

Die technische Entwicklung der hydroelektrischen Anlagen in der Schweiz in der Darstellung durch die E.T.H. an der Internationalen Ausstellung in Basel 1926

Autor(en): **Meyer-Peter, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **89/90 (1927)**

Heft 9

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-41659>

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.

INHALT: Die technische Entwicklung der hydro-elektrischen Anlagen in der Schweiz in der Darstellung durch die E. T. H. an der Internat. Ausstellung in Basel 1926. — Das Krematorium in Langenthal (mit Tafeln 9 u. 10). — Fragen der künstlerischen Erziehung. — Nekrologie: Ernst Zingg. Alfred Bellenot. Marcel Daxelholfer. Walter Zuppinger. — Mitteilungen: Lokomotiven mit hintern Drehgestellen. Ueber Veredlung des Gussseisens durch Rütteln und Schütteln. Spezialschiffe für den Traktoren-Trans-

port von Amerika nach Europa. Eidgen. Technische Hochschule. Deutscher Beton-Verein. Vereinigung schweizerischer Strassenfachmänner. IV. Internat. Strassenbahn- und Kleinbahn-Kongress. St. Antoniuskirche in Basel. — Wettbewerbe: Erweiterungsplan für die Stadt Freiburg. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Sektion Bern des S. I. A. Basler Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Die technische Entwicklung der hydro-elektrischen Anlagen in der Schweiz in der Darstellung durch die E. T. H. an der Internationalen Ausstellung in Basel 1926.¹⁾

III. Die Entwicklung der baulichen Bestandteile der hydro-elektrischen Werke.

Von Prof. E. MEYER-PETER, Zürich.

A. Niederdruck-Anlagen.

Gesamtsituationen. Ein Blick auf die in Abb. 1 bis 3 vereinfacht und nur teilweise wiedergegebene Darstellung der Gesamtsituationen der Niederdruckanlagen zeigt, dass bis heute in der Schweiz hauptsächlich Laufwerke gebaut wurden; die Anzahl der Speicheranlagen ist noch sehr beschränkt, was zum grössten Teil durch die Rücksichtnahme auf die Unterlieger zu erklären ist. Das Grossspeicherwerk Mühleberg liegt in dieser Beziehung deshalb günstig, weil die beiden flussabwärts folgenden Werke ebenfalls den B. K. W. gehören, während unterhalb Hagneck der Bielensee den notwendigen Ausgleich besorgt. Entsprechend der topographischen Gestaltung der in Frage stehenden Flussläufe, sind am Rhein die reinen Stauanlagen, an der Aare die Kanalwerke vorherrschend.

Wenn bei all diesen Werken auch topographische und geologische Verhältnisse mehr als Konstruktionsregeln massgebend sind, so lässt sich in der Gesamtsituation trotzdem eine sichere Entwicklung nachweisen. Chèvres, Rheinfelden und Beznau, Werke also, die noch in den neunziger Jahren begonnen wurden, zeigen eine eigenartige, stromabwärts gerichtete Lage der Zentrale, die sowohl in Bezug auf die Abwehr von Geschwemmsel und die Vermeidung von Gefällsverlusten im Oberwasser, wie auch mit Rück-

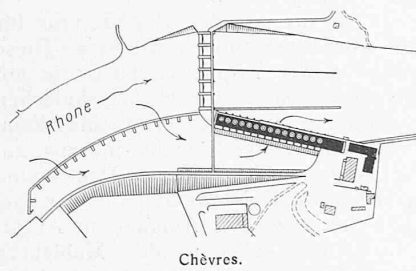
sicht auf die Wasserführung beim Austritt aus den Turbinen als ungünstig zu bezeichnen ist. Die Abwehr des Geschwemmsels ist in Chèvres seit dem Bau des Aussenrechens im Jahre 1904, vor allem aber seit der Einführung des neuen Typus der Rechenreinigungsmaschine und des Spülkanals für das Rechengut (1925) gelungen, ebenso die Verhinderung der Versandung des Einlaufbeckens. Die Anordnung, die in der (hier nicht wiedergegebenen) Darstellung der Einlaufbauwerke zu sehen war, wurde seither vorbildlich für die neuesten Umbau- und Neubauprojekte.

Für die in diesem Jahrhundert projektierten reinen Stauanlagen ist die Parallelstellung des Turbinenhauses zum Wehr typisch geworden. Eine Ausnahme von dieser Regel bildet das zwei Verwaltungen gebörende Doppelwerk Augst-Wyhlen mit zwei von einander völlig getrennten Zentralen auf beiden Flussufern, die senkrecht zum Wehr, aber nicht mehr flussabwärts, sondern flussaufwärts gestellt sind. Bei der geringen Zulaufgeschwindigkeit des Oberwassers in der grossen Stauhaltung sind trotz der rechtwinkligen Abdringung des Einlaufs die Eintrittsverluste gering, der Turbinenauslauf ist vor dem Gewölde unterhalb des Stauwehres geschützt. Einfacher ist aber ohne Zweifel die An-

ordnung der ebenfalls internationalen Werke Laufenburg und Eglisau, die die erwähnte typische Anordnung zeigen.

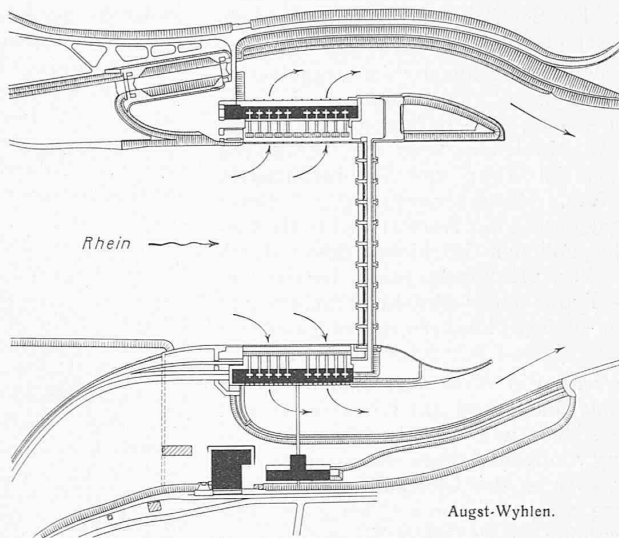
Bei den neuern Kanalwerken (Abbildung 2), von denen das Werk Olten-Gösgen, sowie das (hier weggelassene) Projekt eines Rhonewerkes dargestellt waren, gilt der Grundsatz der Senkrechtstellung der Zentrale zur Kanalaxe. Bezüglich der Richtung, unter der der Oberwasserkanal vom Flusse abzweigt, ist ebenfalls ein interessanter Wandel zu beobachten. Anfänglich wurde dieser Frage wenig Bedeutung beigemessen: Rheinfelden (hier weggelassen) zeigt den Kanal in gerader Fortsetzung des Flusslaufs, Beznau die rechtwinklige Abzweigung, Olten-Gösgen ging zu der in Bezug auf Ge-

¹⁾ Schluss von Seite 47. Infolge des notwendigen Umzeichnens der Unterlagen zu verschiedenen Abbildungen ist in der Veröffentlichung dieses Schlussteils eine starke Verspätung eingetreten, wofür wir den Verfasser um Entschuldigung bitten. Red.

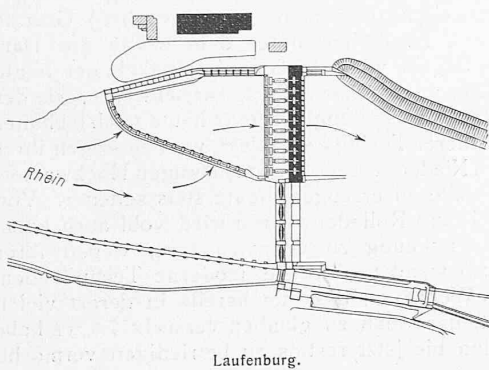


Chèvres.

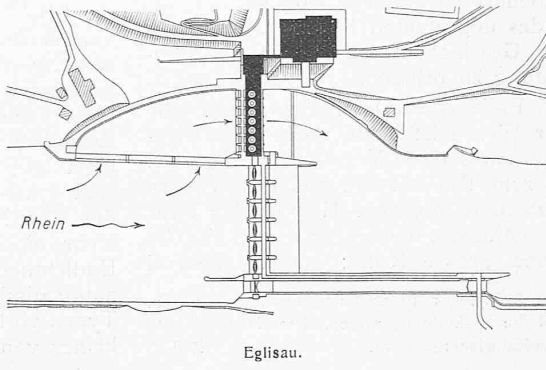
Abb. 1. Reine Stauanlagen. — Lagepläne 1 : 7000.



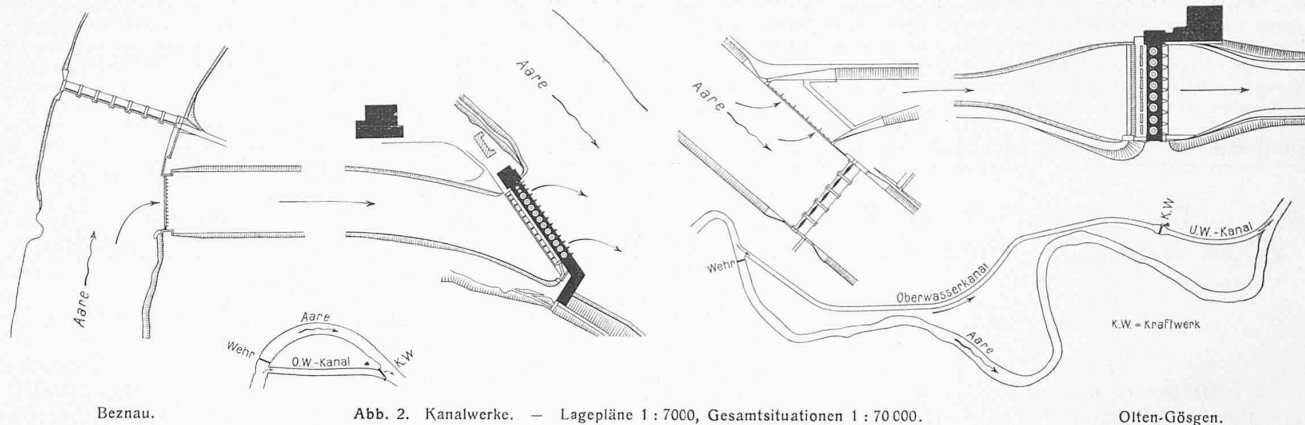
Augst-Wyhlen.



Laufenburg.



Eglisau.



Beznau.

Abb. 2. Kanalwerke. — Lagepläne 1 : 7000, Gesamtsituationen 1 : 70 000.

Olten-Gösgen.

schiebeführung günstiger schiefwinkliger Verzweigung über, das Projekt eines Rhonewerkes zeigte die durch Modellversuche auch anderwärts bewährte tangentialer Anordnung an eine bestehende Flusskrümmung.

Die Verbindung der Wasserkraftnutzung mit der Grossschiffahrt wurde erstmals beim Bau des Werkes Augst-Wyhlen praktisch verwirklicht durch den Bau einer Schleuse von 12 m Breite und 70 m Nutzlänge mit trapezförmigem Querschnitt, die, in baulicher Hinsicht vom Stauwehr und von der Zentrale völlig getrennt, die Verbindung zwischen Ober- und Unterwasser durch den linksseitigen Unterwasserkanal sucht. Eglisau und Laufenburg zeigen dem gegenüber insofern einen Fortschritt, als nur noch das Oberwehr der Schleuse und zwar als Bestandteil des Stauwehrs gebaut wurde. Im Projekt Ryburg-Schwörstadt endlich ist nur noch die Möglichkeit der Erstellung der Schleuse verlangt. Bei den Kanalwerken, die hauptsächlich an der Aare gelegen sind, kam die Grossschiffahrt nicht in Frage. Das Projekt eines Rhonewerkes bei Genf zeigte die Möglichkeit, auch bei einem Kanalwerk die Schiffahrtseinrichtungen unabhängig vom Kraftwerk zu erstellen.

Die beiden Speicheranlagen Kallnach (hier weggelassen) und Mühleberg (Abbildung 3), mit rund 1 Million m³, bzw. 9,5 Millionen m³ Speicherraum, sind in ihrer Gesamtanordnung völlig verschieden. Mühleberg zeigt die Anordnung einer reinen Stauanlage, mit Wehr- und Turbinenhaus in einer und der selben Axe. Bemerkenswert ist bei dieser Anlage die durch Ausbaggerung der Aare erreichte Gefällsvermehrung, die nur bei völligem Geschieberückhalt durch den Stausee denkbar war. Kallnach zeigt den in der Schweiz sehr seltenen Typus einer Mitteldruckanlage mit Druckleitungen, der in andern Ländern, nicht zuletzt in Deutschland, in den letzten Jahren sehr häufig geworden ist.

Stauwehre. Diese waren in Wehre mit Stauhöhen von 6 bis 25 m und solche mit Stauhöhen unter 6 m eingeteilt. Für die erste Gruppe (Abb. 4 und Tabelle I) ist die ausschliessliche Verwendung von Rollschützen charakteristisch.¹⁾ Noch bemerkenswerter aber ist der Umstand, dass — das Speicherwerk Mühleberg ausgenommen — bei allen Ausführungen die Schwellenhöhe etwa auf dem Niveau der mittleren Flusssohle angeordnet wurde. Dies hat den Zweck, bei Hochwasser und bei Bedarf so gut wie möglich den ursprünglichen Zustand des ungestauten Flusses wieder herstellen zu können, um Geschiebe-Ablagerungen im Staugebiet zur Abschwemmung zu bringen.

Die Anzahl und Breite der Oeffnungen, bzw. die gesamte Lichtweite der Wehre ist heute noch nicht abgeklärt. Dies ist aus den sehr starken Verschiedenheiten bei den Rheinwehren, die zum Teil mit den gleichen Wassermengen zu rechnen haben, zu ersehen. Hier spielen zwar die topographischen Verhältnisse, namentlich die Flussbreite an der Wehrstelle eine grosse Rolle; ausschlaggebend

¹⁾ Wir bringen hier in Abb. 4 nur die schematischen Darstellungen, die den Reguliervorgang und die Kolkbildung zeigen. Drei Hauptansichten sind auf Seite 28 letzten Bandes wiedergegeben. Red.

wird aber in einzelnen Fällen die Auffassung des Projektverfassers über die Grösse des Abflusses pro m lichte Wehrbreite, der mit Rücksicht auf die Kolkwirkung zuzulassen ist.

Es ist selbstverständlich, dass in erster Linie die pro m Wehrbreite durchfliessende Energiemenge für den Kolk ausschlaggebend sein wird. Jedoch kommt dann in zweiter Linie die Ausbildung des Sturzbeckens in Frage. Die bisher gebauten Wehre zeigen in dieser Hinsicht entweder die gegen das Unterwasser etwa unter 45° abfallende, horizontal abschliessende Schwellenform, oder dann aber die vollständig horizontale Schwelle. Auffallend ist die sehr lange Kolkversicherung beim Wehr Eglisau. Mühleberg hat mit dem Einbau von Chikanen gute Erfahrungen gemacht. Die moderne Wehrschwelle mit ausgeprägtem Kolkbecken, die durch eine gegen das Unterwasser wieder ansteigende Gegenschwelle gebildet wird, ist bei grossen Anlagen nur in Chancy-Pougny ausgeführt.

Endlich ist aber auch die Art der Regulierung für die Kolkbildung nicht ohne wesentlichen Einfluss. Diese Erkenntnis führte zum Bau der Doppelschützen, die anfänglich mehr aus konstruktiven und betriebstechnischen Gründen eingeführt, sich durch die Möglichkeit eines kombinierten Ueberströmens und Unterströmens in bezug auf die Kolkverhinderung sehr bewährt haben. Den ersten Anstoss dazu gab allerdings die Notwendigkeit der Geschwemmsel- und Eisableitung, welche Aufgabe in Augst-Wyhlen noch durch Eisklappen gelöst wurde. Mühleberg zeigt entsprechend ihrer sehr ausgedehnten Stauwirkung ein als festes Wehr ausgebildetes Stauwerk, bei dem die Wasserregulierung zum Teil mit Gleitschützen, zum Teil mit automatischen Gegengewichtsklappen besorgt wird.

Bei der zweiten (hier nicht wiedergegeben) Gruppe von Wehren mit Stauhöhen unter 6 m wollte die Darstellung einen Begriff von der Mannigfaltigkeit der heute bestehenden Lösungen geben. Feste Streichwehre, wie der Moserdamm, dessen Erstellung übrigens heute noch lebhaftes Zeugnis von früherer Tüchtigkeit ablegt, werden wegen ihrer Unfähigkeit, bei Niederwasser ohne unzulässigen Hochwasserstau grosse Gefälle zu erzeugen, heute stets seltener. Von den alten Nadel- und Rolladenwehren wird wohl auch kaum mehr eine Auferstehung zu erwarten sein, wegen ihrer Undichtheit. So wendet sich die moderne Technik dem automatischen Wehre zu, das nun bereits in derart vielen Typen vorliegt, dass man zu glauben versucht ist, es habe keiner von allen bis jetzt restlos zu befriedigen vermocht.

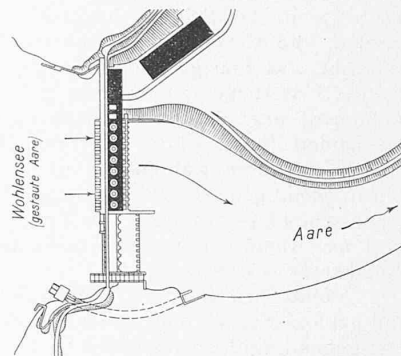


Abb. 3. Akkumulierwerk Mühleberg.

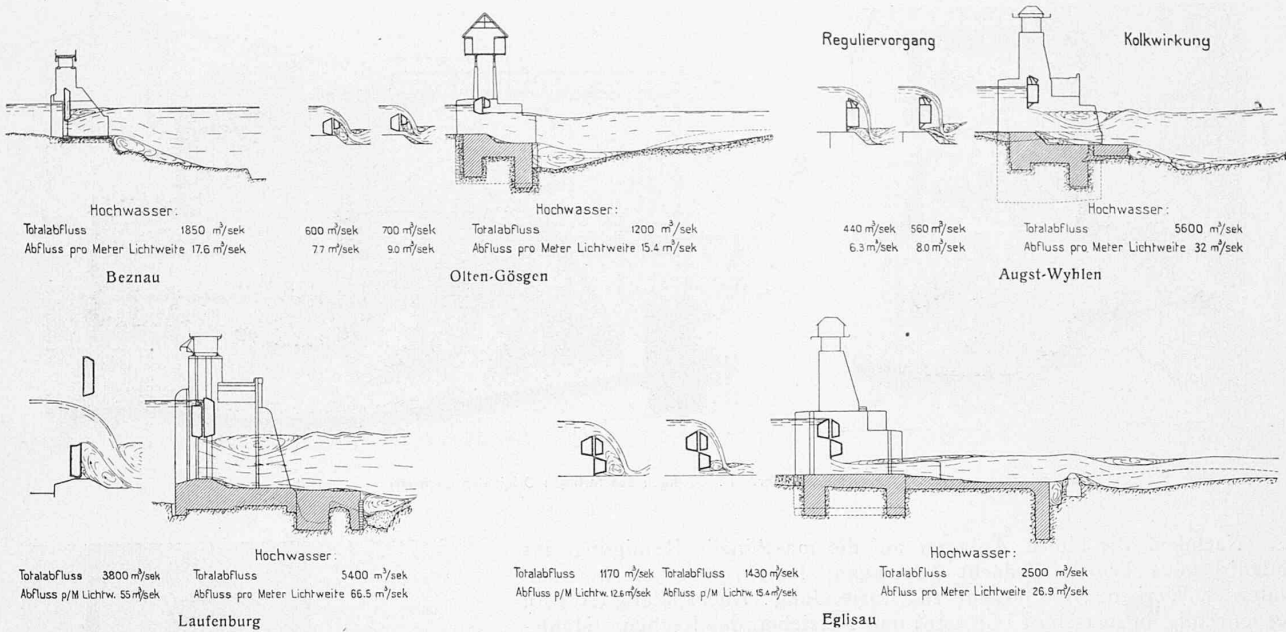
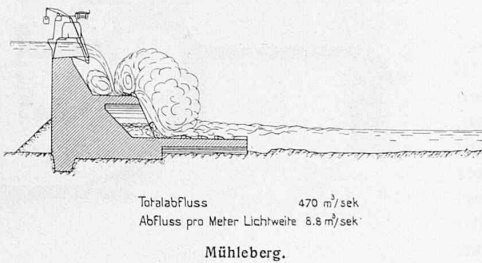


Abb. 4. Wehre mit Stauhöhen von 6 bis 25 m. — Schematische Darstellungen mit Angabe des Reguliervorganges und der Kolkwirkung. — Masstab 1 : 1400.



Breite der mit vertikalen Einheiten ausgestatteten Maschinenhäuser beträgt. Von den modernen Typen mit Vertikalwelle zeigten die ausgestellten Beispiele die allmähliche Anpassung der Maschinenhaus-Fundation an wachsende Gefälle. Dies kommt dadurch zum Ausdruck, dass das Einlaufbauwerk noch bei etwa 10 m Gefälle (Egglisau) einheitlich mit dem Fundament der Zentrale verbunden werden kann. Bei 18 m Gefälle (Gösgen) beginnt sich das Einlaufbauwerk vom Maschinenhaus abzulösen, um schliesslich bei 20 m (Mühleberg) die Form einer regelrechten Staumauer anzunehmen¹⁾.

Die im Aufsatz von Prof. Dr. Prášil erwähnte Einführung der spiralförmig ausgebildeten Zulaufkanäle an Stelle der offenen Wasserkammern gab schon der Zentrale Gösgen ein neuartiges typisches Gepräge, das in grossen Zügen bei den spätern Ausführungen bis zu den jüngsten Projekten gleich geblieben ist. Die stets grösser werdende Maschinenteilung, die stets bedeutendern Gewichte stellen an die Bauweise immer höhere Anforderungen.

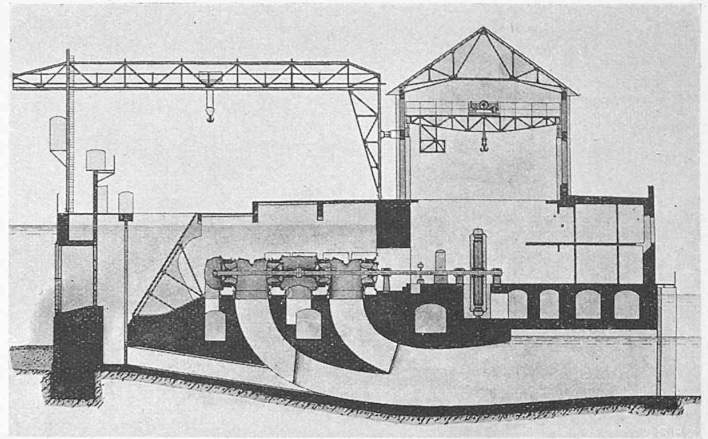
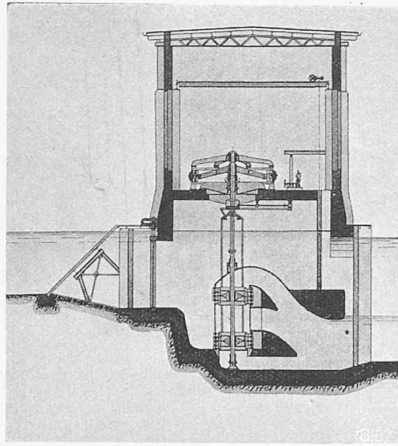
Bei der Fundation wird je nach der Höhenlage des Felsuntergrundes entweder ein enges Anschmiegen an die Form des Zulaufkanals und des Saugkrümmers möglich sein (Gösgen) oder aber es wird die Erstellung einer tiefgehenden Herdmauer unter dem Einlauf erforderlich (Egglisau, Mühleberg). Bei Mühleberg ist dieses Fundament durch die Anordnung grosser Sparräume, bedingt durch tiefe Felslage und grosses Gefälle, gekennzeichnet.

¹⁾ Querschnitte Gösgen und Mühleberg siehe Band 75, Seite 177 (17. April 1920), bezw. Band 87, Seite 287 (5. Juni 1926). Red.

Maschinenhaus-Querschnitte (Abb. 5 und Tabelle II). Selbstverständlich wird die bauliche Anordnung des Turbinenhauses durch das Turbinensystem bedingt. In dem von Prof. Dr. F. Prášil bearbeiteten Teil dieses Berichts ist die Entwicklung der Niederdruck-Turbinen von den mehrkränzigen Ausführungen mit vertikaler Welle der neunziger Jahre zu den mehrkränzigen Francis-Turbinen mit horizontaler Welle der Werke Augst-Wyhlen und Laufenburg bis zu den heutigen einkränzigen Schnellläufern mit wieder vertikaler Welle beschrieben. In Abb. 5 sind drei, diese Entwicklung deutlich zeigende Querschnitte aus Band 88 wiederholt. (Auf die Wiedergabe der vollständigen Tafel musste aus drucktechnischen Gründen leider verzichtet werden). Bei den horizontalaxigen Turbinen fällt die aussergewöhnliche Breite der Maschinenhaus-Fundation auf, die bei gleicher Leistung annähernd das Doppelte der

Tabelle I. Wehre mit Stauhöhen von 6 bis 25 m.

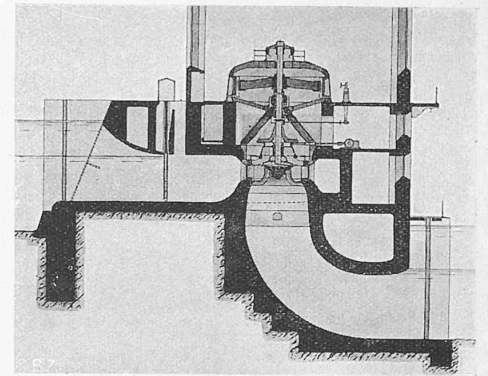
Werk	Erbaut	Stauhöhe über Schwelle m	Lichtweite der Oeffnungen m	Anzahl der Oeffnungen	Totalabfluss m ³ sek	Abfluss p. m Lichtweite b. Hochwasser m ³ /sek	Bauart der Schützen
Chèvres	1893 bis 1896	8,5	10,0	6	1250	20,8	Einfache Schützen
Augst-Wyhlen . .	1907 bis 1912	9,0	17,5	10	5600	32,0	Einfache Schützen mit Eisklappen
Laufenburg . . .	1908 bis 1914	14,0; 16,5	17,3	4	5400	66,5	Doppelsch., obere nur aufziehbar
Egglisau	1915 bis 1920	11,75	15,5	6	2500	26,9	Doppelschützen, obere absenkbar
Ryburg-Schwörstadt	Projekt 1926	12,0	16,0 (24,0)	6 (4)	5400	56	" " "
Beznau	1898 bis 1902	7,0	15,0	7	1850	17,6	Einfache Schützen
Olten-Gösgen . .	1914 bis 1917	6,1; 6,6	15,6	5	1200	15,4	Doppelschützen, obere absenkbar
Rhonewerk	Projekt	11,0	17,5	4	1250	17,9	" " "
Mühleberg	1917 bis 1921	22 ü. Fluss-S.	8,0 4,7	2 8	470	8,8	Automat. Obergewichtsklappen Gleitschützen



Rheinfelden. — Abb. 5. Maschinenhäuser. 1:500 (nach den farbigen Originalen clichéiert). — Augst.

Nachdem die älteren Anlagen auf die maschinelle Reinigung des Einlaufrechens keinen Bedacht genommen haben, kommen bei den modernen Werken drei Systeme zur Anwendung: Rückspülung (Augst), Rechenreinigungsmaschine (Gösgen) und Aufziehen des Rechens (Mühleberg). Bei den Anlagen mit Aussenrechen (Laufenburg, Eglisau) tritt beim Turbineneinlauf an Stelle des Feinrechens ein Grobrechen, der natürlich keiner besondern Reinigung bedarf.

Eine Anzahl von Aussenrechen war auf dem Tableau *Einlaufbauwerke und Kanalquerschnitte* dargestellt, von dem wir nur die Tabelle III wiedergeben. Was die Kanalquerschnitte anbetrifft, so kann bei den Werken, die auf die Schifffahrt nicht Rücksicht zu nehmen brauchen, der Grundsatz der wirtschaftlichen Fließgeschwindigkeit angewandt werden. So geht Olten-Gösgen von 1,48 m/sek bei Kanalstrecken im Kies oder bei Dammstrecken auf 1,92 m/sek in der Felsstrecke. Beim dargestellten Projekt eines Rhonewerks wurde mit Rücksicht auf die Schifffahrt die maximale Fließgeschwindigkeit auf 1,20 m/sek herabgesetzt.



Eglisau.

Tabelle II. Maschinenhäuser.

Werk	Erbaut	Nettogefälle m	Nutzwassermenge m³/sek	Max. Ausbau PS	Anzahl der Turbinen	Länge der eigentl. Maschinenfundamente m	Länge des gedeckten Maschinenhauses m	Fundamentfläche m²/PS	Gedeckte Fläche m²/PS
Chèvres	1893 bis 1896	7,8 bis 4,3	100 bis 330	22500	15	115	136	0,093	0,072
Augst	1907 bis 1912	7,75 bis 3,9	170 bis 380	30120	10	112	138	0,173	0,059
Wyhlen	1907 bis 1912	7,8 bis 3,9	170 bis 400	31200	10	114	129	0,158	0,059
Laufenburg . .	1908 bis 1914	11,0 bis 8,0	330 bis 600	65000	10	107	122	0,069	0,028
Eglisau	1915 bis 1920	10,8 bis 8,2	115 bis 395	42000	7	70	106	0,051	0,043
Schwörstadt . .	Projekt 1926	12,0 bis 9,5	1000	120000	4	104	120	0,048	0,025
Rheinfelden . .	1895 bis 1898	5,0 bis 2,5	240 bis 520	24000	20	140	162	0,117	0,089
Beznau	1898 bis 1902	5,85 bis 2,9	182 bis 390	14000	11	95	107	0,189	0,103
Olten-Gösgen . .	1914 bis 1917	17,0 bis 13,5	100 bis 350	80000	8	103	117	0,052	0,024
Rhonewerk . . .	Projekt	21,9 bis 15,6	120 bis 400	81500	4	70	92	0,038	0,024
Kallnach	1909 bis 1913	22,0 bis 18,5	33 bis 65,5	15000	6	46	61	0,051	0,066
Mühleberg . . .	1917 bis 1921	20,0 bis 16,5	25 bis 320	65000	8	96	148	0,056	0,036

Tabelle III. Einlassbauwerke und Kanalquerschnitte.

Werk	Einlaufbauwerk			Oberwasserkanal		Unterwasserkanal	
	Länge des Aussenrechens m	Lichte Einlaufhöhe m	Nutzwassermenge m³/sek	Benetzter Querschnitt m²	Mittl. Fließgeschwindigkeit m/sek	Benetzter Querschnitt m²	Mittl. Fließgeschwindigkeit m/sek
Chèvres	224	5,4	100 bis 330	—	—	—	—
Laufenburg	170	6,4	330 bis 600	—	—	—	—
Eglisau	155	7,0	115 bis 395	—	—	—	—
Rheinfelden	70	6,05	240 bis 520	240	2,16	—	—
Beznau	55	5,2	182 bis 390	300	1,30	—	—
Olten-Gösgen	90	5,1	100 bis 350	237 bis 182	1,48 bis 1,92	244 bis 357	1,43 bis 0,98
Rhonewerk (Projekt)	123	6,6	120 bis 400	330 bis 268	1,20 bis 1,50	271 bis 528	1,48 bis 0,76

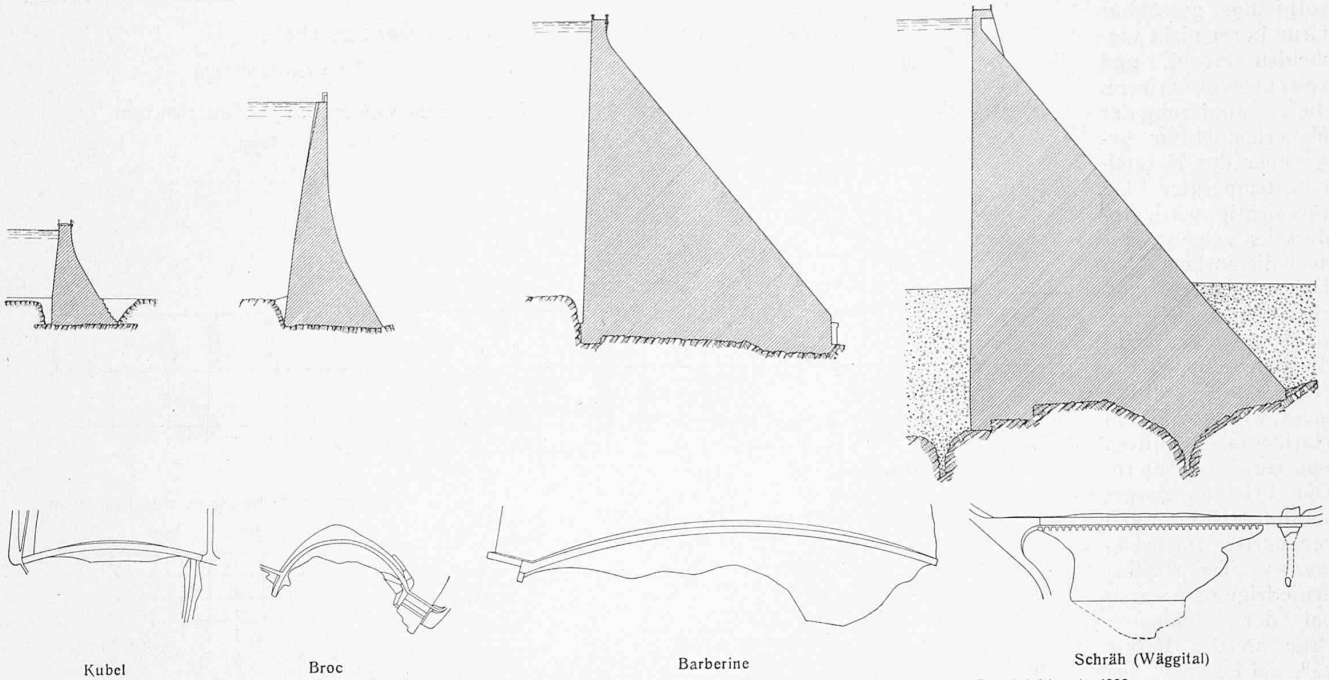


Abb. 6. Talsperren für Saisonausgleich. — Einheitlicher Masstab der Mauerquerschnitte 1 : 1600, der Draufsichten 1 : 4000.

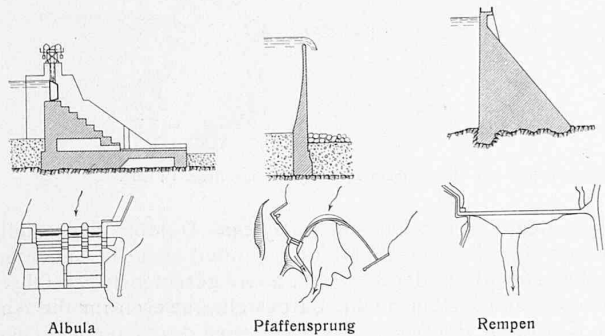


Abb. 7. Talsperren für Tagesausgleich. — Masstab 1 : 1600, bezw. 1 : 4000.

B. Hochdruck-Anlagen.

Talsperren und Staudämme. Die Darstellung gruppierte sich in die Wiedergabe von grössern Sperren, die wiederum in zwei Untergruppen, Talsperren für Saisonausgleich und solche für Tagesausgleich angeordnet waren (Abb. 6/7 und Tabelle IV), und kleinere Talsperren, sowie Staudämme, die im vorliegenden Bericht weggelassen sind. Bei den Talsperren für Saisonausgleich herrscht bei uns der Reservoirtypus ohne Ueberflutungseinrichtungen bei Hochwasser vor. Die Entlastungsorgane sind daher allgemein seitlich angeordnet. Bei den Tagesspeichern finden wir die Ueberlaufmauer und sogar das bewegliche Wehr.

In konstruktiver Hinsicht hat bei den grossen Talsperren die *Gewichtsmauer* die grösste Verwendung ge-

funden. Man diskutierte in den letzten Jahren vor allem die Querschnittsform, die Anordnung im Grundriss, das Mass des in die Rechnung einzuführenden hydrostatischen Auftriebs und die Grösse der zulässigen Beanspruchungen. Der reine Dreieckquerschnitt hat sich unzweifelhaft eingeführt; in Bezug auf die Grundrissform ist sowohl die schwach gekrümmte, wie die völlig gerade Mauer zu finden, beide aber mit Trennungsfugen. Der Grundsatz, dass die gekrümmte Form nur da von Vorteil ist, wo sie eine Kubatur-Ersparnis gewährleistet, steht heute wohl ausser Frage. Die ältern schweizerischen Talsperren sind ohne rechnerische Berücksichtigung des Unterdrucks gebaut worden. Die Projektverfasser haben sich später der Lévy'schen Bedingungen der Einführung eines dreieckförmigen Auftriebs in der Grösse des Wasserdrucks nicht ganz zu eigen gemacht, sondern sich bei den höchsten Mauern, Barberine und Schräh (Wäggital) mit 80 % dieses Wertes begnügt, ohne Zweifel mit vollem Rechte. Als Kriterium für die maximal zulässige Materialbeanspruchung ist der Vergleich der Schubspannungen fallen gelassen worden. Als maximal zulässige Hauptdruckspannung am luftseitigen Mauerfluss gilt etwa 30 kg/cm², wodurch zur Zeit als grösstmögliche Mauerhöhe etwa 120 m zu betrachten sein wird.

Die *bogenförmigen Talsperren* zeigen eine noch weniger lange Entwicklung. Bei der statischen Berechnung wird nunmehr vorwiegend die kombinierte Wirkung der horizontalen und vertikalen Elemente der Mauer eingeführt werden. Es scheint ferner erwiesen zu sein, dass sich rechnerische ziemlich erhebliche Zugspannungen auch bei

Tabelle IV. Talsperren.

Werk	Erbaut	Mauertypus	Grösste Höhe	Kronenlänge	Grösste Querschnittsfläche	Mauerkubatur	Nutzbarer Akkumuliererraum	Extreme Belastungen			
								Vertikale Elemente		Horizont. Elemente	
								aus Gew. u. Wasserdruck	aus Temperaturänderung	aus Wasserdruck	aus Temperaturänderung
	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²							
Kubel . . .	1897 bis 1900	Gew.-Mauer	23,6	105	185	9450	866270	7,5	—	{ - 36,0	{ -
Pfaffensprung	1916 bis 1923	Bogenmauer	32	35	75	1800	200000	—	—	{ + 9,5	{ + 4,0
Broc . . .	1918 bis 1921	„	54	110	510	14000	11650000	{ - 10,5	{ - 17,5	{ - 10,2	{ + 18,2
Barberine .	1919 bis 1925	Gew.-Mauer	78	264	2400	195000	39000000	+ 1,5	+ 8,8	+ 6,0	—
Schräh . .	1921 bis 1925	„	94	170	3500	236000	14000000	- 17,4	—	—	—
Rempen . .	1921 bis 1925	„	28	96	304	22150	360000	- 22,7	—	—	—
								- 5,47	—	—	—

sorgfältig gewählter Grundform nicht vermeiden lassen, und zwar namentlich wenn die Verminderung der Mauertemperatur gegenüber der Herstellungstemperatur berücksichtigt wird. Andererseits zeigen aber auch die vorliegenden Erfahrungen, dass solchen rechnerischen Zugspannungen nicht die gleiche Bedeutung zugemessen werden muss, wie etwa in den Horizontal-Schnitten von Gewichtsmauern. Die bei den dargestellten Ausführungen rechnerisch angenommenen Temperaturerniedrigungen waren bei der Stauwehr Broc an der Krone 14°, am Fusse 4°, bei der Stauwehr Pfaffenbrunn an der Krone 7°, am Fusse 0°.

Als Ausschnitt der ausgestelltgewesenen Tafel über Berechnungs-Grundlagen, Material-Beanspruchungen und Mauer-Querschnitten geben wir in nebenstehenden Abbildungen 8 und 8a die auf die Stauwehre Broc und Barberine sich beziehenden Diagramme.

Wasserfassungen. Es sind einige typische Beispiele von Wasserfassungen an Flüssen, an Tagesspeichern und an Saisonspeichern zur Darstellung gekommen. Die ersten zwei Gruppen bedingen eine Reinigung des Betriebswassers nicht nur von Kies, sondern auch von feinem Sand, bei der letzten erfolgt sie ganz von selbst in den Speicherräumen.

Von der bei den älteren Hochdruckanlagen zur Verwendung gelangten Anordnung von grossen Geschiebekammern, die entweder offen oder dann aber im Stollen eingebaut wurden (Biaschina, ursprüngliche Anlage, und Albula), ist man in den letzten Jahren der Entwicklung abgekommen. Die heute hauptsächlich in Frage kommenden Systeme beruhen entweder auf dem Prinzip der fortlaufenden Absaugung der untern, hauptsächlich Sand führenden Wasserfäden durch den Einbau von Schlitzfen in

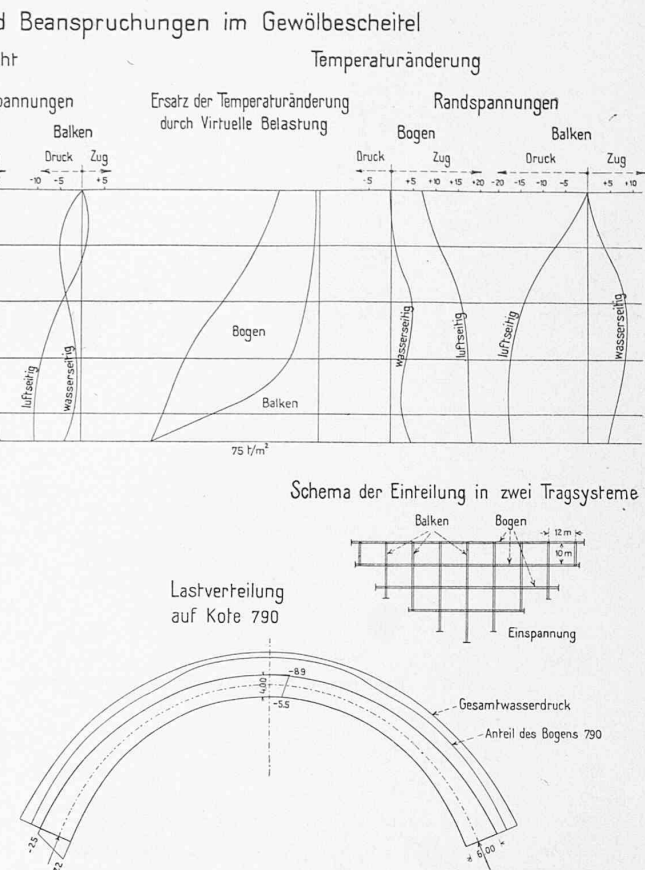


Abb. 8. Berechnungsgrundlagen, Materialbeanspruchungen und Mauerquerschnitten. — Stauwehr Broc. 1 : 1200.

den Boden der Klärkammern (System Dufour, dargestellt gewesen für die Anlage Monthey), oder aber im Gegenteil auf dem Grundsatz der Absaugung der geschiebefreien Oberflächenfäden (System Büchi, dargestellt gewesen für die Anlage Klosters). Bei beiden Bauarten wird durch rechenartige Verteilorgane eine regelmässige Verteilung der Strömungsfäden auf den ganzen Querschnitt der Klärkammern erreicht.

Im übrigen zeigen diese Fassungen an Flüssen und Tagesspeichern, je nach der Zulässigkeit eines Ueberstaus über das normale Stauziel, entweder feste Wehranlagen mit nur einem Grundablass bei der Fassung, oder aber regelrechte bewegliche Wehre mit Rollschützen, häufiger Klappenabschlüssen.

An den für Saisonausgleich bemessenen Speichern ist die Wasserfassung ohne Kläranlage möglich, dagegen spielt hier die Art der Rechenreinigung, sowie der Stollenabschluss eine wichtige Rolle. Die erstgenannte Aufgabe

Tabelle V. Wasserschlässer.

Werk	Erbaut	Druckstollen		Plötzlicher Abschluss				Allmähliches Öffnen in 2 Min.				Totalraum	
		Länge	Querschnitt	Wassermenge Q ₁	Wasserspiegel-Hebung	Volumen der oberen Kammer		Wassermenge Q ₂	Wasserspiegel-Senkung	Volumen der unteren Kammer		in m ³	in % des zylindr. Schachtes
						in m ³	in % des zylindr. Schachtes			in m ³	in % des zylindr. Schachtes		
Spiez . .	1897 bis 1899	375	2,01	6,5	2,57	144	57	12,3	3,55	155	35	366	45
Lötsch . .	1905 bis 1908	4130	4,77	8,0	7,85	473	48	11,0	9,0	475	36	1034	21,6
Albula . .	1907 bis 1911	6774 540	7,387 6,711	16,0	15,8	1800	88	4,0	6,4	501	100	2696	93,2
Ritom . . .	1916 bis 1920	970	2,66	7,2	5,9	463	100	9,5	6,58	517	100	1748	51,3
Amsteg . .	1916 bis 1923	4840 578 2118	6,45 6,65 6,16	12,3	11,0	1740	62	6,5	12,2	1000	39	2860	43
Broc . . .	1918 bis 1921	1680	6,50	15,6	8,8	916	100	29,5	11,4	660	27	2330	42,8
Siebenen . .	1922 bis 1924	2570	10,20	33,0	15,5	1287	56	47,0	16,3	832	22,6	2222	31,4

Verlauf der Drucklinien u. Hauptspannungen

Maximale Randspannungen

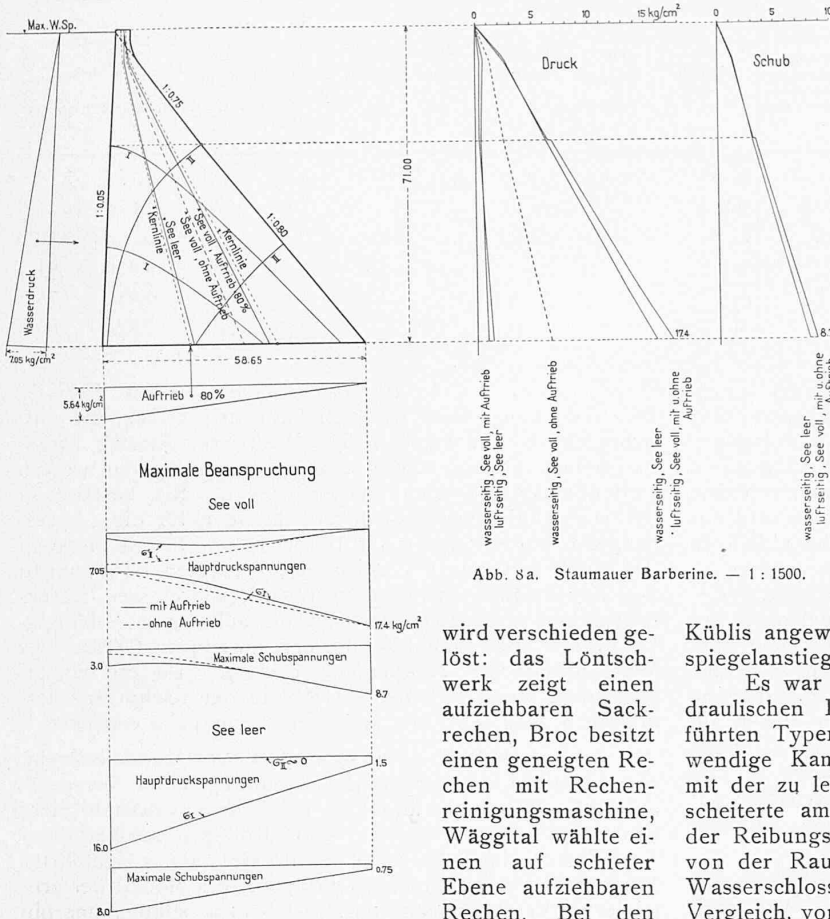


Abb. 8a. Staumauer Barberine. — 1 : 1500.

wird verschieden gelöst: das Löntschwerk zeigt einen aufziehbaren Sackrechen, Broc besitzt einen geneigten Rechen mit Rechenreinigungsmaschine, Wäggitäl wählte einen auf schiefer Ebene aufziehbaren Rechen. Bei den dargestellten gewese-

nen drei Anlagen sind die Stollenverschlüsse doppelt. Während beim Löntschwerk Rollschütze und Segment-schütze sich ergänzen sollen, ist bei Broc neben dem Schützenabschluss ein Dammbalkenabschluss vorgesehen; Wäggitäl besitzt eine Drosselklappe als Hauptverschluss und einen auf schiefer Ebene zu bewegendem Notverschluss.

Wasserschlosser (Tabelle V). Die Reihe der dargestellt gewesenen Wasserschlosser Spiez, Löntsch, Albula, Ritom, Amsteg, Broc und Siebnen brachte die Tatsache zum Ausdruck, dass der schweizerische Konstrukteur eigentlich schon lange bevor die theoretische Seite der Wasserschlossfrage durch die heute zahlreich vorliegenden Arbeiten völlig abgeklärt war, die Unwirtschaftlichkeit des Vertikalschachts mit konstantem Horizontalquerschnitt zur Verminderung der Druckschwankungen in den Druckstollen erkannt hatte. Beim Werk Spiez sehen wir bereits das Wasserschloss mit abgedrosseltem Wassereintritt. Das Löntschwerk führt, wenige Jahre später, das Zweikammersystem mit dazwischenliegendem Steigschacht ein. Sowohl die untere, wie die

obere Reservoirkammer sind dabei als Horizontalstollen ausgebildet, der Verbindungsschacht unter 45° geneigt. Ritom zeigt die beiden Kammern als zylindrische Erweiterungen des Vertikalschachts. Für die untere Kammer ist diese Lösung wegen statischer Nachteile als überholt zu betrachten; bei Amsteg, Broc und Siebnen ist man zum Horizontalstollen zurückgekehrt, während die Formgebung der oberen Kammer von topographischen und geologischen Verhältnissen, sowie etwa noch von dem Umstand, ob das Wasserschloss gleichzeitig als Einlauf einer Seitenbachfassung zu dienen hat, abhängig ist. Eine besondere Bauweise zeigt das Wasserschloss Siebnen, indem dort die untere Wasserkammer zwischen Stollen und Steigschacht angeordnet ist, anstatt wie bei den übrigen Ausführungen als seitlicher Ansatz des Steigschachts. Dadurch wird die untere Kammer auch bei kleinen Schwankungen der Betriebswassermenge von der allgemeinen Bewegung betroffen. Endlich ist bei Siebnen noch die Form des Differentialwasserschlosses zu erwähnen, die, in der Schweiz zum ersten Mal bei Klosters-

Küelis angewendet, den Vorteil eines rascheren Wasserspiegelanstiegs zu Beginn der Bewegung zur Folge hat.

Es war nicht ganz einfach, einen Vergleich der hydraulischen Leistungsfähigkeit der verschiedenen ausgeführten Typen anzustellen. Der erste Gedanke, das notwendige Kammervolumen in Zusammenhang zu bringen mit der zu leistenden Brems- bzw. Beschleunigungsarbeit scheiterte am hohen Gewicht, das beim ganzen Vorgang der Reibungsarbeit im Stollen zukommt. Diese ist aber von der Rauigkeit des Stollens und von der Form des Wasserschlosses abhängig. Der zur Darstellung gelangte Vergleich, von dem in Abbildung 9 ein Ausschnitt wiedergegeben ist, beruhte auf dem Grundsatz, jedes einzelne Wasserschloss mit einem zylindrischen Schacht gleicher Leistungsfähigkeit zu vergleichen. Dabei wurde für die Berechnung der oberen Kammer plötzlicher Abschluss von einer Wassermenge Q_1 auf Null, bei höchstem Wasserstand im See, vorausgesetzt, welche letztere derart berechnet wurde, dass die in den Projekten angegebene Wasserspiegelhebung entstand. Für die untere Kammer war massgebend ein allmähliches Öffnen von Null auf eine Wassermenge Q_2 , bei tiefstem Wasserstand im See, die wiederum derart bestimmt wurde, dass eine Absenkung bis zur Sohle der Wasserkammer berechnet wurde. Der so durchgeführte Vergleich kann streng genommen nur für die beiden Wasserkammern Wert haben. Das Gesamtvolumen hängt eben ausser von diesen Kammern noch von der Höhe des Schachtes ab, die aber durch die Amplitude des Seespiegels, also von Faktoren bestimmt wird, die mit der Konstruktion des Wasserschlosses nichts zu tun haben.

Zulaufstollen (Tabellen VI und VII). Die Querschnittsform der *Freilauflastollen* hat seit den ersten Ausführungen

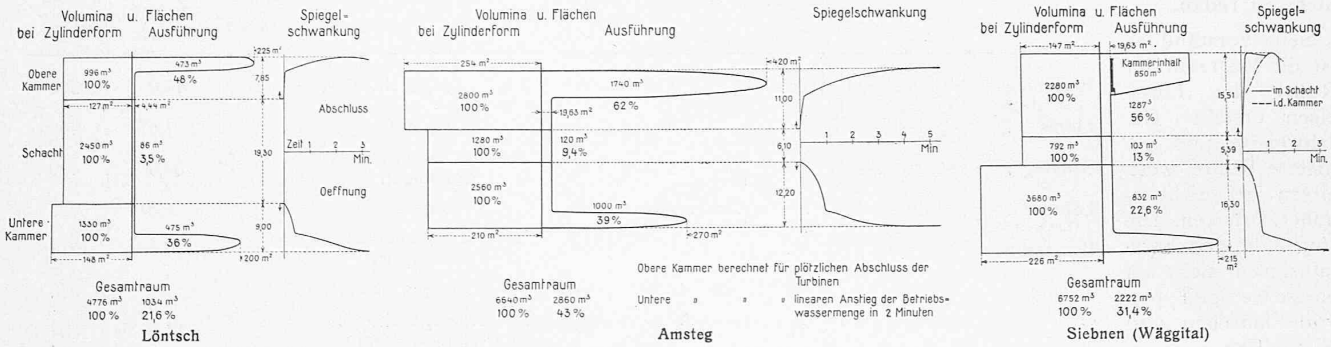


Abb. 9. Vergleich ausgeführter Wasserschlosser mit zylindrischen Schächten bei gleichen hydraulischen Bedingungen und Wasserspiegel-Ausschlägen.

Tabelle VI. Druckstollen.

Werk	Be- triebs- wasser- menge m ³ /sek	Stollen- länge m	Profil- fläche m ²	Rauhig- keits- Koeff- zient k	Gleich- leistungsfähiges Kreisprofil mit gleicher Rauhigkeit	
					Kreisprofil mit Rauhigkeit k	Kreisprofil mit ver- minderter Rauhigkeit k = 100
Löntschi	18,0	4130	4,77	97	4,67	4,56
Albula	16,0	7314	7,387	72	7,30	5,72
Kallnach	60,0	2100	26,2	86,1	25,50	22,70
Barberine	7,0	1749	4,25	32,4(Fels)	4,25	1,98
Klosters- Küblis	11,5	4438	6,88	38,8 „	6,88	4,60

Tabelle VII. Freilaufstollen.

Werk	Be- triebs- wasser- menge m ³ /sek	Stollen- länge m	Profil- fläche m ²	Spiegel- gefälle ‰	Max. mög- liche Wasser- menge m ³ /sek	Rauhig- keits- Koeff- zient k	Gleich- leistungsfähiges Kreisprofil mit gleicher Rauhigkeit	
							Kreisprofil mit Rauhigkeit k	Kreisprofil mit ver- minderter Rauhigkeit k = 100
Kubel	4,3	3919	3,20	0,6	4,65	89,1	3,14	2,89
Martigny	8,0	3774	5,22	2,5; 1,5	11,8	52,1	5,07	3,11
Chippis	6,0	8493	3,77	2,5	12,0	89,0	3,76	3,46
Spiez	7,0	2592	4,53	1,0	9,1	86,5	4,41	3,94
Ackersand	3,5	10700	3,07	2,5	4,9	50,2	2,95	1,75
Biaschina	17,0	8900	8,1	1,5	17,75	63,8	7,83	5,60

keine wesentliche Aenderung erfahren; es gelangt durchwegs Hufeisenform, bzw. Rechteck mit halbkreisförmiger Kalotte zur Anwendung. Bei den *Druckstollen* tritt dagegen die Kreisform in den Vordergrund. Die Bedingungen, unter denen Druckstollen armiert werden müssen, scheinen heute ziemlich abgeklärt: diese teure Massnahme wird nur in durchlässigem Gebirge angewendet, bei dem bei allfälligen Rissen in der Verkleidung Wasserdurchsickerungen zu erwarten wären. Mannigfach sind noch die Armierungssysteme: Einfache oder doppelte Bewehrung eines Zugringes, der entweder die einzige Stollenauskleidung darstellt, oder aber im Innern eines Druckrings angebracht wird und zu dessen Herstellung entweder Stampfbeton oder die Zementkanone verwendet wird, wechseln miteinander ab. Wir stehen auf diesem Gebiete noch im Stadium der Versuche. Beim Illseewerk wurde die Druckstollenarmierung durch ein frei im Stollen verlegtes Eisenrohr ersetzt. Druckschächte mit Panzerung sind in der Schweiz noch nicht erstellt, befinden sich aber im Stadium für das Grimselwerk.

Es wurde ein Vergleich der Leistungsfähigkeit der ausgeführten Wasserstollen auf Grund von vorliegenden Messresultaten durchgeführt, indem die einzelnen Typen mit Idealprofilen kreisförmigen Querschnitts und mit einer Idealrauhigkeit gegenübergestellt wurden. Verwendet war die sog. Potenzformel: $v = k \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$.

Druckleitungen (Tabelle VIII). Die Darstellung bezweckte eine Uebersicht der ausgeführten Druckleitungen nach Querschnittsform, nach Längsprofilen und nach Rohrverbindungen. Die offenverlegte, an Fixpunkten verankerte und zwischen je zwei solchen Verankerungen durch Expansionsmuffen getrennte Leitungsausführung ist bei uns bis jetzt vorherrschend. Die eingedeckte Leitung, bei der die Fixpunkte in geringerer Zahl eingebaut werden können und bei der die Expansionen zum Grossteil wegfallen, scheint aber stets beliebter zu werden. Neigungen bis über 200 ‰ erscheinen heute nicht mehr als unmöglich. Das Gesamtgefälle überschreitet schon bei mehreren Anlagen 800 m, von der Anlage Fully, die nicht zu besonderer Darstellung kam, mit 1600 m Gefälle gar nicht zu reden.

Selbstverständlich ist die Mehrzahl der Rohre aus Flusseisen erstellt. Geschweisste und genietete Rohre wetteifern bei nicht zu hohen Drücken. Die Verbindungen kristallisieren sich auf einige wenige Typen von Flanschen und Nietmuffen.

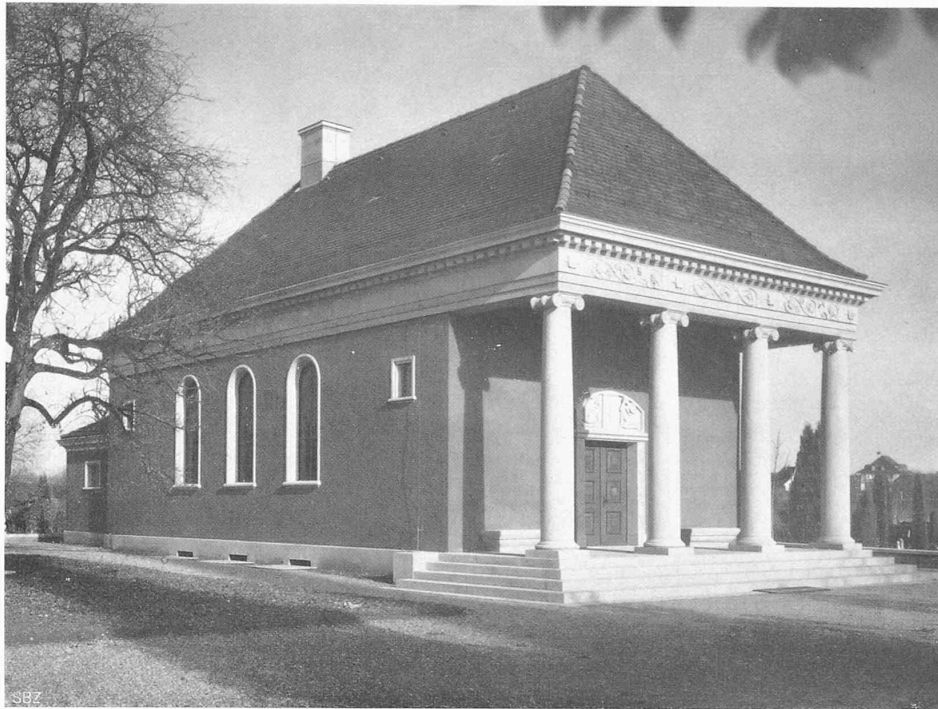
Arbeiten der Druckstollen-Kommission der S. B. B. Die Ausstellung dieser Arbeiten hatte den Zweck, die vornehmlich im Druckstollen des Kraftwerks Amsteg vorgenommenen Arbeiten dieser Studienkommission der weitem Öffentlichkeit zur Kenntnis zu bringen. Sie bestand in der Darstellung der Versuchseinrichtungen für die Abpresung der Stollen Amsteg und Barberine und für die Messung der durch den innern Wasserdruck erzeugten Bewegungen der Stollenwände, sowie in der Wiedergabe einiger charakteristischer Versuchsergebnisse, die die auffallende Abhängigkeit dieser Bewegungen von der jeweiligen Grösse des Wasserdrucks zur Anschauung bringen. Da die Hauptergebnisse dieser Arbeiten bereits in der Fachpresse veröffentlicht sind, wird hier auf deren Wiedergabe verzichtet.¹⁾

Hydraulische Modellversuche. Der Schreibende erstrebt, wie bekannt, seit Jahren die Schaffung einer Versuchsanstalt für Wasserbau an der E. T. H. Er war deshalb nicht in der glücklichen Lage wie seine Kollegen ausländischer Technischer Hochschulen, eine grosse Zahl ausgeführter Versuche zur Darstellung zu bringen. Ein Modell der projektierten Versuchsanstalt im Masstab 1:50 sollte immerhin die in dieser Richtung entwickelte Tätigkeit dokumentieren. Ferner konnten einige im vergangenen Jahre im Maschinenlaboratorium der E. T. H. vom Schreibenden durchgeführte Versuchserien dargestellt werden: Schwallversuche zur Feststellung der Schwallhöhe und Schwallgeschwindigkeit infolge Eindringen eines Fremdkörpers in einen rechteckigen Kanal, sowie die Bestimmung des erzeugten Schwalldruckes an der Kanalabschlusswand, Modellversuche zum Studium der Verhütung der Kolkerscheinungen beim Kraftwerk Beznau und Vorversuche für den Wettbewerb für das Limmatwerk Wettingen. Diese letzten Versuche, die inzwischen beendet sind, werden in einer demnächst erfolgenden Veröffentlichung in der „S. B. Z.“ besprochen werden.

¹⁾ Siehe: A. Schrafl, „Kurzer Bericht über die Druckstollen-Versuche der S. B. B. in „S. B. Z.“ Band 83, Seite 7 u. 27 (5./19. Januar 1924).

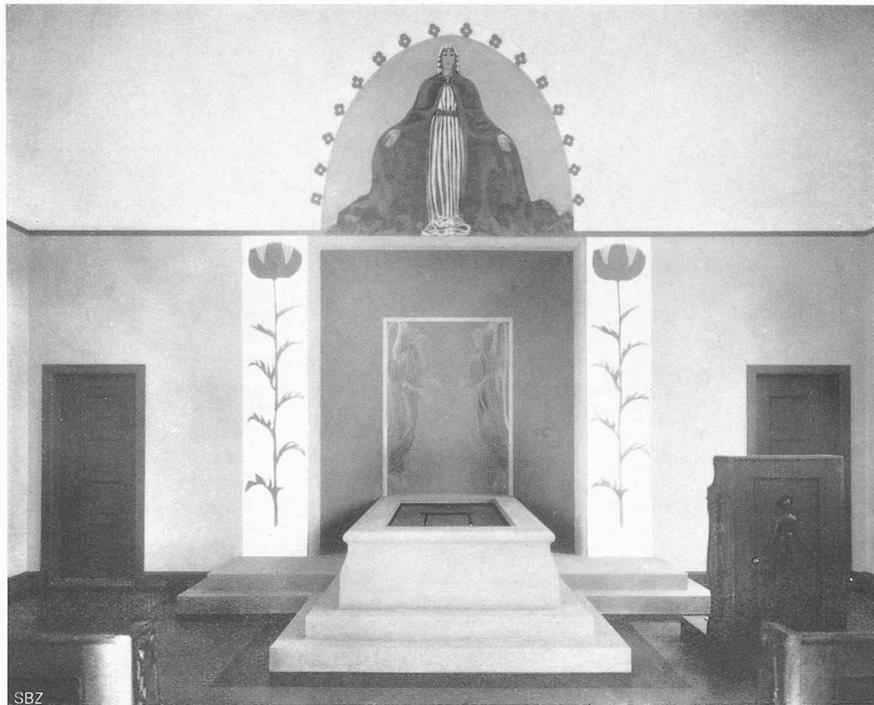
Tabelle VIII. Druckleitungen.

Werk	Erbaut	Max. hydrostat. Druck m	Durchmesser mm	Max. Blech- stärke mm	Herstellung	Anzahl der Rohr- stränge	Totale max. Nutz- wasser- menge m ³ /sek	Länge m
Flums	1911	140	800	11	genietet	1	1,83	460
Amsteg	1916 bis 1923	288	1800 bis 1600	28	genietet, geschweisst Bandagen	3	30,0	450
Löntschi (Erweiterung)*	1918	372	1350 bis 1050	30	genietet	3+(1)*	18,0	925
Brumbach	1921	433	470	12	autogen-geschweisste Flanschrohre	1	0,60	1210
Tremorgio	1925	880	700 bis 550	29	wassergas-geschweisst	1	1,4	1550
Vernayaz	1925	642	1500 bis 1200	49	wassergas-geschweisst Verteiltleit. nahtlos	2	14,0	1454



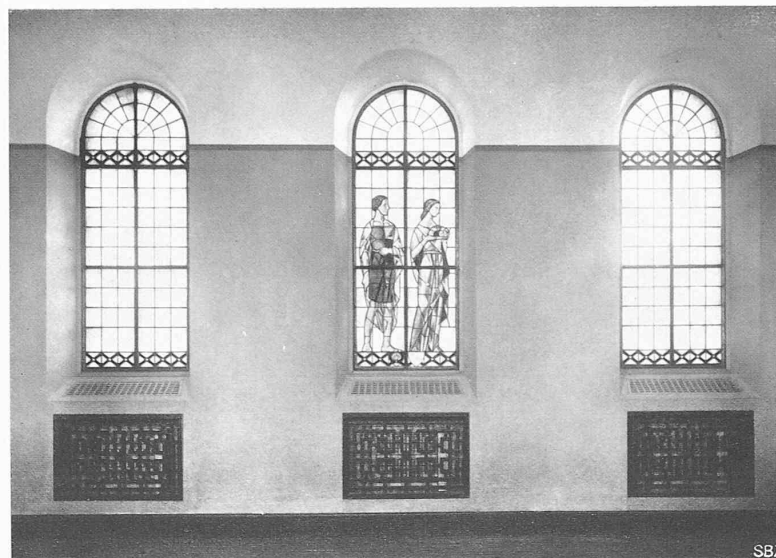
DAS KREMATORIUM IN LANGENTHAL, KT. BERN
ARCH. HEKTOR EGGER, LANGENTHAL





SBZ

KATAFALK MIT WANDMALEREI VON CUNO AMIET
DAS KREMATORIUM IN LANGENTHAL, KT. BERN
ARCH. HEKTOR EGGER, LANGENTHAL



SBZ

GLASMALEREI VON ERNST LINK, BERN