
Total alle Gebiete	884,0	2215	16,2	1348,0	324,0	1672,0	1890	81

*) inklusive Einzugsgebiet des Hüfigletschers, hierüber siehe Abschnitt IV, A, 2.

Die sich aus dieser Untersuchung ergebenden Sommer- und Winter-Abflussmengen sind in Tabelle 1 zusammengestellt, während aus Abb. 3 die mittleren Monatsabflüsse hervorgehen. In diesen Darstellungen sind die Einzugsgebiete zusammengefasst in die «Hochlagen», deren Abflüsse direkt dem Stausee zugeleitet werden, die «Mittellagen», deren Restabflüsse mittels Pumpwerken ebenfalls in den Speicher gelangen und die «Tieflagen», die nur noch Laufwasser liefern.

Die Wahl der Ausbauwassermenge für die aus den verschiedenen Einzugsgebieten dem Stausee Urseren zuzuleitenden Gewässer erfolgte, soweit es sich nicht um die direkten Zuflüsse des Urserentals handelt, unter Berücksichtigung des Abflussregimes, das durch die relativ starke Vergletscherung bedingt und durch Konzentration der Abflüsse auf wenige Sommermonate gekennzeichnet ist. Die Ausbauwassermenge beträgt darnach 150 bis 250 l/km² s, also das 2 ½ bis 3 ½-fache der mittleren Abflussmenge. Die grössere Ausnützung ist auf Grund wirtschaftlicher Vergleichsrechnungen für die näher gelegenen Fassungsstellen, die kleinere für die entfernteren Gebiete vorgesehen. Gewässer mit Einzugsgebieten von weniger als 1 bis 2 km² wurden, soweit sie nicht besonders günstig gelegen sind, nicht einbezogen. Bei der Berechnung wurden von den Abflussmengen, ausser den das Schluckvermögen der Fassungen übersteigenden Hochwassern, noch besondere Abzüge für Sickerverluste, Spülwassermengen, usw. vorgenommen. Ebenso wurden wie üblich im Stausee Verluste durch Verdunstung, Versickerung und Ueberlauf in Betracht gezogen. Tabelle 2 enthält die für den Werkbetrieb nach Abzug aller Verluste zur Verfügung stehenden *Nutzwassermengen*. Entsprechend den in den hochgelegenen Gebieten herrschenden klimatischen Verhältnissen ist die Winterperiode zu 7 Monaten (Oktober-April), der



Kraftwerke (Vollausbau). Masstab der Längen 1 : 80 000, der Höhen 1 : 8000

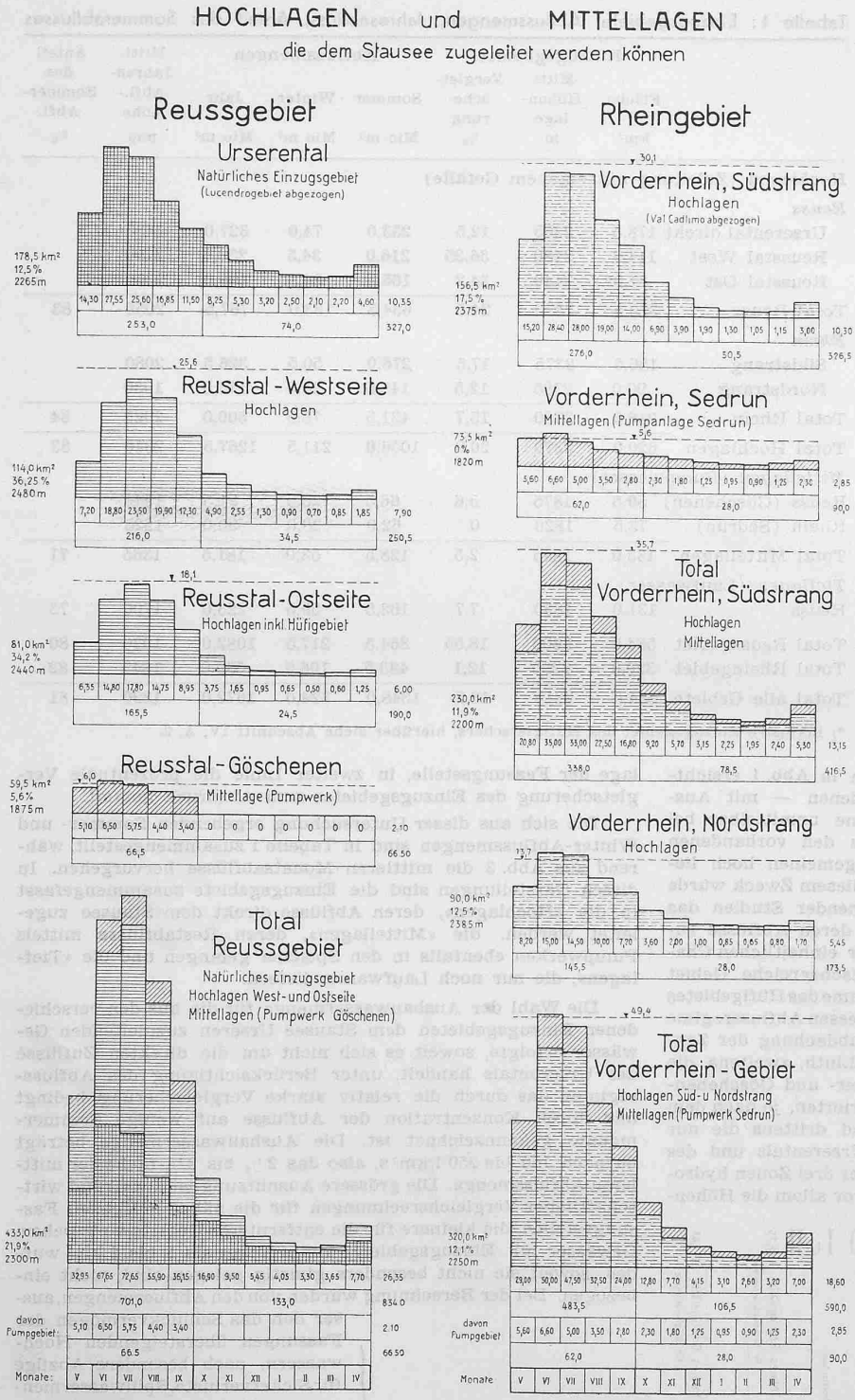


Abb. 3. Abflussmengen der ausgenützten Einzugsgebiete

Tabelle 2: Nutzwassermenge und deren Aufteilung

Verwendungsart	Herkunft	Totale Nutzwassermenge Sommer Mio m³	Winter Mio m³	Jahr Mio m³	Anteil a. d. Abfl.-menge %
Speicherwasser	Urserental direkt	253,0	74,0	327,0	100
	Reuss- u. Vorderrheintal inkl. Pumpwerke	776,5	158,5	935,0	83,5
	Total Zufluss	1029,5	232,5	1262,0	87
	Verluste im Stausee	-46,0	-5,0	-51,0	-3,5
Speicher-Nutzwassermenge		983,5	227,5	1211,0	83,5
Laufwasser	Reusstal	174,0	87,5	261,5	-
Total Zuflussmenge		1203,5	320,0	1523,5	91
Total Nutzwassermenge		1157,5	315,0	1472,5	88

Sommer zu 5 Monaten (Mai-September) in Anrechnung gebracht.

Die aus Tabelle 2 hervorgehende Speicher-Nutzwassermenge von 1211 Mio m³ kann beim vorgesehenen Speicherinhalt ohne weiteres in 7, nötigenfalls auch in 6 Wintermonaten verarbeitet werden. Die gewählte und bereits erwähnte Ausbaugrösse von 120 m³/s für die Hauptkraftwerke und von 20 m³/s für die Regionalwerke führt zu einer ideellen Benützungsdauer der maximal möglichen Spitzenleistung von 2400 h. Demnach werden in der erstgenannten Werkgruppe durchschnittlich 1041 Mio m³ pro Winter und in den Regionalwerken 170 Mio m³ Winterwasser aus dem Urserenspeicher zur Verfügung stehen. Die restlichen Laufwassermengen von 87,5 Mio m³ im Winter und 174 Mio m³ im Sommer werden in den Kraftwerken Amsteg und Erstfeld ausgenützt, ein Anteil hievon, nämlich 27 Mio m³ im Winter und 14 Mio m³ im Sommer, auch in der Mittelstufe Wassen. Ueber diese *Werkwassermengen* gibt Abb. 4 näheren Aufschluss. Es kommt darin auch der Gedanke zum Ausdruck, dass die zur Verfügung stehende Winterwassermenge in den Wintermonaten mit grösstem Bedarf in verstärktem Masse herangezogen werden kann.

Der Wasserhaushalt des Urserenspeichers wurde für die Zeitspanne 1931/32 bis 1940/41 im Detail und für die Periode 1917 bis 1942 überschlägig untersucht. Es ergab sich, dass, dank der teilweise grossen Vergletscherung und der Verschiedenartigkeit der klimatischen Verhältnisse der Einzugs-

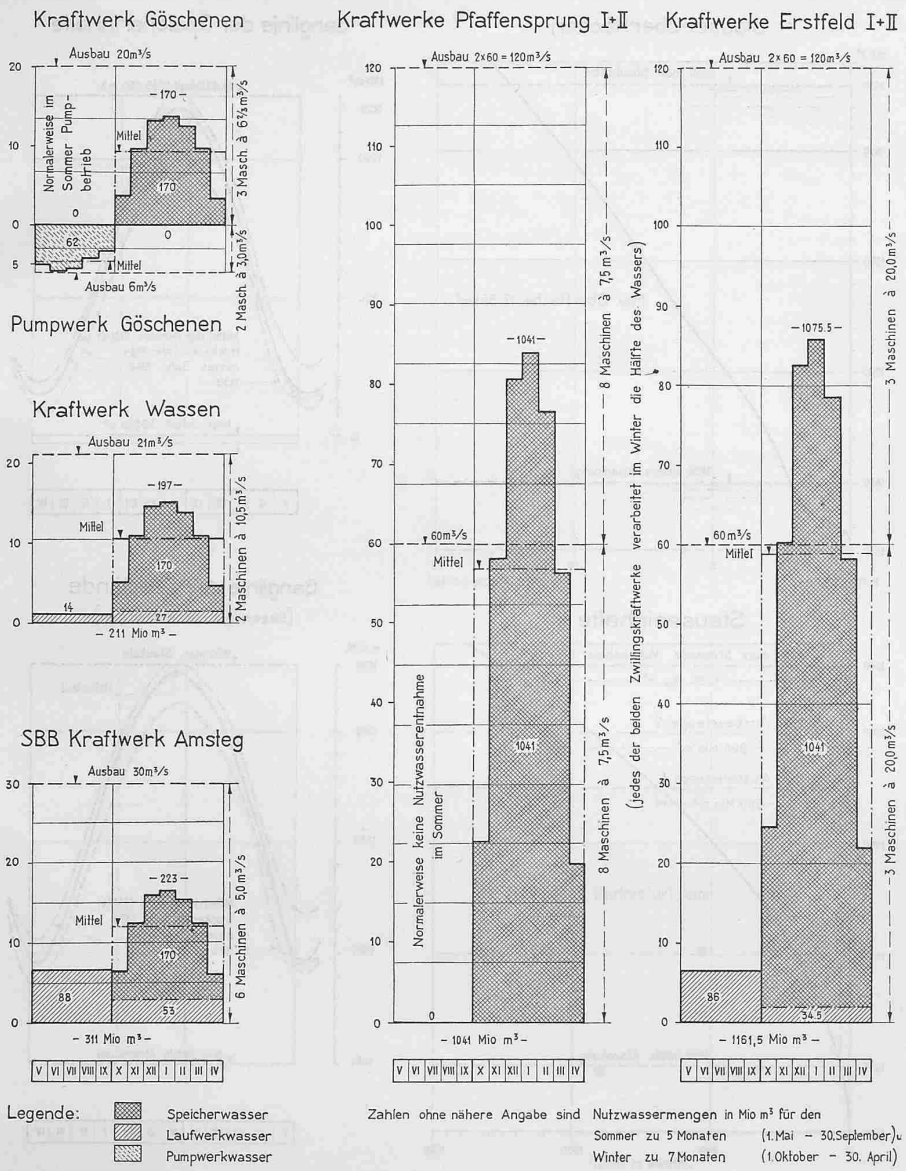


Abb. 4. Werkwassermengen, links Regionalkraftwerke, rechts Hauptkraftwerke

gebiete, die von Natur aus schon einen gewissen Ausgleich der Abflussmengen von Jahr zu Jahr zur Folge haben, vor allem aber wegen des gewählten Ueberjahresspeichers, eine alljährlich praktisch gleich grosse Nutzwassermenge in der Untersuchungsperiode hätte abgegeben werden können. — Hydrologisch besonders ungünstig ist hierbei die Jahresfolge 1932 bis 1935 mit ausgesprochen geringen Abflüssen, an deren Ende aber nur eine Reduktion der Werkwassermenge um 5 % erforderlich gewesen wäre, trotzdem sich eine solche Folge von Trockenjahren ungünstiger auswirkt als das notorische Trockenjahr 1921. In Abb. 5 sind die berechneten Schwankungen der Wasserspiegellage und des Stauraumhaltes für ein mittleres, ein wasserarmes und ein trockenes Jahr aufgezeichnet.

III. GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

In geologischer Hinsicht wurde das ganze Gebiet, das von den projektierten Urserenwerken berührt wird, sehr eingehend untersucht. Es umfasst Zonen des Gotthard- und Aarmassivs, der Urserenmulde und der Tavetscher Zwischenmulde, in welch letztgenannten Gesteine des Permokarbons und des Mesozoikums auftreten. Gotthard- und Aarmassiv bestehen in grossen Zügen aus altkristallinen Ortho-, Injektions- und Paragneisen und Amphiboliten, in die später granitische Magmen eingedrungen sind. Diese Gesteine wurden noch durch die letzten Phasen der herzynischen Faltung metamorphisiert. Die Ablagerungen im Permokarbon bestehen aus konglomeratischen bis sandigen Sedimentgesteinen, die durch Quarzporphyr-Lagergänge und -Deckenergüsse gestört sind. Im Mesozoikum gelangten auf der Nordseite des Gotthardmassivs Trias, Dogger und Malm zur Ablagerung, auf der Südseite Trias und Bündnerschiefer. In der alpinen Faltungsphase wurde das Gotthardmassiv an das Aarmassiv gepresst, die permokarbonische und mesozoische Mulde zwischen beiden Massiven zum Teil ausgequetscht und alle Gesteine stark umgewandelt. Die Streichrichtung der beiden Massive verläuft etwa N 60° E, das Fallen ist sehr steil. Durch das Vorhandensein zahlreicher Kunstbauten wurde die Erfassung des Aufbaues wesentlich erleichtert.

In bautechnischer Hinsicht sind alle Gesteine des Aar- und Gotthardmassivs, vor allem die Intrusionsgesteine, vorzüglich, sie sind standfest, dicht und führen im allgemeinen wenig Wasser.

Die Gesteine des Permokarbons und des Tavetscher Zwischenmassivs sind etwas weniger günstig zu beurteilen, da sie oft tiefgründig verwittert sind. Immerhin sind auch sie im allgemeinen standfest und nur ausnahmsweise wasserführend. Die Zonen der bautechnisch am wenigsten geeigneten Gesteine des Mesozoikums, vor allem die Triasgesteine, deren Häufigkeit im Gebiet aber gering ist, können bei richtiger Trassierung der Stollen grösstenteils gemieden werden und verlangen im übrigen die bekannten Vorsichtsmassnahmen.

Im gesamten sind die vorhandenen geologischen Bedingungen für ein Bauvorhaben wie die Urserenwerke als aussergewöhnlich günstig zu bezeichnen.

Stausee Urseren

Er beansprucht die Mulde zwischen Gotthard- und Aarmassiv von Realp bis Andermatt. Alle Beobachtungen weisen darauf hin, dass das Becken völlig wasserdicht ist, weil Wasserverluste quer zu den ungefähr West-Ost streichenden Gesteinen der beiden Massive ausgeschlossen sind, während Verluste in Streichrichtung wegen der grossen Distanz, die das Wasser bis zur Austrittstelle zurücklegen müsste, fast undenkbar sind. In der letzterwähnten Beziehung gibt der weiter unten zu besprechende äusserst geringe Wasserandrang im Gotthardtunnel, selbst in der mesozoischen Zone, den besten Anhaltspunkt.

Der heutige Talboden ist ohne jeden Zweifel durch die allmähliche Auffüllung eines früheren Sees entstanden. Zur Feststellung der Tiefe des Felsgrundes wurden seismische Lotungen, Tiefbohrungen vom Talboden aus und senkrecht nach oben gerichtete Gesteinsbohrungen vom Gotthardtunnel aus durchgeführt. Darnach besitzt die Felsmulde in der Gegend von Andermatt eine Tiefe von rund 270 m. Die Schuttfüllung besteht, direkt über dem Felsgrund, aus einer meist wenig mächtigen Grundmoräne mit geringfügigen Lehmbestandteilen. Darüber folgt eine mächtige Schicht feiner, praktisch wasserdicht gelagerter Sande, während an der Oberfläche eine junge fluviale Schotterschicht liegt. Seitwärts greifen in diese Ablagerungen die Schuttkegel der Seitenbäche, sowie Gehängeschutt ein. Oestlich von Hospenthal ist dieses Seebecken durch anstehenden Fels abgeriegelt, während weiter westlich Schuttkegel die Talsohle überdecken.

Staumauer Schöllenen

Von wesentlicher Bedeutung für die Projektierung der Talsperre ist die Tiefe der Felsrinne in der Gegend des Urnerlochs. Vier Sondierbohrungen wurden zur Feststellung der Mächtigkeit der Schuttablagerungen ausgeführt und nach Erreichung des Felsgrundes noch 10 bis 13 m in den gewachsenen Fels vorgetrieben. Von der eindeutig festgestellten durchgehenden Felsschwelle auf Kote 1415 am Südrand des Teufelsfalls weist darnach die Erosionsschlucht ein Gegengefälle auf. Ihre Tiefe wächst von 37 m bei der Kaserne Bühl auf 95 m, vom Talboden aus gemessen, beim Reussknie am Ausgang der Allmend, wie aus dem Längenprofil des Talwegs, Abb. 6, hervorgeht.

Ueber die geotechnischen Eigenschaften sind umfangreiche Untersuchungen angestellt worden, die in der Abpressung des Felsens und der Messung der Deformationen bestanden. Die Versuche erfolgten in tief im Berginnern ausgebrochenen Felsnischen am linken Talhang. Namentlich sollte daraus die Verschieden-

heit des elastisch-plastischen Verhaltens des Granites und der den Granit umhüllenden Gneisschichten des an der Sperrstelle anstehenden Aarmassivs ermittelt werden. Je nach der Richtung bezüglich Streichen, in der die Abpressung erfolgte und der Gesteinsart, variiert der Elastizitätsmodul zwischen 400 000 und 80 000 kg/cm². Im rechten Talhang wurden vier Kernbohrungen, z. T. bis zu 100 m Länge, vorgetrieben, zum Zweck der Feststellung der Tiefe der eingedrungenen Verwitterung und der Durchlässigkeit des Felsens, vor allem in der Zone der «Grossen» und der «Nassen Kehle». Der hohe Prozentsatz an intakten Bohrkernen und die äusserst geringe Wasseraufnahme bei den Wassereinpressversuchen unter Hochdruck zeigten die relativ geringe Mächtigkeit der Verwitterungsschicht und die praktisch völlige Undurchlässigkeit der nicht verwitterten Schichten. Sie geben sicheren Aufschluss über die vorzüglichen bautechnischen Eigenschaften auch der Gneisschichten, deren grössere Zusammendrückbarkeit durch Zementinjektionen kompensiert werden kann. Diese Untersuchungen haben den Nachweis dafür erbracht, dass eine «anormale Kontaktfläche» in der Uebergangszone vom Aargranit auf die anschliessenden Gneise nicht besteht und dass die Talsperre unbedenklich teils auf Granit, teils auf Gneis fundiert werden darf (Abb. 6).

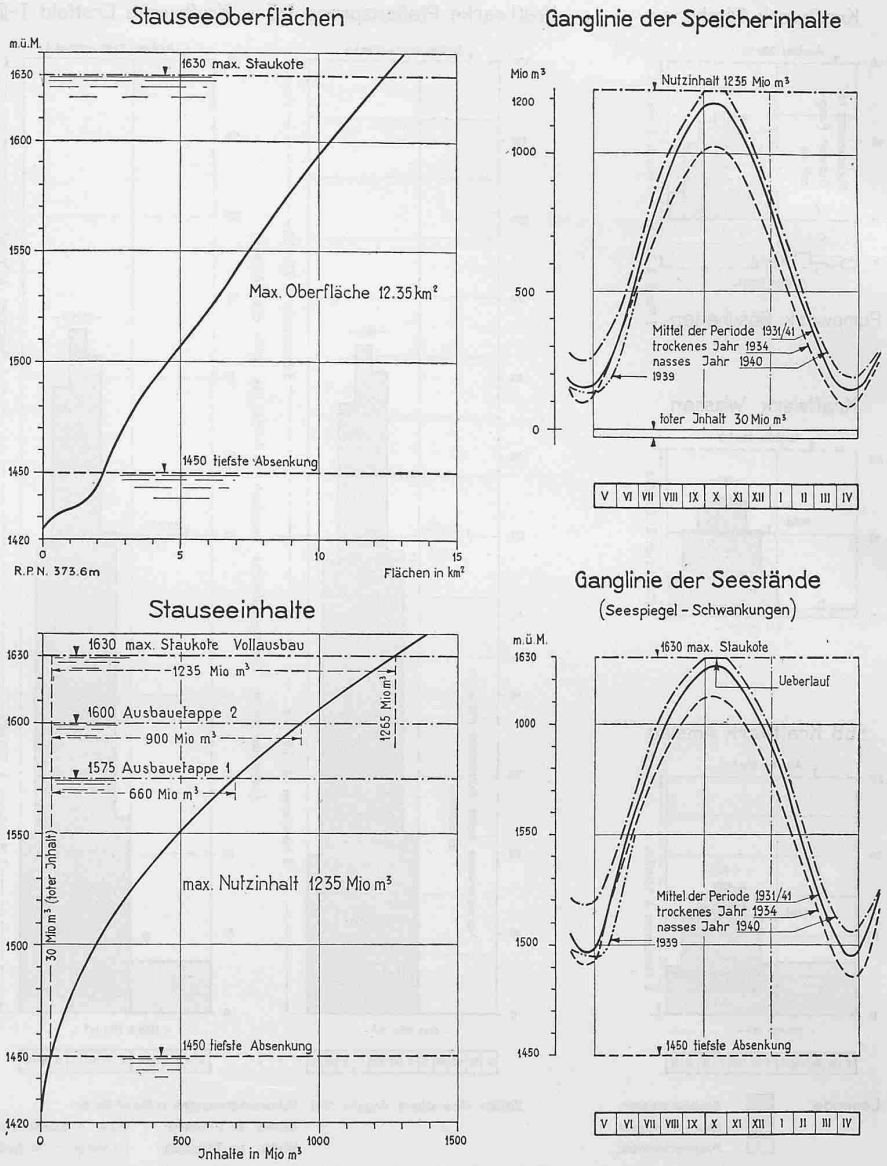


Abb. 5. Wasserhaushalt des Urserenspeichers

Gotthardtunnel

Die Sicherung des Gotthardtunnels, der das Urserental in rund 300 m Tiefe unterfährt, ist bei allen früheren Projekten als eine der wichtigsten noch zu studierenden Fragen aufgeworfen, jedoch bei keinem abgeklärt worden. Wohl war zu Beginn der Studien für das vorliegende Projekt die beim Vortrieb des Tunnels durchfahrene Gesteinsfolge vor allem aus den Berichten des Geologen Dr. F. M. Stapf und aus weiteren Akten im Besitz der SBB bekannt, nicht aber die für die Beurteilung der Sachlage wichtige Mächtigkeit der Felsüberlagerung an der tiefsten Stelle des alten Seebeckens. Weiter war bekannt, dass von Tunnel-km 2,813 bis 2,891 in der mesozoischen Gebirgszone die Gesteine durch Verwitterung stark zersetzt waren und z. T. plastische Eigenschaften aufwiesen. In dieser sog. Druckstrecke war eine mehrmalige Rekonstruktion des Tunnelmauerwerks erforderlich mit streckenweisem Einbau eines Sohlengewölbes. Auch nördlich und südlich derselben mussten noch verstärkte Normalprofile eingebaut werden. Seit dieser Rekonstruktion sind auf der Gesamtlänge des Tunnels im Bereich des projektierten Urserensees keine Veränderungen aufgetreten.

Die bereits erwähnten sehr geringen Wassermengen, die in den Tunnel eintreten, nämlich 1,5 l/s südlich der Druckstrecke, 3,5 l/s bis nördlich der Kalkzone und total 4 l/s am Nordportal, beweisen die geringe Durchlässigkeit des Felsens. Auffallend ist dagegen der starke Sulfatgehalt, der an einzelnen Quellen bis zu 700 mg/l beträgt und das Vorhandensein von Gips verrät. Die Quellergüsse sind unabhängig von den Jahreszeiten, die Temperatur des Wassers ist seit dem Bau etwas gefallen und variiert zwischen 13 und 18° C.

Das Studiensyndikat liess auf Grund der Ergebnisse der seismischen Lotungen im Jahre 1943 bei Tunnel-km 2,8 eine seitliche Bornische ausführen, von der aus durch die Firma Swissboring in Zürich vier Kernbohrungen bis zum Anstich der grundwasserführenden Moränenschicht über der Felssohle der Erosionsmulde des Urserenbeckens vorgetrieben wurden. Zwei der Bohrungen durchstiessen Kalkschiefer, Marmore, Gangquarz und schwarze Kalktonschiefer. Die Bohrungen 3 und 4, die nach Süden geneigt waren, gelangten nach Durchfahren analoger Schichten in lehmig verwitterte Zonen mit plastischem Charakter, in Gips und Dolomit. Die tiefst angeschnittene Stelle des Felsbeckens liegt rund 40 m über Schwellenhöhe des Tunnels. Im allgemeinen wurden die Ergebnisse der seismischen Lotungen, die ein vollständiges Profil längs der Tunnelaxe ermittelten, bestätigt. Hochdruckinjektionen ergaben eine geringe Wasseraufnahmefähigkeit des Gesteins und fast gar kein Eindringen von Zement. Es lässt sich aus dem Komplex dieser Untersuchungen schliessen, dass eine Beeinflussung des Gotthardtunnels durch den Aufstau des Urserensees — mit Ausnahme der kurzen Druckstrecke und eventuell der an sie unmittelbar angrenzenden Sektoren — nicht zu befürchten ist. Die Sicherungsmassnahmen für diese Strecken werden im Abschnitt IV, 3 behandelt.

Uebrige Bauwerke

Abgesehen von wenigen und kurzen Strecken der Zuleitungsstollen zum Urserensee befinden sich sämtliche geplanten Bauwerke in Zonen bautechnisch günstiger Gesteine. Einzelheiten über die geologischen Verhältnisse sollen im Zusammenhang mit der Beschreibung der Objekte kurz erwähnt werden.

(Fortsetzung folgt)

Wettbewerb für die Neubauten der veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Zürich

(Schluss von Seite 102)

Projekt Nr. 6. Kubikinhalt 68 161 m³, Nutzfläche 8418 m².

Die theoretischen und praktischen Institute sind bewusst und übersichtlich in wenige, unter sich nahe gelegene Baukörper verteilt. Institute und Stallungen gruppieren sich um den Klinikhof.

Freiflächenzusammenhang gut. Auch die Terrainausnützung befriedigt, doch sind grosse Erdbewegungen und eine hohe Stützmauer längs der Hauptzufahrt nötig. Die Anlage ist von der Winterthurerstrasse abgerückt, ihre städtebauliche Eingliederung gut. Besonnung, Belichtung und Windschutz sind gewährleistet.