

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 52 (1960)  
**Heft:** 8-10

**Artikel:** Wasserkraftwerke damals und heute  
**Autor:** Stambach, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-921758>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 24.01.2025

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

es ein Problem aller Zeiten bleiben, das weiterhin seine Forderungen stellen, viel Kopfzerbrechen bereiten und viel Stoff zu verarbeiten geben wird. Vergessen wir nicht, daß wir am Oberlauf der Gewässer liegen!

50 Jahre Wasserwirtschaftsverband bedeuten praktisch auch fünf Jahrzehnte eidgenössisches Wasserrecht und ein halbes Jahrhundert Eidgenössisches Amt für Wasserwirtschaft. Dieses Zusammentreffen ist nicht bloß Zufall. Auch es ist Sinnbild des Zusammenhanges des Wassers, der Kohärenz, wie der Ausdruck vom österreichischen Fachmann für Wasserrecht geprägt worden ist<sup>14</sup>. Es weist auf die enge Beziehung zwischen dem Wasser einerseits und dem Sozial-, Rechts- und Staatsleben andererseits hin und führt zu der einleitenden Bemerkung zurück, wonach Wasserrecht und Wasser-

<sup>14</sup> Hartig, Ein neuer Ausgangspunkt für internationale wasserrechtliche Regelungen: das Kohärenzprinzip, in Wasser- und Energiewirtschaft 1958, S. 8 ff.

rechtsstreitigkeiten sich immer wieder auf die staats- und völkerrechtliche Ebene ausgeweitet haben.

Vom eidgenössischen Wasserrecht her mußte bisher dreimal zu bedeutenden Fragen des schweizerischen Staatsrechtslebens Stellung genommen werden: 1907/1908, zur Frage der Zulässigkeit des Rückzuges eines Initiativbegehrens auf Teilrevision der Bundesverfassung durch ein bevollmächtigtes Initiativkomitee (Wasserrechtsinitiative I); 1954 zum Problem der materiellen Schranken der Verfassungsrevision (Rheinauinitiative I); und 1956 zur Frage der Folgen der Verletzung der gesetzlichen Frist für die Stellungnahme der eidgenössischen Räte zu Volksbegehren auf Partialrevision der Bundesverfassung (Rheinauinitiative oder Wasserrechtsinitiative II).

Und jetzt nimmt sich das Völkerrecht mit steigender Intensität des Wasserrechts an. Wird unser Staatsrecht nicht von der völkerrechtlichen Seite des Wasserrechts her von neuem belebt werden?

## Wasserkraftwerke damals und heute

E. Stambach, dipl. Ing., Vicedirektor der Motor-Columbus AG, Baden

DK 627.8

### I. Einleitung

Mit der Zeitspanne der letzten 50 Jahre wird in der Entwicklung des Kraftwerkbaues ein Teil einer noch längeren Epoche eines außerordentlich vielseitigen Arbeitsgebietes der neuzeitlichen Technik herausgegriffen. Schon zu Beginn unseres Jahrhunderts konnte sich der Kraftwerkbau auf eine ansehnliche Pionierarbeit stützen und befand sich in voller Entfaltung. Die schon vollbrachten Leistungen auf dem Gebiet der Erzeugung elektrischer Energie waren sehr beachtlich, wenn man sich die damals im Betrieb stehenden, großen Kraftwerke vor Augen hält (Tabelle 1). 1910 betrug die aus Wasserkraft in unserem Lande mit einer installierten Gesamtleistung von 480 000 kW erzeugte Energie 2,2 Mrd kWh. Was seither in diesem Sektor geschehen ist, läßt sich im Rahmen einer kurzen Abhandlung nicht

lückenlos beschreiben, wohl aber am übersichtlichsten erfassen, wenn der damalige Stand der Dinge, im allgemeinen über alle Zwischenstufen springend, mit dem heutigen stichwortartig verglichen wird. Die umfangreiche Literatur der neuesten Zeit gibt leicht ein eindruckliches Bild über das Gegenwärtige, dagegen macht es einige Mühe, sich die Situation um das Jahr 1910 in Erinnerung zu rufen. Zum Verständnis der Entwicklung über die Jahrzehnte muß zunächst auf einige Erscheinungen hingewiesen werden, von denen allerdings schon wiederholt die Rede war.

Es ist einleuchtend, daß zu Beginn der Ausbauperiode hydroelektrischer Kraftwerke zunächst jene Anlagen in Angriff genommen wurden, die unter den günstigsten hydrologischen, topographischen und geologi-

Schweizerische Wasserkraftwerke mit über 8000 PS Gesamtleistung, erstellt vor 1912 Tabelle 1

Jahr der Inbetriebnahme	Kraftwerk	max. Bruttogefälle m	max. erster Ausbau m <sup>3</sup> /s	Turbinenleistung		Turbinentyp
				max. einzeln PS	1. Ausbau total PS	
1896	Chèvres	8,5	330	1 200	18 000	Jonval
1898	Rheinfelden	6	520	840	16 800	Francis
1902	Beznau	5	340	1 200	8 000	Francis
1902	Hauterive	69	20	1 200	10 500	Girard
1905	Engelberg—Odermatt	300	5	2 000	8 600	Pelton
1907	Campocologno	460	9	4 000	36 000	Girard u. Pelton
1908	Chippis, Navisence	595	6	4 000	32 400	Pelton
1908	Löntschi	365	20	6 000	24 000	Pelton
1908	Martigny-Bourg	186	8	9 900	20 000	Pelton
1909	Ackersand	760	4,2	6 000	12 000	Pelton
1910	Albula	155	17,6	3 000	24 600	Francis
1911	Biaschina	260	17	10 000	30 000	Pelton
1911	Chippis, Rhône	89	60	7 000	16 000	Francis
1912	Augst	7,8	380	3 000	18 000	Francis



Bild 1  
Aarekraftwerk Ruppoldingen der  
Aare-Tessin AG,  
erstellt 1894/96,  
umgebaut 1924/25

sehen Verhältnissen die billigste Energieproduktion ergaben. Auch spielte die möglichst geringe Distanz zwischen dem Erzeugungsort und der Verbrauchsstelle eine maßgebende Rolle. Gegen das Ende der «großen Zeit» des Wasser-Kraftwerkbaues, das sich in unserem Lande schon in naher Zukunft abzuzeichnen beginnt, müssen in vermehrtem Maße Anlagen erstellt werden, deren Voraussetzungen weniger vorteilhaft sind, die auch, absolut betrachtet, wesentlich teurer zu stehen kommen und die oft vom Verbrauchergebiet weit entfernt liegen. Der allgemeinen Entwicklung der Technik entsprechend sucht man durch rationelle Konstruktionen und bessere Ausnützung der verfügbaren Materialien die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlagen trotzdem zu heben. Aber nicht nur die Konstruktionen an sich, sondern auch die Mittel und Wege zu ihrer Herstellung haben eine mächtige Entwicklung durchgemacht, sowohl im Versuchslokal als in der Werkstatt und ganz besonders auf der Baustelle. Wenn auch im Sinne der Rationalisierung das Bedürfnis vorliegt, die Einzelteile der Anlagen immer größer zu gestalten, so muß doch

die erste Aufgabe des projektierenden Ingenieurs bleiben, immer die wirtschaftlichste Größe der Anlagen im gesamten wie auch deren Teile zu finden.

## II. Die Epoche um 1910

Die Ausgangslage unserer Gegenüberstellung ist somit dadurch gekennzeichnet, daß aus der Fülle von Möglichkeiten, auf Grund der Errungenschaften der damaligen Technik, die wirtschaftlichsten ausgewählt werden konnten. Den Pionieren des Kraftwerkbaues und der Energiewirtschaft, wie sie durch Allemann, Boucher, Büchi, Kürsteiner, Landry, E. Locher, Nizzola, Turretini, Wyssling, Zschokke und andere verkörpert sind, stand ein weites Arbeitsfeld offen. Es fehlte auch nicht an Arbeitskräften aller Berufskategorien, die zu relativ niedrigen Löhnen zur Verfügung standen. Die Sozialgesetzgebung ordnete erst die primären Bedürfnisse, so daß die diesbezüglichen Belastungen für Unternehmer und Bauherrschaften bescheiden ausfielen. Ähnlich stand es mit behördlichen Vorschriften über Projektierung und Bauausführung von Kraftwerken, die erst in

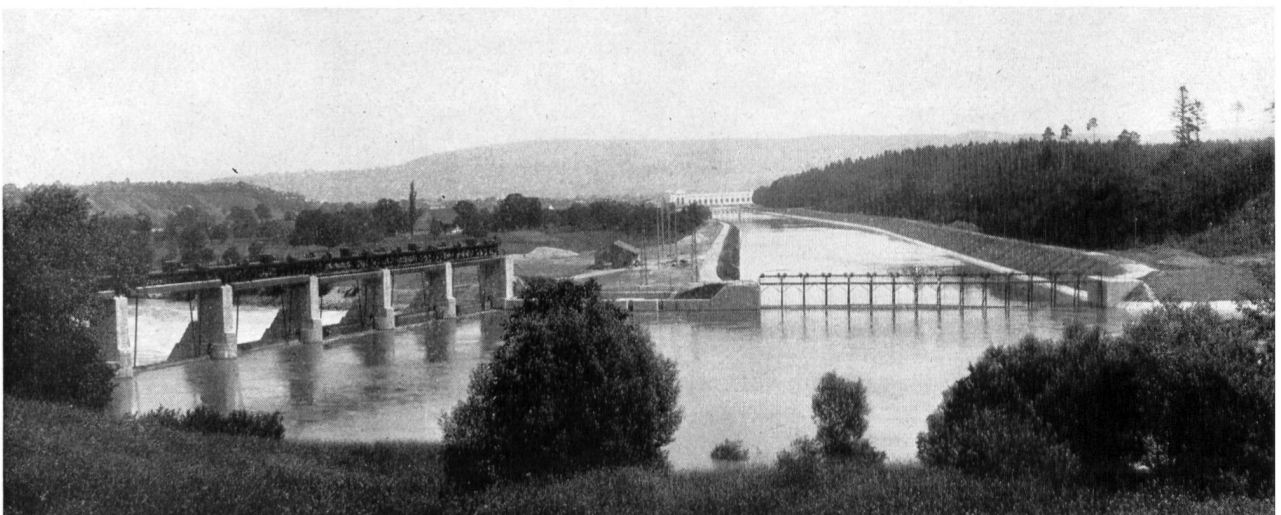


Bild 2 Wasserfassung, Kanaleinlauf und Zentrale des Aarekraftwerkes Beznau der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK), erstellt 1898/1902 durch die AG Motor in Baden, umgebaut 1926/28 durch die NOK.

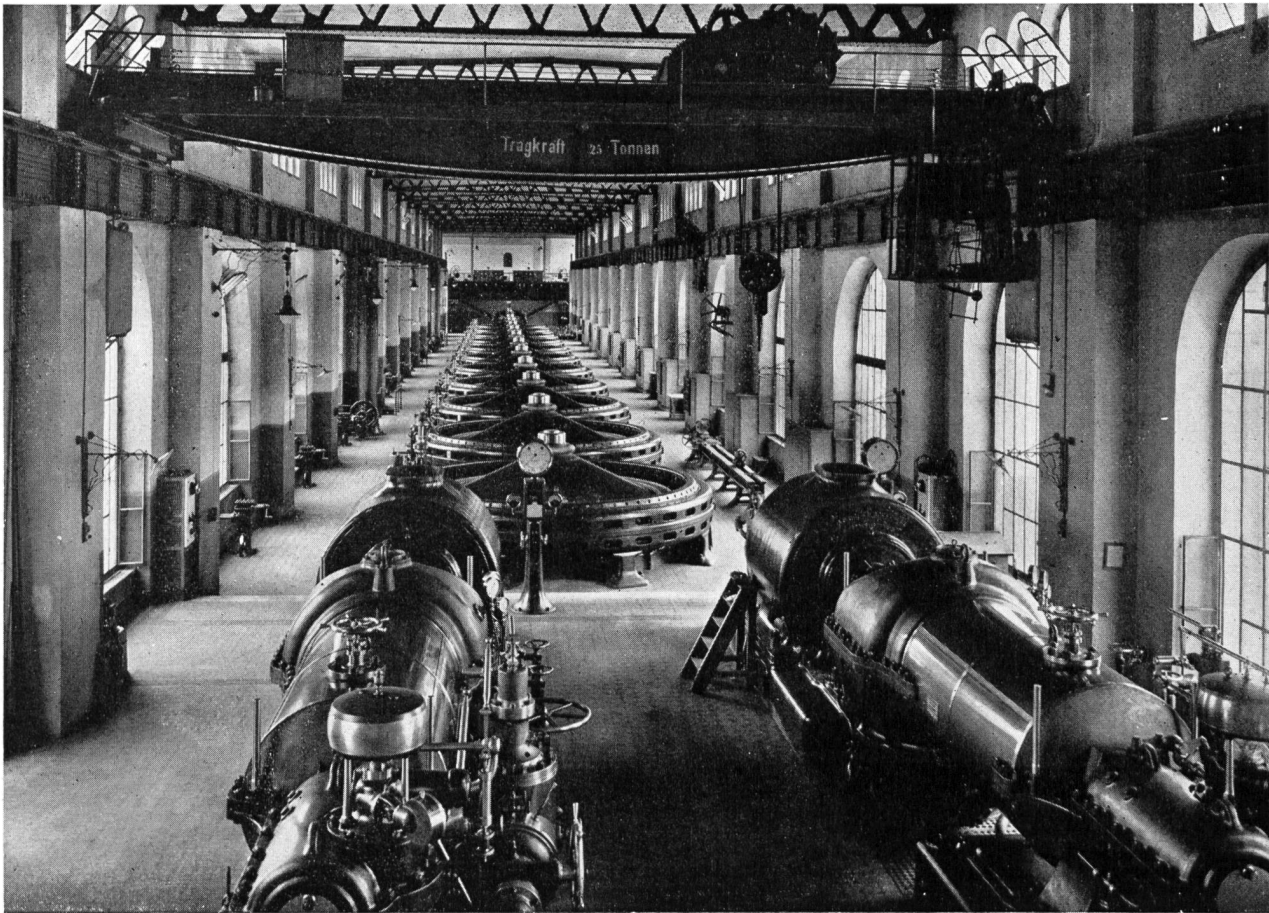


Bild 3 Maschinensaal des Kraftwerkes Beznau (in Betrieb seit 1902), charakterisiert durch die damals notwendige große Anzahl von Maschineneinheiten.

einzelnen Kantonen vorlagen. Deren Einschränkungen dürfen nach heutigen Begriffen als harmlos bezeichnet werden. Mit Besorgnis sah man 1910 den Auswirkungen des neuen Fabrikgesetzes entgegen, das den Achtstundentag forderte, und man glaubte, daß damit die Industrie aufs schwerste bedroht würde. Es wurde befürchtet, daß dadurch direkte, ungünstige Auswirkungen auch auf den Bau hydroelektrischer Anlagen nicht ausbleiben könnten. Die damals auftauchenden Strombesteuerungs-Bestrebungen in einzelnen Kantonen wurden als verwerflich und als «Diebstahl am allgemeinen Volkwohl» empfunden. Man erhoffte vom zukünftigen eidgenössischen Wasserrechtsgesetz auch diesbezüglich Schutz und Beseitigung der Unsicherheit in der Strompreisbildung und wollte diese auf Grund statistischer Erhebungen über die ganze Schweiz vereinheitlichen.

Wenn solcherart, nach heutigen Begriffen beurteilt, damals die Voraussetzungen für den Kraftwerkbau trotzdem günstig lagen, so muß andererseits auf erhebliche Unzulänglichkeiten in technischen Belangen hingewiesen werden. Die Projektierungsunterlagen waren oft dürftig, die topographischen Karten gehörten wohl zu den besten der Welt, aber teilweise mit etwelchen Ungenauigkeiten, besonders in Gebirgsgegenden, behaftet. Unter der Leitung der Landeshydrographie des Departements des Innern stand seit der Jahrhundertwende ein ausgedehntes Netz von Pegelbeobachtungsstellen an unseren bedeutendsten Flüssen; jährlich wurden graphische Tabellen veröffentlicht. Angaben über die Wasserabflüsse enthielten die Jahrbücher aber erst

nach 1914, ausgearbeitet durch das Eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft. Vor dieser Zeit standen also für das Kriterium des Wasseranfalles eines zu projektierenden Kraftwerkes, nämlich über die monatlich verfügbaren Wassermengen, nur vage und unvollständige Angaben über eine relativ kurze Periode zur Verfügung. Schließlich konnten sich auch die geologischen Prognosen meist nur auf wenig vertiefte Studien und damit nur auf generelle Unterlagen stützen. Sondierungen waren durch Rammen von Schienen und durch Schürfungen und Schächte zu bewerkstelligen. Die Bohrtechnik oder andere Erschließungsverfahren existierten noch nicht.

Die Erbauer der Wasserkraftwerke mußten unter solchen Voraussetzungen mit Risikofreudigkeit ans Werk gehen. Ein Baubeschluß für ein Wasserkraftwerk konnte meistens erst erfolgen, nachdem die Energieabgabe, z. B. für den Betrieb eines Industrie-Unternehmens, sichergestellt war. Parallel dazu entwickelte sich normalerweise der Energieabsatz an die Allgemeinversorgung in der Umgebung des Kraftwerkes. Es ist deshalb zu verstehen, wenn die Ausbaugröße mancher Werke mit einiger Zurückhaltung beurteilt und nach heutigen Begriffen oft relativ bescheiden angesetzt worden ist. Die alten Werke erfuhren dann auch im Laufe der Zeit fast ausnahmslos erhebliche Erweiterungen.

Als Markstein in der Geschichte des Kraftwerkbetriebes ist die Idee der elektrischen Verbindung von Lauf- mit Speicherkraftwerken zu bezeichnen, die durch die Motor AG, Baden, unter der initiativen Leitung von



Bild 4 Offen verlegte Druckleitung und Maschinenhaus des Kraftwerkes am Löntsch der NOK; gebaut 1905/1908 durch die AG Motor.

Ing. A. Nizzola, mit den Werken Beznau und Löntsch im Jahre 1908 zum erstenmal realisiert wurde. Mit dieser Verbundwirtschaft, die heute zur Selbstverständlichkeit geworden ist, konnte der Ausgleich der Energieproduktion der beiden Werke über den ganzen Jahresablauf nahezu erreicht werden.

Wenn man an die Verhältnisse denkt, die bei den Bauausführungen bis zum Jahre 1910 gegeben waren, so fällt zunächst das Vorherrschen der Handarbeit auf. Der Einsatz der wenigen schon verfügbaren Maschinen lohnte sich nur bei den größten Baustellen. Im Aushub waren Kolonnen von Arbeitern mit Pickeln, Schaufeln und Schubkarren ausgerüstet am Werk, Gruppen von je zwei Mann meißelten mit harten Schlägen Sprenglöcher in den Fels, auf Blechen wurden Kies-Sand mit Zement und Wasser vermischt, die Haufen zu Beton dreimal umgeschaufelt und mit Pflasterkübeln und Karretten in die Schalungen gebracht. Nur vereinzelt waren elektrisch angetriebene Materialaufzüge zu sehen. Es standen noch sehr viele Maurer in Arbeit, oft Künstler in ihrem Fach, während der Eisenbeton diese allmählich zu verdrängen begann. Pferde und Maultiere waren beim Transport zum Ziehen und Tragen eingesetzt. Auf den Großbaustellen gab es die mit Kohlen gefeuerten, kleinen Dampflokomotiven, die auf schmalen Gleisen pustend und qualmend, die Züge teilweise noch hölzerner Materialwagen schleppten und allzu oft entgleisten. Immerhin hatte die Druckluft beim Bahntunnel- und im Caissonbau schon mehrfach Anwendung gefunden. Zum Rammen der eben eingeführten Eisenbetonpfähle (System Siegfried) kamen die ersten Dampfrahmen in Betrieb. Auch gab es schon Seilbahnen auf Eisengittermasten für den Langholztransport. Beim Bau des Sitterviaduktes (1910) dienten zwei 430 m weit gespannte Kabelbahnen, Hilfsmittel, die sich

bei der Erstellung der großen Talsperren Jahrzehnte später als unentbehrlich erwiesen.

Trotz diesen zum Teil noch sehr einfachen Bauinstallationen fand im Kraftwerkbau im 1. Jahrzehnt unseres Jahrhunderts eine sprunghafte Entwicklung statt. Die installierte Gesamtleistung aller Werke stieg in dieser Zeit von 190 000 auf 480 000 kW. Das Wagnis, von den vielen kleinen, oft unwirtschaftlichen auf größere Kraftwerkbauten überzugehen, wurde besonders bei Niederdruckanlagen mit den Werken Rheinfelden (1898) und Beznau (1902) und 10 Jahre später mit Augst-Wyhlen (1912) vollzogen. Dagegen entstanden in dieser Zeit eine ganze Reihe von Hochdruckkraftwerken, die mit ihren einzelnen Bauobjekten für später richtungweisend blieben. Chippis-Navisence und Löntsch (1908), Ackersand (1909), Albula (1910), Biaschina und Chippis-Rhone (1911).

Die Anlage von Speicherbecken und damit den Bau von Talsperren kannte man erst an zwei Beispielen: Kubel (1900), Mauerhöhe 24 m, mit 10 000 m<sup>3</sup> Volumen, und Löntsch (1908), Dammhöhe 22 m, 146 000 m<sup>3</sup> Volumen, Speicherinhalte 0,9 resp. 49,1 Mio m<sup>3</sup>.

Das Problem der Geschiebeausfällung bei Wasserfassungen wurde in verschiedener Weise behandelt: beim Kraftwerk Chippis-Navisence bestand eine große Filteranlage, die im Betrieb zwar ziemlich teuer war, aber bezüglich Entsandungseffekt bis 1958 gute Dienste leistete. Bei den Werken Albula und Biaschina entstanden die ersten spülbaren Kies- und Sandfänge, letztere nach System Büchi als Vorläufer der späteren Dufour-Entsander.

Im Bau von Zuleitungsstollen war man zur Abkürzung der Bauzeit gezwungen, das Stollentrasse weitgehend den Bewegungen der Felsoberfläche folgen zu lassen, um so mit vielen kurzen Fensterstollen eine

große Zahl Angriffspunkte zu schaffen. Bei geringen Wasserführungen, wie z. B. beim Kraftwerk Ackersand, erhielt der Stollen nur 2,6 m<sup>2</sup> Ausbruchfläche, und zwar bei dem damals längsten Wasserstollen von 10,7 km. Der größte Wasserstollen hatte einen Querschnitt von 21 m<sup>2</sup> (Kraftwerk Chippis-Rhone). Der erste Druckschacht mit Betonauskleidung wurde beim Kraftwerk Biaschina für einen maximalen Wasserdruck von 180 m erstellt. Bei diesem Werk und früher schon beim Löntschkraftwerk wurden zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit der Stromerzeugung an den Bedarf am Ende der Zuleitungsstollen Wasserkammern bzw. ein Wasserschloß erstellt. Mit dem Einbau von selbsttätigen Rohrabschlüssen in sog. Apparatekammern (sogar mit Fernbetätigung vom Maschinensaal aus) erfuhr bei diesen beiden Werken die Betriebssicherheit, besonders für den Fall eines Rohrbruches, eine wesentliche Erhöhung. Im Bau von Druckleitungen war es auf Grund der damaligen Walz- und Schweißtechnik schon möglich, auch bei relativ großem Wasserdruck an Stelle mehrerer Rohrstränge mit kleinem Durchmesser, nur wenige, größere Rohrleitungen zu erstellen. Die zwei Druckleitungen des Kraftwerkes Biaschina haben im unteren Teil einen Durchmesser von 1,70 m (Durchflußgeschwindigkeit 7 m/s) bei maximal 34 mm Wandstärke. Rohre mit im Werk geschweißten Längsnähten kamen zum erstenmal beim Kraftwerk Morobbia (1902) zur Anwendung, sonst herrschte das Nieten der Bleche und Rohre vor. Beim Löntsch-Kraftwerk (1908) traten die ersten Flanschrohre mit Schraubverbindungen auf, bei gleichzeitiger Durchmesserabstufung von oben nach unten. Auch

wurde dort der Einbau von Expansionsmuffen eingeführt.

Wie das Bauwesen, folgte auch die Konstruktion von Turbinen und elektrischen Maschinen zu Beginn des 20. Jahrhunderts einer stürmischen Entwicklung. Mit der stetigen Vergrößerung der Leistung der Maschineneinheiten (siehe Tabelle 1) und der Erhöhung der Drehzahlen wurde die Wirtschaftlichkeit der Anlagen wesentlich gesteigert. An Stelle der Jonval- und Girard-Turbinen traten Francisturbinen, die man auch bei Hochdruckanlagen einsetzte (Kraftwerk Albula, Gefälle 155 m). Für noch höhere Gefälle entwickelten sich die Pelton-turbinen sehr rasch (Kraftwerk Ackersand 760 m und 1914 Kraftwerk Fully mit 1650 m Gefälle). Die Kaplan-turbine für Niederdruckanlagen begann ihren Siegeslauf erst nach dem Ersten Weltkrieg und leitete mit ihrer ersten Großausführung 1930 im Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt (30 000 kW) eine neue Epoche im Turbinenbau ein. Der Generatoren- und Transformatorenbau paßte sich diesen Fortschritten an. Die Übertragung der Energie aus den oft abseits liegenden Kraftwerken in die Verbrauchergebiete führte zur Erhöhung der Übertragungsspannung. 1910 wurde die 140 km lange Freileitung vom Albula-Kraftwerk nach Zürich mit der Höchstspannung von 50 kV gebaut und zum Teil erstmals mit Betonmasten (60 m Abstand) ausgerüstet.

Besonderer Erwähnung bedarf der Einsatz von Pumpen zur Erhöhung und Veredlung der aus Wasserkraft eines Werkes gewinnbaren Energie. Schon im letzten Jahrhundert wurden von der Stadt Zürich (1883) und

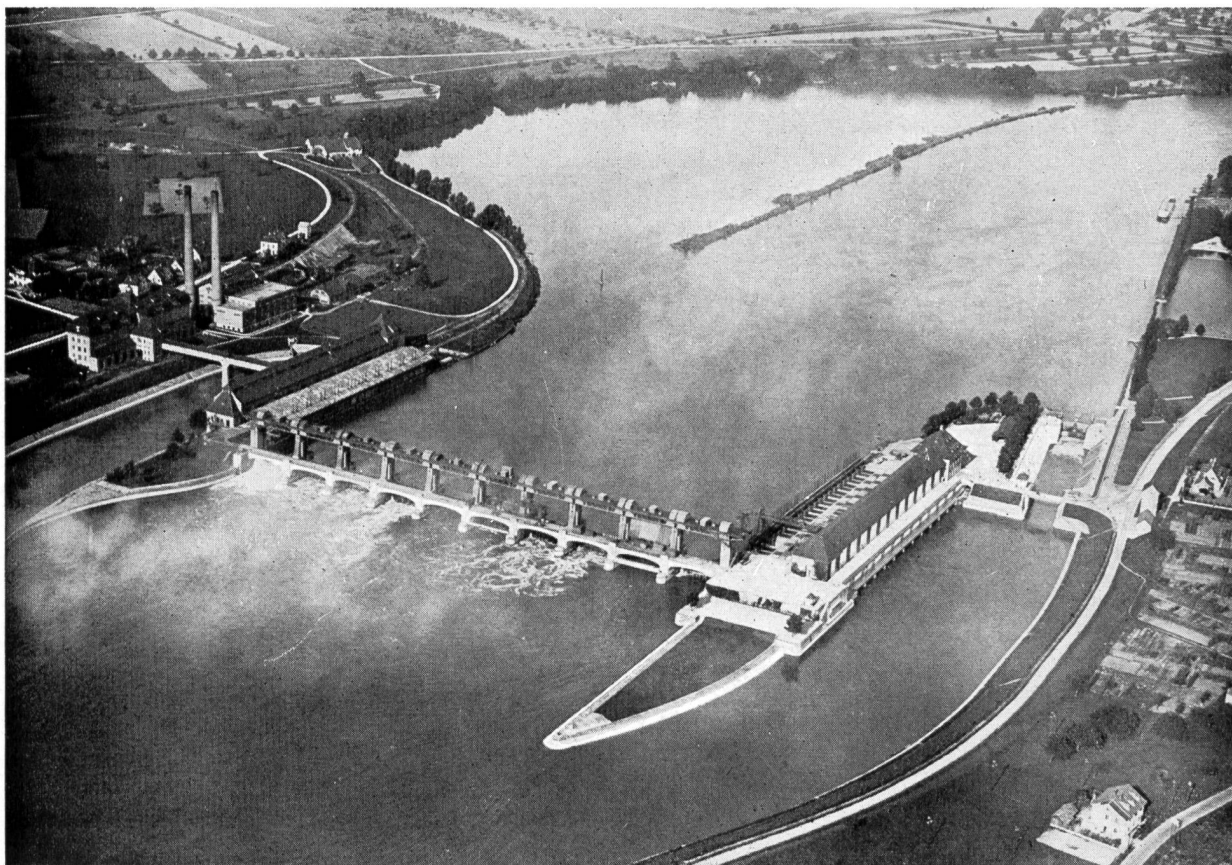


Bild 5 Grenzkraftwerk Augst-Wyhlen am Rhein, erbaut 1907/12. Hier handelt es sich um das einzige Grenzkraftwerk am Hochrhein mit gemeinsamem Stauwehr und getrennten Zentralen. Rechts das schweizerische Werk Augst mit der bis heute obersten Schiffschleuse am Rhein.

von Von Roll in Choindex (1889) zu diesem Zweck Pumpenanlagen mit 157 resp. 314 m Förderhöhe errichtet. 1904 baute die Motor AG die Pumpspeicher-Anlage Born als Ergänzung zum Kraftwerk Ruppoldingen (erst kürzlich abgebrochen) und 1909 erstellte die Stadt Schaffhausen eine hydraulische Akkumulier-anlage zur Deckung der Lichtspitzen mit einem Gefälle von 315 m und einem Speicherbecken von 12 000 m<sup>3</sup> Inhalt. Weitere Pumpspeicheranlagen, allerdings von wesentlich größerer Bedeutung, entstanden in der Folge erst in der Mitte der 20er Jahre bei den Kraftwerken Wäggitäl, Tremorgio und Illsee-Turtmann.

### III. Die heutige Lage

#### 1. Energiewirtschaftliche Entwicklung

Wenn das Streben nach Größtwerten der heutigen Zeit auch im Bau von Wasserkraftanlagen bisweilen schon extrem erscheinende Lösungen gezeitigt hat, so muß sich die Vergrößerung der Baueinheiten normalerweise durch deren erhöhte Wirtschaftlichkeit rechtfertigen. Der in den letzten Jahrzehnten rapid anwachsende Energiebedarf (Schweiz 1958/59: 16,3 Mrd kWh bei 4,8 Mio kW installierter Gesamtleistung, also 7½-fache Steigerung der Energie und 10fache der Leistung gegenüber 1910), der chronische Mangel besonders an Winterenergie und die zeitlich konzentrierte Bereitstellung großer Leistungs- und Energiemengen verlangt den gesteigerten und wirtschaftlich vollumfänglichen Ausbau unserer noch verfügbaren Wasserkräfte. Es geht deshalb, im Gegensatz zur Frühzeit des Kraftwerkbaues, heute nicht mehr nur darum, besonders günstige Gefällstufen eines Gebirgstales auszubauen. Man ist vielmehr bestrebt, eine Talschaft oder eine Gruppe von Tälern in einen Gesamtplan der Wasserausnutzung einzubeziehen. Was also früher in einzelnen Fällen im Sinne der Erweiterung und der Ergänzung einer Anlage sich allmählich zu einem Gesamtwerk vervollständigte (z. B. der sukzessive Bau der vier Kraftwerke der Brusio AG im Puschlav), wird von Anfang an in eine Gesamtkonzeption einbezogen, erstmals bei den Kraftwerken Oberhasli, dann bei der Maggia AG und

anderen (Tabelle 2). Diese im Betrieb in einer Hand liegenden Kraftwerkgruppen bieten denn auch die besten Voraussetzungen der rationellen Ausnutzung des anfallenden Wassers, um so mehr, je größer die Speichermöglichkeiten und die Einschaltung von zwischen den Stufen liegenden Ausgleichbecken sind. Bei Niederdruckwerken hat sich der Gesamtausbau eines Flußlaufes besonders mit der Durchführung des Schwallbetriebes vorteilhaft erwiesen. Es ist einleuchtend, daß solche Großanlagen erheblicher finanzieller Aufwendungen bedürfen, die oft von einer Gesellschaft allein nicht aufgebracht werden können. Der Zusammenschluß von mehreren Elektrizitätsgesellschaften zu Gruppen ist die Folge dieser Entwicklung. Sie ist auch notwendig, weil die Aufnahme und Verteilung der mit der Fertigstellung einzelner Werke sprunghaft anfallenden großen Energiemengen entsprechend aufnahmefähige Versorgungsgebiete voraussetzen. Diese sind deshalb auch nicht mehr an enge Gebietsgrenzen gebunden. Der Energieaustausch geht in vermehrtem Maß seit dem letzten Weltkrieg auch über die Landesgrenzen hinweg und stützt sich auf die Verbundwirtschaft der Stromerzeugung aus den verschiedenen Energieträgern wie Wasserkraft, Kohle, Öl, Erdgas und in Zukunft auch aus der Kernspaltung. Von der Schweiz aus gehen heute 17 Hochspannungsleitungen 150 kV und 220 kV in das umliegende Ausland.

#### 2. Die Größe als Zeiterscheinung

Mag man es als positiv oder negativ bewerten, der Mensch unserer Epoche neigt im allgemeinen dazu, die technischen Leistungen nach den Superlativen der Größe einzelner Objekte zu beurteilen. Es ist deshalb unvermeidlich, auch die Errungenschaften im Kraftwerkbau sinnfällig mit einigen Zahlen zu belegen.

Als voluminöseste, jedermann zugängliche Bauwerke unserer Zeit dürfen wohl die Talsperren bezeichnet werden. An Höhe steht die Gewichtsmauer der Grande Dixence mit 284 m an erster Stelle. Sie weist auch den größten Inhalt (5,89 Mio m<sup>3</sup>) von allen monolytischen Betonkörpern der Welt auf. In Italien ist die höchste

Schweizerische Kraftwerkgruppen

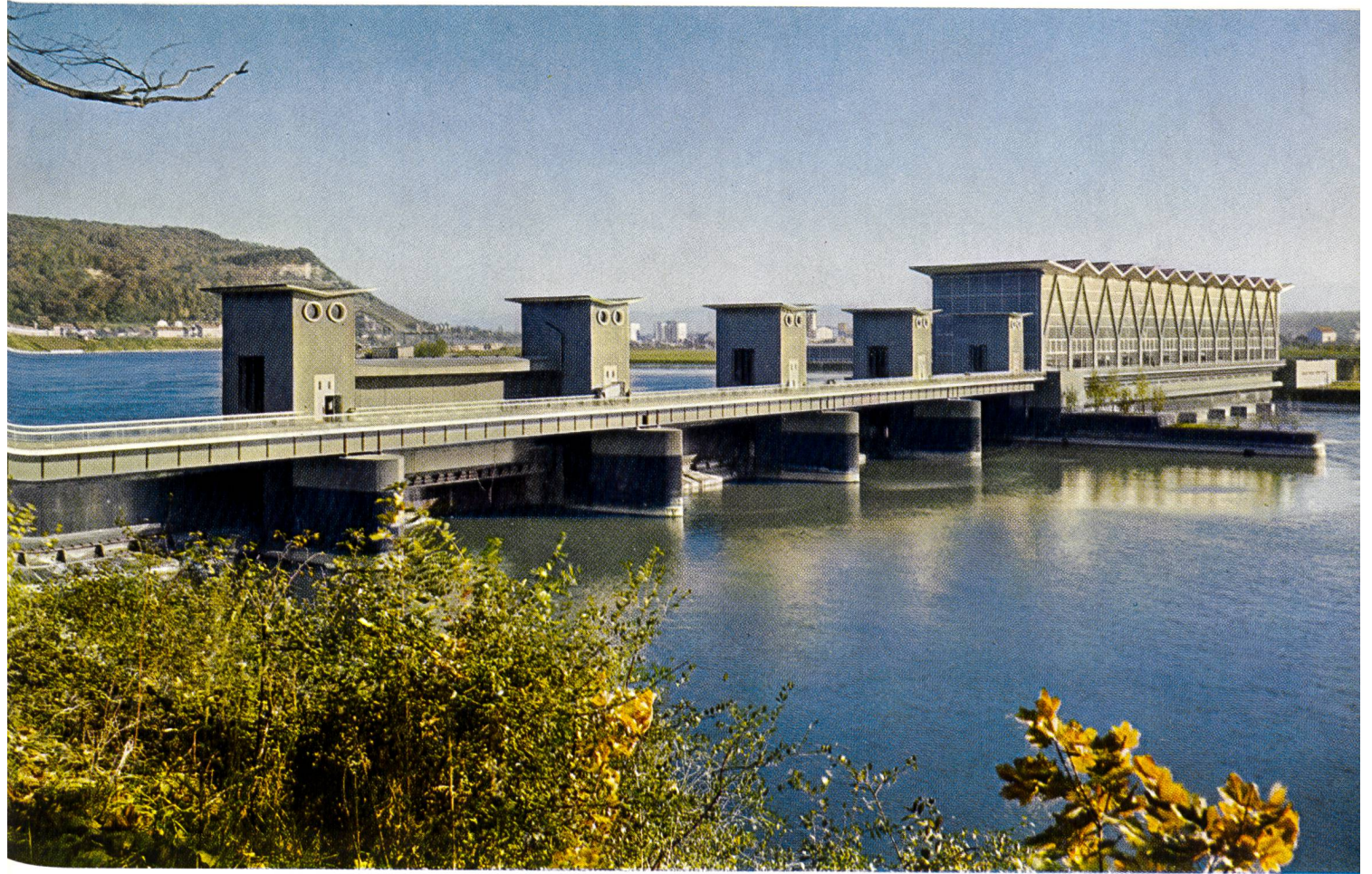
Tabelle 2

Gruppe	Bauzeit	Stufen- zahl	Summe Brutto- gefälle m	Speicher- inhalt Mio m <sup>3</sup>	Install. Turbinen- leistung MW	Brutto- Jahres- energie GWh
	Jahre					
Brusio	1907/28	5	1642	18	73	237
Wägital	1922/25	2	483	147	118	117
Oberhasli	1925/54	5	2212	204	1207	1249
Maggia <sup>1</sup>	1950/56	3	1222	68	257	883
Grande Dixence	1950/63	2	1982	370	730	1650
Mauvoisin	1951/58	3	1875	180	380	834
Zervreila	1952/58	3	1225	100	206	537
Lienne	1953/58	2	1271	50	83	184
Gougra <sup>2</sup>	1954/59	3	1714	78	165	569
Blenio	im Bau	4	1790	98	405	932
Valle di Lei-Hinterrhein	im Bau	3	1258	216	645	1384
Vorderrhein <sup>3</sup>	im Bau	10	4480	293	588	1966
Bergell	im Bau	4	2381	67	175	430
Misox	im Bau	5	2425	40	190	530
Linth-Limmern	im Bau	5	1660	90	302	354

<sup>1</sup> 1. Ausbau

<sup>2</sup> Inkl. Stufe Vissoie-Chippis (1908)

<sup>3</sup> Gesamtprojekt



Stauwehr, Zentrale und Schiffsschleuse des 1954/1955 in Betrieb genommenen Rheinkraftwerkes Birsefelden, unmittelbar vor der Stadt Basel.  
(Photo H. Hinz, Basel; Clichés der Kraftwerke Birsefelden AG)



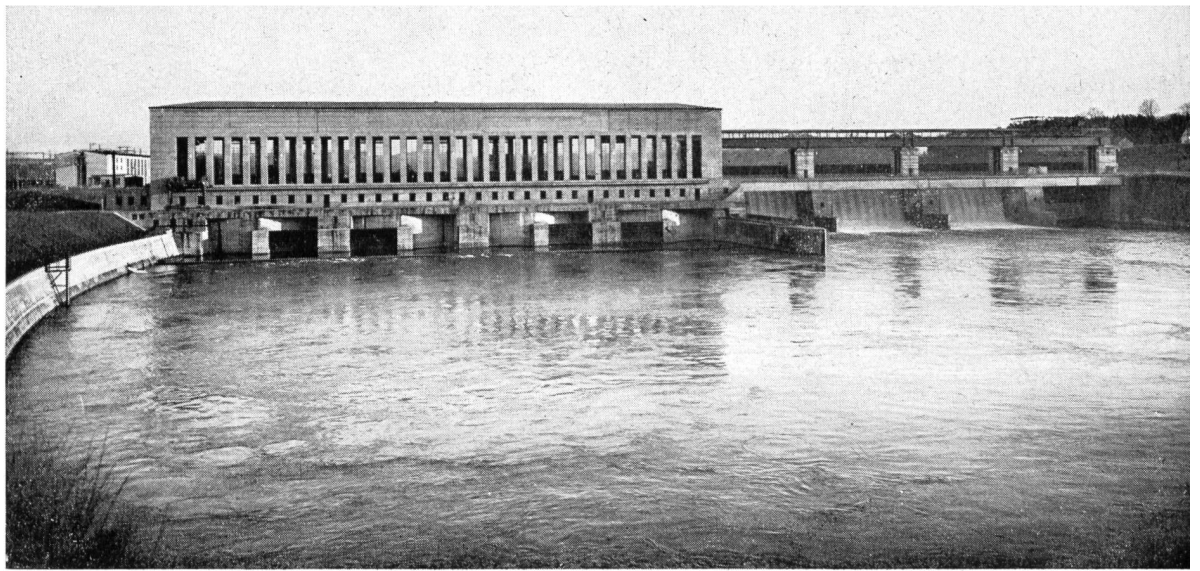


Bild 6 Maschinenhaus und Stauwehr des Grenzkraftwerkes Ryburg-Schwörstadt am Rhein (Inbetriebnahme 1930) in schlichtem Zweckstil.

Bogenstaumauer (Vajont, 262 m) im Bau, der mit 237 m Höhe diejenige von Mauvoisin folgt. In Kalifornien (USA) wurde der höchste Erddamm, der Trinity-Damm, mit 164 m und einem Volumen von 22,3 Mio m<sup>3</sup> errichtet. An dritter Stelle folgt der Göschenalpdam mit 147 m Höhe und 9 Mio m<sup>3</sup> Volumen. Für den Fachmann imponierender als die Ausmaße dieser Objekte ist indessen die Kühnheit der Konstruktion, die sich besonders im Gewölbemauerbau durch deren Schlankheit ausdrückt. Es ist erwiesen, daß gerade relativ dünnwandige Mauern einen höheren Sicherheitsgrad aufweisen als Gewichtsmauern, vorausgesetzt ist dabei allerdings die Unnachgiebigkeit der Widerlager, also die Festigkeit des Baugrundes schlechthin.

Als Kernstück der Energieerzeugung haben die Turbinen in jeder Beziehung stets steigenden Ansprüchen zu genügen. Einerseits liegt die Aufteilung einer bestimmten erzeugbaren Gesamtenergie auf nur wenig Maschineneinheiten im wirtschaftlichen Interesse. Andererseits ist es auch wieder ein Vorteil der Verbundwirtschaft, daß bei momentanem Ausfall einer Gruppe leichter als früher Ersatzenergie zur Verfügung steht. Man scheut sich deshalb nicht, möglichst große Maschinen aufzustellen. Die größte Einheitsleistung haben die Schweden mit einer Francisturbine von 170 000 kW für das Kraftwerk Furnas in Brasilien her-

vorgebracht. Schweizer Firmen bauen gegenwärtig diesen Maschinentyp mit dem größten Gefälle (522 m) für das Kraftwerk Ferrera der Kraftwerke Hinterrhein. Im Donaukraftwerk Ybbs-Persenbeug stehen die größten Kaplan-turbinen mit einem Gewicht von 940 t, die 350 m<sup>3</sup>/s Wasser verarbeiten. Das Höchstgefälle der bisher ausgeführten Kaplan-turbinen beträgt 70 m. Unter diesem arbeiten die Maschinen des Kraftwerkes Bord-Rhue (Frankreich). In der Stufe Reißbeck der österreichischen Draukraftwerke AG wird das bisher größte Gefälle von 1765 m (Pelton-turbinen) ausgenützt. Der in starker Entwicklung begriffene Rohrturbinenbau führte zu Maximalleistungen von angenähert 15 000 kW bei 16,5 m Gefälle (Kraftwerk Argentat, Frankreich).

Den Turbinen entsprechend sind die direkt mit diesen gekuppelten Generatoren mit folgenden Höchstleistungen erstellt worden:

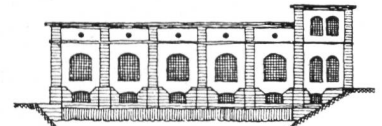
Leistung MVA	Drehzahl U/min	Kraftwerk	Land
160	150	Furnas	Brasilien
120	375	Tokke	Norwegen
100	600	Linth-Limmern	Schweiz
70	750	Ferrera	Schweiz

Bild 7 Maschinenhaus und Stauwehr des Rhonekraftwerkes Verbois unterhalb Genf der Services Industriels de Genève (Inbetriebnahme 1943). Schon bei diesem Beispiel zeigt sich deutlich die neue architektonische Entwicklung mit möglichst harmonischer Eingliederung in das Landschaftsbild.

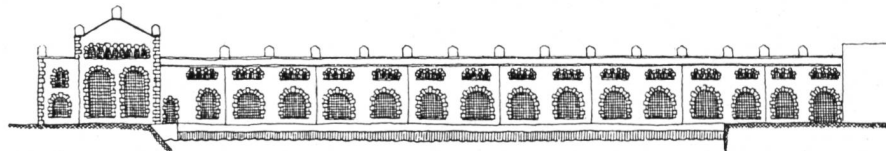




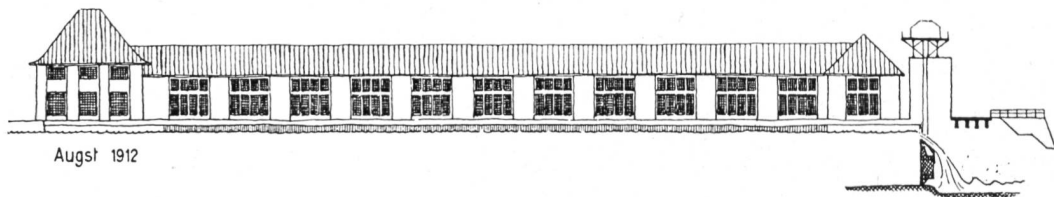
Chèvres 1896



Hagneck 1899



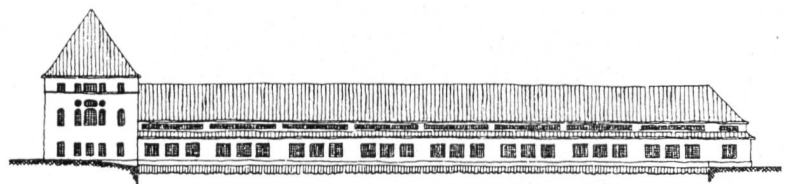
Beznau 1902



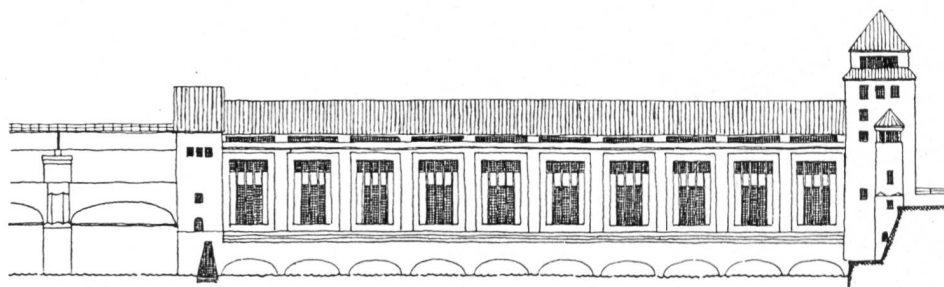
Augst 1912



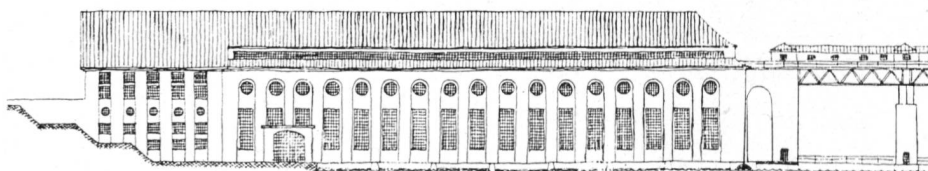
Kallnach 1913



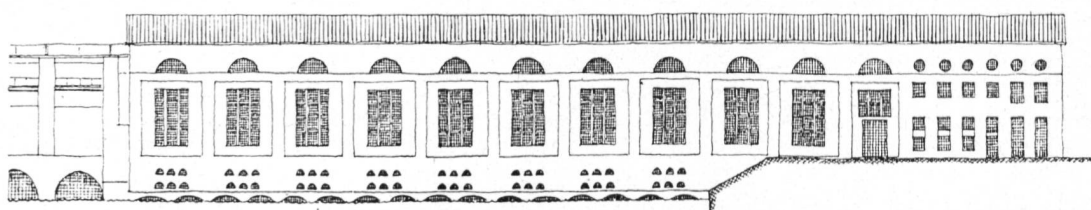
Olten - Gösgen 1917



Laufenburg 1914



Eglisau 1920



Mühleberg 1921

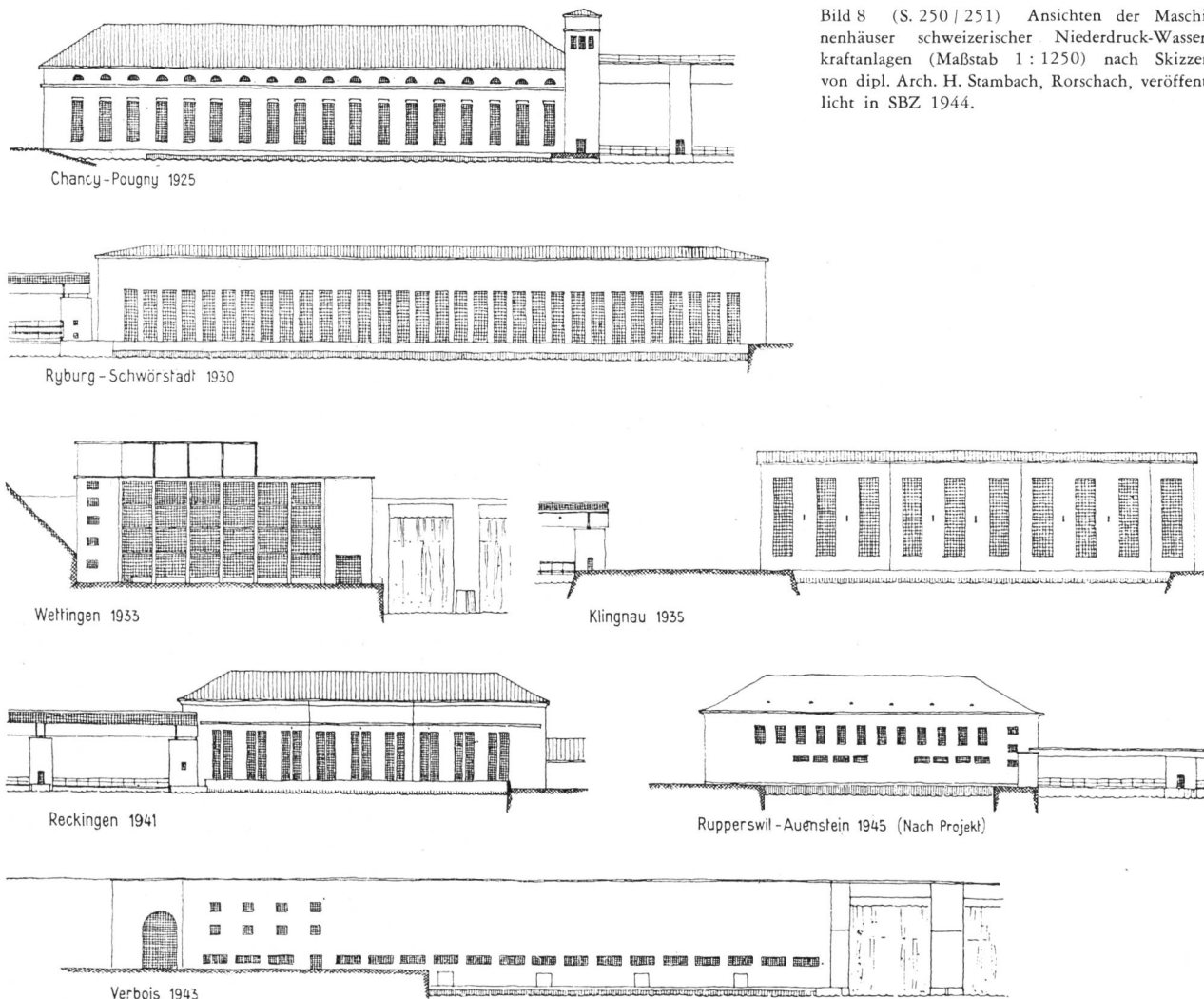


Bild 8 (S. 250 / 251) Ansichten der Maschinenhäuser schweizerischer Niederdruck-Wasserkraftanlagen (Maßstab 1 : 1250) nach Skizzen von dipl. Arch. H. Stambach, Rorschach, veröffentlicht in SBZ 1944.

Auch der Pumpenbau hat in letzter Zeit enorme Fortschritte aufzuweisen, wie Tabelle 3 eindrücklich zeigt.

Mit der Installation immer größerer Leistungen in einzelnen Maschinengruppen mußten auch die Transformatoren entsprechende Einheitsleistungen aufweisen. Dazu kam der Anstieg der Oberspannung über 150 auf 220 und 380 kV. Als Vertreter der größten derartigen Apparate können die 3-Wicklungs-Transformatorgruppen erwähnt werden, die für die Kraftwerke Hinterrhein geliefert werden. Sie sind für eine Leistung von

400 MVA und den Spannungsübergang  $2 \times 10,5/220/380$  kV gebaut.

Der Transport dieser sehr schweren und umfangreichen Maschinenteile mit Einzelgewichten bis über 120 t (einschließlich Träger) von den Lieferwerken zu den Aufstellungsorten, bisweilen in die entlegensten Gebirgstäler, erfordert außerordentliche Maßnahmen, besonders wenn dabei der Umlad von der Normal- auf eine Schmalspurbahn und von dieser auf ein Straßentransportfahrzeug nötig ist. (Beispiel: Transport der Transformatorpole von Baden nach Sils im Domleschg.)

Speicherpumpen

Tabelle 3

Jahr	Kraftwerk	Land	Einheitsleistung PS	Förderhöhe m	Wasserförderung m <sup>3</sup> /s	Drehzahl U/min
1925	Wägital	Schweiz	5 100	245	1,25	750
1926	Tremorgio	Schweiz	6 400	906	0,41	1 000
1946	Etzel	Schweiz	21 500	491	2,9	500
1949	Provvidenza	Italien	60 100	270	14	500
1956	Limberg	österreich	85 000	420	16	500
1956	Hiwasee <sup>1</sup>	USA	102 000	63	110	106
1958	Lünersee	österreich	60 000	1 000	4,2	750
Projekt	Taum Sauk	USA	273 000	247	68	200

<sup>1</sup> Reversible Turbinen-Pumpe

### 3. Grundlagenforschung, Meß- und Modelltechnik

Wer im Kraftwerkbau tätig ist, kennt die außerordentlich mannigfachen Voraussetzungen und Vorarbeiten, die notwendig sind, um eine ernsthafte Projektierung überhaupt beginnen zu können. Wenn Fehlleistungen im Bau und Betrieb von Kraftwerken ausbleiben sollen, ist gerade die tiefgründige Erforschung und umfassende Beschaffung der Unterlagen von größter Bedeutung. Die Verwirklichung der heutigen Großanlagen und besonders das Tempo, mit welchem diese geplant und ausgeführt werden, sind nur dank der intensiven Bearbeitung und Entwicklung dieser Hilfsgebiete möglich. Handelt es sich um die Beschaffung hydrologischer, topographischer oder geologischer Unterlagen, so stehen uns heute die Vorarbeiten amtlicher und privatwirtschaftlicher Institutionen und Institute zur Verfügung, die in relativ kurzer Frist das benötigte Material liefern können. Zur Ermittlung der verfügbaren Wassermengen von Gletscher- und Wildbächen und Flüssen (Pegel- und Wassermeß-Stationen), zur Beschaffung genauer Karten (Luftphotogrammetrie mit stereographischer Auswertung und elektronischer Koordinatenberechnung), zur Erschließung des Untergrundes (mechanische, seismische, geotechnische und geoelektrische Sondiermethoden) und zur Prüfung der Grund-, Baustoffe und fertigen Bauteile (Erdbaumechanik, Betontechnik, metallurgische, chemische und physikalische Untersuchungsverfahren) hat sich eine außerordentlich präzise Meß- und Prüftechnik auf allen Produktions- und Baugebieten entwickelt. Im weitern gibt das Studium von statischen, dynamischen und hydraulischen Vorgängen am Modell dem projektierenden Ingenieur eine große Sicherheit bei seiner Arbeit, wenn auch die Erkenntnisse über die Modellähnlichkeit des Naturvorganges und die Erfassung der Randbedingungen oft noch wesentlicher Vervollkommnung bedürfen. Die weitschichtig ausgebaute Modelltechnik sowie die elektronischen Rechenverfahren sind Errungenschaften der letzten Jahrzehnte, von denen vor 50 Jahren noch nichts bekannt war.

### 4. Baumaterialien

Von wesentlichem Einfluß auf das Bauen der heutigen Zeit ist die Entwicklung der verfügbaren, künstlich hergestellten Baumaterialien in bezug auf wesentliche Qualitätssteigerungen (Beton, Stahl und einige Leichtmetalle) sowie auf die Schaffung einer Unzahl neuer, aus der modernen Chemie hervorgegangener Baustoffe (z. B. Isoliermaterialien). Nur die Grundstoffe Stein und Holz sind die gleichen geblieben.

Die Komponenten Zement, Kies, Sand und Wasser zur Herstellung eines Qualitätsbetons werden strengsten Kontrollen ausgesetzt und für größere Ausbeutestellen auf Grund eingehender Versuche dosiert. Vom Stampf- über den Guß- ist man allgemein zum Vibrationsbeton übergegangen, dem man zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit, der Dichte und damit der Frostbeständigkeit chemische Zusatzmittel beigibt. Für die Erhöhung der Bindekraft unseres hochqualifizierten Zementes wird etwa auch die Staubkomponente von 0—0,1 mm ausgefällt. Gegen aggressives Wasser und für andere Zwecke stehen Spezialzemente zur Verfügung.

Auch in der Stahlherstellung gibt es neben den normalen Produkten bester Qualität Spezialstähle mannig-

fachster Legierungen, die je nach Verwendungszweck bezüglich Härte, Bruchfestigkeit und Dehnbarkeit verschiedene Kennzeichen aufweisen. In reicher Auswahl stehen dazu Leichtmetall-Legierungen zur Verfügung. Die Aluminium-Industrie hat einen riesigen Aufschwung genommen, besonders seitdem es gelungen ist, Aluminium zu schweißen.

### 5. Projektierung und Ausführung

Aufbauend auf den vorstehend skizzierten Voraussetzungen haben die heutigen Kraftwerke gegenüber den Anlagen vor 50 Jahren weniger in der Gesamtkonzeption, als vielmehr in den Einzelheiten der Objekte und Konstruktionen mannigfaltige Wandlungen erfahren. Das allgemeine Bestreben weist in die Richtung der Verfeinerung und sogar in das ausgeprägte Raffinement der Bauelemente. Dabei hat die Automation zur Erreichung größerer Betriebssicherheit und zur Einsparung von menschlicher Arbeitskraft einen ungeahnten Aufschwung erreicht. Bei Lauf- oder Speicherpumpwerken ist die Aufrechterhaltung des durchgehenden Betriebes besonders wichtig. Das kann dazu führen, schon beim Bau alles vorzukehren, damit Unterbrüche für Kontrollen, Revisionen und Überholungen auf ein Minimum reduziert werden. Aus der Fülle dieser Erscheinungen wird, immer im Hinblick auf die in Betracht gezogene Zeitspanne, nachstehend versucht, das Wesentliche dieser Entwicklung mit einer kurzen Charakterisierung einzelner Arbeitsgebiete und Bauelemente festzuhalten.

a) Die heutige Sondier- und Bohrtechnik zur Erschließung eines Baugeländes entwickelte sich erst nach dem Ersten Weltkrieg. Der hohen Kosten wegen kamen zweckentsprechende und leicht transportierbare Spezialgeräte relativ spät auf den Markt. Seit einiger Zeit ist man nun allerdings in der Lage, Sondieraufschlüsse in allen Boden- und Gesteinsarten jeglicher interessierender Tiefe und vom Handsondiergerät bis zu 1,5 m Durchmesser zu erhalten und in beliebiger Richtung zu bohren. Für erdbautechnische Untersuchungen dienen Bohrungen zur Entnahme ungestörter Bodenproben. Bohrungen sind aber auch zur Hebung von Grundwasser zu Versuchs- oder Verwendungszwecken und schließlich auch zur Absenkung des Grundwasserspiegels (Wellpointverfahren, Sanddrain) entwickelt worden. Zur Grund- und Fundamententwässerung dienen im weitern elektrokinetische und Vakuum-Verfahren. Zur Ermittlung der Eisdicke der Gletscher lassen sich mit Erfolg Bohrungen unter Verwendung von Warmwasser in sehr kurzer Frist bis auf große Tiefen abteufen.

b) Parallel zu diesen Fortschritten fand auch das Injizieren des Baugrundes starke Verbreitung. Dieses spielt bei der Ausführung von Baugruben, Stollen und Schächten in lockerem oder feinkörnigem Baugrund oder bei der Verfestigung und Abdichtung der Fundamente wichtiger Baukörper (z. B. Talsperren) eine entscheidende Rolle. Als Injektionsgut werden Zement, Mörtel, thixotrope Flüssigkeiten (Bentonit) und Chemikalien (Verdichtungs- und Gefrierverfahren) verwendet.

c) Auf dem Gebiet der Fundationsmethoden wurden aus Gründen der Rationalisierung, der Platzeinschränkung und nicht zuletzt der Erschütterungs- und Lärmbekämpfung eine Reihe neuer Verfahren hervorgebracht. Schon früh entwickelten sich Pfahlgründungen verschiedenster Systeme, von denen die Benoto-



Inneres der an der Mattervispa 1958/59 in Betrieb genommenen Zentrale Ackersand II der Aletsch AG. Seit etwa zehn Jahren werden die Maschinenhäuser auch in der Schweiz farbenfreudiger gestaltet.  
(Photo R. Spreng, Basel; Clichés der Lonza AG, Basel)

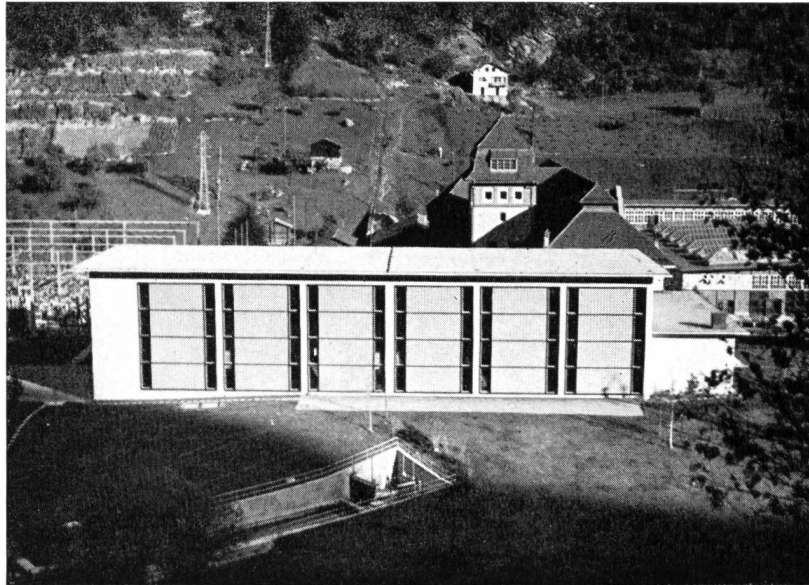


Bild 9  
Zentralen der oberhalb Visp erstellten Kraftwerke Ackersand I (1906/09) und Ackersand II (1956/1958) der Aletsch AG. Beispiel der baulichen und architektonischen Kombination von Maschinenhäusern verschiedener Epochen.

Bohrpfähle den modernsten Anforderungen bei erschweren Verhältnissen, besonders in Stadtgebieten oder bei lockerem Baugrund, anerkannt gute Dienste leisten. Mit großem Erfolg sind unter ähnlichen ungünstigen Verhältnissen Fundamente unter Verwendung von Bentonitsuspension erstellt worden, wodurch das Schlagen von Spundwänden in Bodenschichten geringer Standfestigkeit und im Grundwasser ausgeschaltet werden kann. Solche thixotrope Flüssigkeiten werden neuerdings auch als Hilfsmittel zur Erleichterung der Caisson- und Brunnenabsenkung angewendet. Schließlich sind die vielartigen Geräte zur mechanischen Bodenverfestigung (Stampfer und Walzen) verschiedener Konstruktion, die mit oder ohne Vibration arbeiten, zu erwähnen.

d) Nach dem 2. Weltkrieg hat ein Transportmittel die Erschließung von Baustellen, besonders im Gebirge, schlagartig erleichtert: der Jeep. Mit ihm begann die Ausbreitung der Pneufahrzeuge beim Bau ganz allgemein. In kürzester Zeit gelang die Erfüllung weiterer Wünsche im ganzen Bereich des Transportwesens, wie

etwa die Überwindung aller Hindernisse topographisch oder meteorologisch bedingter Art, die Erhöhung der Transportgeschwindigkeit bis an die Sicherheitsgrenze, die Verfrachtung größter Gewichte und Sperrgüter und schließlich der Transport von Massengütern. Die schienegebundene Traktion spielt auch heute noch, ganz abgesehen von unseren Normal- und Nebenbahnen, besonders im Stollen- und Tunnelbau eine bedeutende Rolle. Die Druckluft-, Elektro- und Diesellokomotiven sind vervollkommenet weiterhin im Gebrauch. Ganz neue Wege wurden indessen im Bau von Förderbändern und im Losetransport (z. B. Silowagen für Zement) mit pneumatischem Umlad, sowie im Seilbahnbau beschriftet. Transportgeräte, die das Fördergut selbst heben und z. B. bei der Verschiebung großer Erdmassen dank ihres Gewichtes die eigene Schüttung zum Teil verdichten, sind schon zur Selbstverständlichkeit geworden.

e) Über die Talsperren mit ihren Nebenanlagen wird von zuständiger Seite in einem besonderen Aufsatz dieser Artikelreihe berichtet, so daß hier nur zusammenfassend auf die Gesamterscheinung dieser Objekte

Schweizerische Talsperren

Tabelle 4

Sperren	Typen	Anzahl	Speicher- Inhalt J Mio m <sup>3</sup>	Sperren- volumen V Mio m <sup>3</sup>	Verhältnis J/V
Mauern	Bogenmauern	14	1 020	6,72	152
	Bogengewichtsmauern	3	175	1,18	148
	Pfeilermauern	3	110	0,99	111
	Gewichtsmauern	26	973	9,39	104
	Total Staumauern	46	2 278	18,28	125
Dämme	an natürlichen Seen <sup>1</sup>	6	70	0,62	113
	an künstlichen Speichern	4	156	14,08	11,1
	Total Dämme	10	226	14,70	15,4
	Total Talsperren	56	2 504		

<sup>1</sup> Ohne Alpenrand- und Mittellandseen



Bild 10 Transport eines Druckrohrs auf einem engen, steilen Waldsträßchen, für die Schachtpanzerung der Stufe Bärenburg-Sils der Kraftwerke Hinterrhein

hinzuweisen ist. Die Schweiz steht heute mit anderen Ländern an der Spitze des Talsperrenbaues, wobei nicht nur die äußeren Dimensionen einiger Bauten, sondern die Vielgestalt und Qualität in planungs- und ausführungstechnischer Hinsicht gemeint sind. Wohl wurde die Entwicklung vom Ausland angeregt; es fehlte aber bei uns nicht an Wagemut und Initiative, auch bedeutende Talsperren in Angriff zu nehmen und unseren

Verhältnissen angepaßt, im Bewußtsein der großen Verantwortung, beste und zuverlässigste Arbeit zu leisten. Die starke Nachfrage nach Winterspeicherenergie förderte den Talsperrenbau, so daß wir gegenwärtig in unserem kleinen Land über 56 ausgeführte oder schon im Bau begriffene Bauwerke mit einer ausnützbaren Stauseekapazität von ca. 2500 Mio m<sup>3</sup> verfügen (Tabelle 4). Es handelt sich dabei um 46 Betonmauern und 10 Dämme. Aus dem Verhältnis des Speicherinhaltes und dem Sperren-Volumen kann im Einzelfall in erster Annäherung der relative Wert eines Objektes beurteilt werden. Diese Verhältniszahlen sind aber auch als Mittelwerte für die einzelnen Talsperren-Typen charakteristisch. Zu gegenwärtigen Baukosten berechnet, stellen die erwähnten Talsperren einen Investitionswert von etwa 1,5 Mrd Fr. dar. Der totale Speicherinhalt ergibt unter Einrechnung des ausnützbaren Bruttogefälles jeweils innerhalb der Werkgruppen eine gespeicherte Energiemenge von ungefähr 6900 GWh. Im Herbst 1959 war gemäß den Erhebungen des eidg. Amtes für Elektrizität von dieser erst etwa 55% effektiv verfügbar.

f) Wasserfassungen. Die verheerende Einwirkung des sandhaltigen Wassers auf die Turbinen und Abschlußorgane ist besonders bei den Hochdruckanlagen festgestellt worden. Man versucht deshalb, das Betriebswasser an den Fassungsstellen möglichst weitgehend vom Geschiebe zu befreien. Das ist im allgemeinen um so schwieriger, je höher der Ort der Wasserentnahme liegt. Mit zunehmender Steilheit der Gebirgsbäche und verringerter Distanz von Gletscherzungen wächst die momentan anfallende Geschiebefracht bei Gewittern, in Zeiten der Schneeschmelze und bei Eis- und damit Moränematerial-Einbrüchen enorm. Wasserfassungen hergebrachter Anordnung mit einem Seitenkanal und Spülrinne haben oft versagt, so daß man dazu übergegangen ist, das Wasser an der Kurve der Außenseite ausgeprägter Flußkrümmungen zu entnehmen. An schlecht zugänglichen Wildbächen werden oft sogenannte Rechenfassungen erstellt. Bei Niederdruckanlagen, bei denen Wehr und Maschinenhaus nebeneinander und quer zur Flußrichtung gestellt sind, spielt die Ausbildung des dazwischenliegenden Pfeilerkopfes zur Vermeidung der Quer-



Bild 11 Transport eines 54 Tonnen schweren Rotors von St. Moritz nach der Zentrale Castasegna im Bergell. Langsam überwindet der Schwerlastzug die zahlreichen Kurven des Maloja-Passes; um den Chauffeuren ihre Aufgabe zu erleichtern, sind sie durch Telephon miteinander in ständiger Verbindung.

strömung eine große Rolle. Auf Grund eingehender Modellversuche und gestützt auf Betriebserfahrungen haben diese Fassungstypen bestimmte Formen angenommen. Eindeutig ist man zur Erkenntnis gelangt, daß jede Fassung durch die Eigenart der Charakteristik des Fluß- oder Bachlaufes als Sonderfall eigenen Gesetzen untersteht und deshalb sehr eingehend untersucht werden muß.

g) Die Kies- und Sandfänge haben sich aus gewöhnlichen Absetzbecken, über ständig durchgespülte Kammern (Dufour-Entsander) schließlich zu modelltechnisch überprüften, dem Einzelfall angepaßten Einrichtungen entwickelt. Im Bestreben, den Verlust an Spülwasser bei bestem Effekt der Geschiebe-Ausfällung auf ein Mindestmaß zu reduzieren, sind gut funktionierende und stets wirkende, fernsteuerbare Spülverschlüsse konstruiert worden.

h) Das Zusammenwirken einzelner Kraftwerke in Kraftwerkgruppen setzt die Zwischenschaltung von Ausgleichbecken voraus, damit bei der Erzeugung wertvoller Spitzenenergie Wasserverluste möglichst vermieden werden. Der dafür erforderliche Beckeninhalt ist einerseits von der Ausbaugröße der angeschlossenen Werke, andererseits von der vorgesehenen Betriebsdauer abhängig. Bei ausgesprochenen Spitzenkraftwerken, die auf nur 1200- oder 1000stündigen Winterbetrieb ausgelegt sind, haben die Becken den Wochen- oder Tagesausgleich des Wasserdurchflusses sicherzustellen. Durch die Auswirkungen der 5-Tageweche wird die Zwischenspeicherung von Wasser bei vielen Hochdruckanlagen noch bedeutungsvoller. Auch bei Pumpspeicherwerken spielen die Ausgleichbecken eine maßgebende Rolle.

Je nach der Betriebsart der verbundenen Werke ist die Frage zu entscheiden, ob eine Wasserumleitung nötig ist, falls das Becken außer Betrieb gesetzt werden muß. Dies kann bei der Durchführung von Reinigungsarbeiten vorkommen. In neuester Zeit sind auf Schwimmbatterien montierte Pumpenaggregate in Betrieb genommen worden, mit denen das Absaugen des abgelagerten Schlammes bei geringstem Wasser- bzw. Energieverlust unabhängig vom Wasserstand im Becken möglich ist.

Ausführungstechnisch sind beim Bau von Ausgleichbecken oft schwierige Probleme zu lösen. Es handelt sich um künstliche Weiher, die in Talausweitungen, oft auf Alluvionen verlandeter, natürlicher Seen, eingebettet werden. Die Zusammensetzung und der Aufbau dieses Untergrundes bedürfen deshalb mittels Sondierungen möglichst genauer Erschließung, damit die Foundationen im Hinblick auf die Stabilität, die Grundwasserhaltung und die Abdichtung erfolgreich ausgeführt werden können. Große Sorgfalt ist sodann dem Aufbau und der Abdichtung der das Becken umfassenden Dämme zu widmen. In letzter Zeit ist man von den Betonauskleidungen abgekommen und wendet vermehrt fugenlose Schwarzbeläge an. Deren Anschlußstellen an feste Betonbauten, wie Ein-, Aus- und Überläufe, sind dabei so auszubilden, daß auch bei verschiedenen Setzungsgrößen der einzelnen Bauteile die Wasserdichtigkeit erhalten bleibt.

i) Als Wasserzuleitung ist der ganze Weg von der Wasserfassung bis zur Turbine aufzufassen, wobei sie eine Reihe verschiedenartiger Bauwerke umfassen kann.

Der Bau von Hangleitungen hat besonders bei Ausführungen in schlecht zugänglichem oder weit abgelegenen Gelände Neuerungen erfahren. Zur Umgehung des umständlichen und kostspieligen Transportes sperriger und schwerer Rohrelemente findet die Leitungsbetonierung an Ort und Stelle mit dem Ductube-Verfahren immer größere Verbreitung. Der Einsatz des mit Druckluft aufgeblasenen Schlauches ermöglicht nicht nur einen an die gegebenen Verhältnisse anpassungsfähigen Transport der losen Baustoffe. Er erlaubt auch eine an die Terrainbewegungen angeschmiegte und mit nur wenig Arbeitsfugen versehene, glattwandige Leitungsausführung. Für kleinere Durchmesser stehen neben Metall- und Eternitrohren neuerdings auch solche aus Kunststoffen zur Verfügung.

Im Kanalbau ist auf die schon erwähnten neuen Damm- und Bodenverdichtungsverfahren hinzuweisen, wobei auch die Anwendung von Asphaltprodukten bei der Herstellung einer Abdichtungshaut auf den benetzten Flächen (Vergußmassen, Pappen und Teppiche) be-



Bild 12  
Transport eines 60-Tonnen-Transformators auf der engen und kurvenreichen Gebirgsstraße nach Fionnay. Drei Welti-Furrer-Sträßenschlepper ziehen und stoßen diese Schwerlast auf der 16% steilen Straße nach dem Kraftwerk Mauvoisin.



deutende Fortschritte zu verzeichnen hat. Die vorgenannten Schwarzbeläge, abgeleitet aus dem Straßenbau, sind für die Verkleidung von Ausgleichbecken mit großem Aufwand an materialtechnischen Untersuchungen und ausführungstechnisch neu entwickelten Einrichtungen wiederholt erfolgreich angewandt worden.

Aus dem weitläufigen Gebiet des Stollenbaus muß zunächst festgehalten werden, daß sich die Fortschritte der mit diesem verbundenen Technik in den letzten zwei Jahrzehnten vielleicht als am umfassendsten und einflußreichsten zu bezeichnen sind. Denn im ganzen Kraftwerkbau sind es diese Bauobjekte, die ungefähr zu den gleichen Kosten wie vor dem Zweiten Weltkrieg erstellt werden können. Die Gründe, die zu diesem wirtschaftlichen Erfolg führten, sind sehr mannigfaltig. Sie basieren einerseits auf der Verwendung neuer Materialien und andererseits auf der Einführung neuartiger Baumethoden. Im Rahmen dieser Publikation können diese nur stichwortartig wie folgt aufgezählt werden:

Beim Vortrieb: Verwendung von Hartmetallschneiden zum Bohren und leicht manipulierbarer Bohrmaschinen (Kniehebel) bei kleinen Profilen und fahrbarer, mit schweren Bohrhämmern ausgerüsteter Bohrwagen bei großen Ausbrüchen. Zur Anpassung an die Sprengbarkeit verschiedenartiger Gesteine und Formationen stehen entsprechende Sicherheits-Sprengstoffe zur Verfügung. Mechanische Schutterung auch bei kleinen Stollen-Querschnitten. Relativ große Transportwagen und rasche Traktion.

Zur Sicherung des Ausbruches bei ungünstigem Gebirge: Gunit, Spritzbeton, Felsanker mit Drahtseil- und Netzeinsätzen. Statt Holzeinbauten ausschließliche Verwendung von Spezialstahl, der ohne nachherigen Zeitverlust einbetoniert wird. Bei Wasserandrang: schnellbindende Dichtungsmittel (Sika war 1910 noch nicht erfunden!), Ableitungsschläuche aus Kunststoffen, selbstansaugende Pumpen (die erste Lauchenaer = a./d. Sihl-Pumpe war 1930 an der Mustermesse in Basel zu sehen; sie steht seither im Dauerbetrieb!).

Für die Auskleidung der Stollen: Betonförderung mit Spezialwagen, Förderbänder und Rohrleitungen mit Pumpen- oder Pressenbetrieb. Fahrbare Klapp- und Gleitschalungen, oft unter Verwendung von Leichtmetall, erlauben ein kontinuierliches Betonieren unter weitgehendster Vermeidung von Arbeitsfugen. Der Beton wird vibriert. Er weist eine gleichmäßige und sehr glatte Oberfläche auf, so daß sich das Auftragen des früher nötigen Verputzes mit Glattstrich erübrigt. Neueste Messungen des Wasserdurchflusses ergaben eine erhebliche Verringerung der Rauigkeit.

Von Druckstollen, die meist kreisförmiges Profil aufweisen, wird auch bei hohem Innenwasserdruck eine große Dichtigkeit erwartet (Wasserverlust kleiner als 0,1 l/s und 1000 m<sup>2</sup> Innenfläche pro 1 atü Druck). Diese kann mit der modernen Injektionstechnik (Kontakt- und Tiefeninjektionen) erreicht werden. Bei zu geringer Überlagerung einer Stollenstrecke muß eine absolute Dichtigkeit erzielt werden (Einbau von Panzerungen, vorgespannten Kernringen, Spezialdichtungen mit Metallfolien oder Kunststoffen). Fließt Bergwasser zeitweise mit Überdruck in den Stollen hinein, so empfiehlt sich der Einbau von geeigneten Rückschlagventilen.

Die vielen neuen Errungenschaften beim Wasserstollenbau führten, gegenüber früher, zum Zeitgewinn bei der Ausführung und zur hohen Qualität des Bauwerkes ohne wesentliche Kostenerhöhung. Die oft beim Stollenbau infolge ungünstigen geologischen Verhältnissen nicht ausbleibenden, bisweilen großen Schwierigkeiten der Arbeitsausführung lassen sich mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln unter größtmöglicher Sicherung der beteiligten Mannschaften bewältigen.

Beim Bau von Druckschächten sind nicht nur die Schwierigkeiten des Stollenbaues zu überwinden, sondern auch die Erschwernisse, welche durch die Schräg- oder Vertikallage des Objektes bedingt sind. Als Besonderheit ist bei diesen Bauten die Einführung des Prepakt-Verfahrens beim Hinterbetonieren der Schachtpanzerung zu erwähnen. Sie ermöglicht bei guter Organisation einen Zeitgewinn gegenüber der Aus-

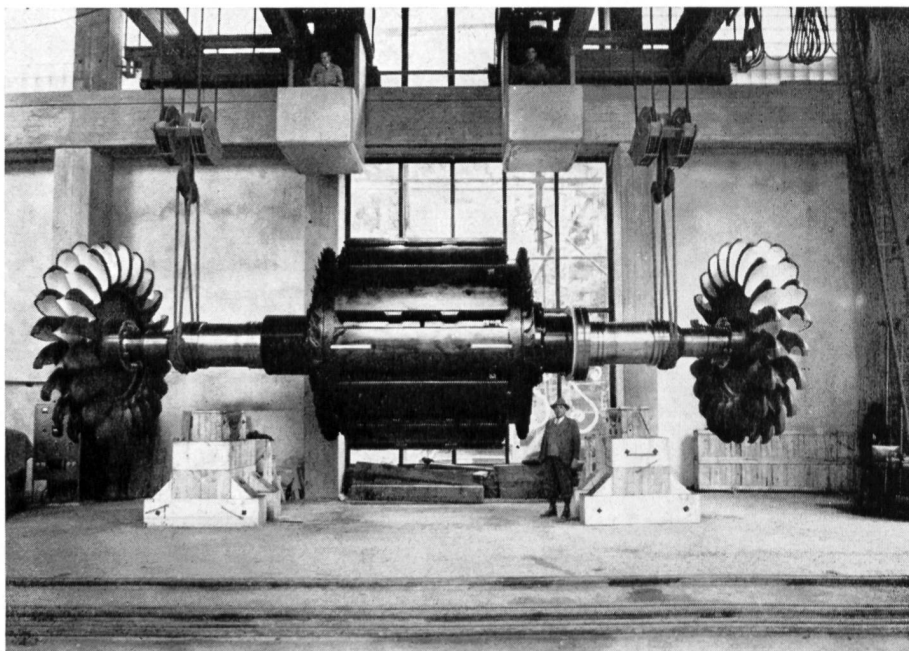


Bild 13  
Rotor mit Turbinenrädern für  
die Zentrale Rothenbrunnen der  
Kraftwerke Zervreila AG.

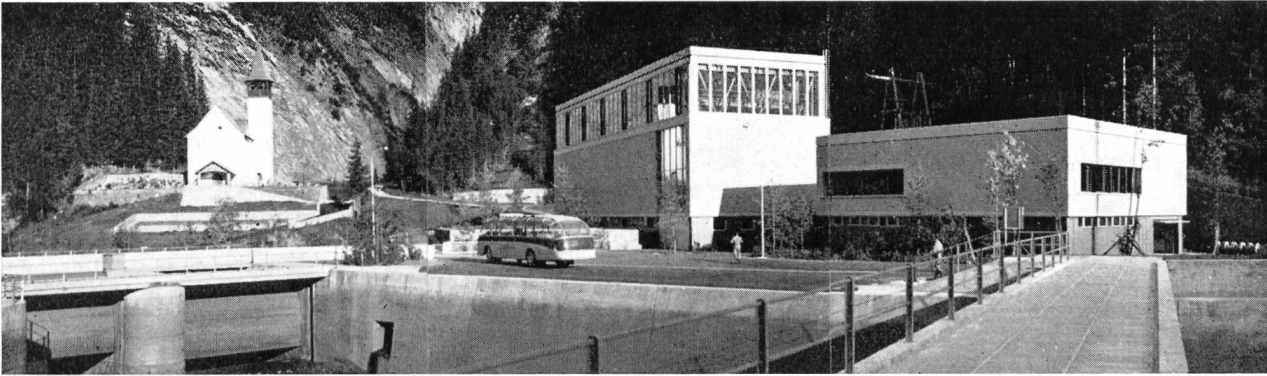


Bild 14 Kraftwerkanlagen in Safien Platz (Inbetriebnahme 1957) der Kraftwerkgruppe Zervreila.

füllung des Zwischenraumes zwischen Stahlverkleidung und Fels mit Beton, wobei die Qualität und die Erstellungskosten der Betonschicht in beiden Fällen ungefähr gleich sein können. Um den Zeitaufwand für die Ausführung des Rostschutzes der Panzerung zu reduzieren, ist man dazu übergegangen, die sandgestrahlte Innenfläche mit Spritzverzinkung, Zinkanstrichen und Deckanstrichen mit Spezialmaterialien zu versehen. Die Dicke der nur einige Zehntels-mm starken Schutzschicht läßt sich auf magnetischer Basis genau prüfen. Um an Kosten für die Panzerung zu sparen, wird deren Stärke so dimensioniert, daß ein Teil des Innendruckes über die Betonzwischenlage der Gesteinselastizität entsprechend auf das Gebirge übertragen wird. Dies erfordert allerdings die Verwendung von Spezialstahl hoher Zerreißfestigkeit und großer Verformbarkeit. Besondere Vorkehrungen sind zur Behebung der Einbeulgefahr der Panzerung bei auftretendem Gebirgswasserüberdruck zu treffen.

In ausführungstechnischer Hinsicht unterstehen die Wasserschlösser ähnlichen Bedingungen wie die an sie anschließenden Stollen- und Schachtbauten. Gegenüber den Erstlingswerken hat ihre Dimensionierung und Konstruktion verschiedene Änderungen erfahren. Bei weitgehend automatisch gesteuerten Kraftwerken sind für das Funktionieren der Wasserschlösser sehr scharfe Bedingungen zu stellen. Man begnügt sich nicht mehr mit der Reservehaltung von Wasser bzw. Speicherraum für das Anlassen oder Außerbetriebsetzen der Turbinen. Ein Wasserschloß muß rasch aufeinanderfolgenden Betriebsänderungen unter Berücksichtigung der extrem möglichen Schwingungsausschläge der Wasserspiegelagen entsprechen. Mehrheitlich werden Schachtwasserschlösser mit gedrosseltem unterem Einlauf oder Durchlaufwasserschlösser mit unterer und oberer Kammer erstellt.

In der sogenannten Apparatekammer befinden sich die Sicherheitsabschlußorgane für den raschen Unterbruch der Wasserzufuhr im Falle von unvorhergesehenen Betriebsstörungen jeder Art. Die hierfür eingesetzten Drosselklappen schließen automatisch bei Überschreiten der zulässigen Höchstgeschwindigkeit des Wasserflusses in der Leitung. Auch lassen sie sich von der Maschinenzentrale aus fernbetätigen. Oft wird diesem Abschlußorgan noch eine zweite Drosselklappe oder ein Schieber vorgeschaltet. Bei kurzen Druckstollen kann der Sicherheitsabschluß in die Nähe der Wasserentnahme verlegt werden, womit die Apparatekammer am Ende des Druckstollens entfällt.

Die Verwendung von Spezialstahlblechen erlaubt, die Durchmesser von Druckleitungen weiterhin zu vergrößern, also deren Anzahl zu reduzieren. Oft werden die Leitungen einbetoniert oder bodeneben eingedeckt. Dann erübrigt sich der Einbau von Expansionsmuffen bei den Fixpunkten. Bei freiliegenden Leitungen achtet man auf formschöne Auflagerung und weitgehende Verminderung der Fixpunkthöhen, bisweilen unter Verwendung von Vorspannkern. Die Rohrleitungen werden schon seit geraumer Zeit ausschließlich geschweißt, wobei der Qualität der Schweißarbeit und deren Kontrolle mit Röntgenstrahlen, Radioisotopen oder Ultraschall große Bedeutung zukommt. Zur Erhöhung der Lebensdauer der Rohrstränge sind, den Verhältnissen angepaßt, für die Innen- und Außenflächen Rostschutzbeläge entwickelt worden. Der Bau der Verteilleitungen hat in letzter Zeit in hydraulischer wie in statischer Hinsicht mit der Verwendung von Spezialstählen zu aufschlußreichen Erkenntnissen und neuen Konstruktionen geführt.

k) Der Ausgestaltung der Maschinenhäuser ist in den letzten 50 Jahren keine grundsätzliche Änderung widerfahren. Dagegen zeigen sich in der Disposition der einzelnen Räume und Einrichtungen oft wesentliche Umstellungen und Verbesserungen. Zur Erhöhung der Sicherheit der Anlagen, im Falle eines Bruches der Wasserzuleitung, werden die den Turbinen vorgelagerten Absperrschieber meistens in besonderen Räumen mit anschließenden Rohrbruchgraben oder -Stollen untergebracht. Der hydraulische Teil des Werkes erfährt damit eine klare Abgrenzung vom maschinellen und elektrischen. Hinsichtlich der Lage des Kommandoraumes bestehen zwei grundsätzlich voneinander verschiedene Auffassungen, einerseits die Forderung der direkten Sichtverbindung mit dem Maschinensaal und eventuell auch der Freiluftschaltanlage und andererseits die bewußte Trennung dieser Räume, so daß die Kommandostelle ausschließlich auf Grund von optischen und akustischen Signalen arbeitet. Mit der Vergrößerung der Maschinen, der Verfeinerung der Einrichtungen und unter Umständen auch wegen der Abgeschiedenheit des Kraftwerkes werden der Ausbau und die Ausrüstung der im Maschinenhaus eingegliederten Werkstatt ständig erweitert. Damit soll der Rücktransport von Maschinenteilen in das Lieferwerk für Revisionen oder Nacharbeiten unterbleiben können. Man ist bestrebt, die Nebenräume und Hilfseinrichtungen den Bedürfnissen des rationellsten Betriebes entsprechend anzuordnen und bei der Wahl der Baustoffe die Einfachheit und



Bild 15 Wasserfassung, Entsandungsanlage und Ausgleichbecken Motec der Kraftwerkgruppe Gougra im Val d'Anniviers

Zweckmäßigkeit in den Vordergrund zu stellen, gleichzeitig aber auch ökonomisch und ästhetisch befriedigend zu bauen.

Bei Platzmangel oder zur Erhöhung der Sicherheit vor Lawinen, Steinschlag, Hochwasser oder aus militärischen Gründen werden Maschinenhäuser oft unterirdisch in Kavernen oder Halbkavernen eingebaut. Die Liste solcher Bauwerke (Tabelle 5) umfaßt seit der Erstaussführung beim Kraftwerk Innertkirchen im Jahre 1943 in der Schweiz schon über 20 Anlagen. Es sind dabei bergmännisch ganz respektable Ausbruchkubaturen zur Ausführung gekommen, die den geologischen Verhältnissen des Gebirges entsprechende Baumethoden verlangten. Eine der größten Kavernen, Ferrera der Kraftwerke Hinterrhein, weist im Ausbruch folgende Dimensionen auf: 24 m Höhe, 29 m Breite, 143,5 m Länge. Die Form des Ausbruches richtet sich in erster Linie nach der Axlage und dem Typ der zur Aufstellung gelangenden Maschinengruppen. Um der allfälligen, nachträglichen Deformation des anstehenden Gebirges und damit der Verschiebung der Einbauten (z. B. Kranbahnen) entgegenzuwirken, müssen etwa Sicherungen mit vorgespannten Felsankern getroffen werden. Gegenüber dem freistehenden Maschinenhaus erfordert der Kavernenbau die Lösung einer Anzahl zusätzlicher Probleme, wie: Abdichtung bzw. Ableitung von Bergwasser, Klimatisierung und Entlüftung, Zugänge und Abführung der erzeugten Energie, je nach Ort der Aufstellung der Transformatoren und anderes mehr. In unseren Gesteinsverhältnissen ist meist eine vollständige Felsverkleidung oder die Gestaltung der Einbauten als unabhängiger Baukörper innerhalb des Ausbruchprofils erforderlich. Die Kostenfrage beim

Vergleich der freistehenden oder der Kavernenzentrale läßt sich nicht allgemein beantworten und muß von Fall zu Fall sehr eingehend untersucht werden. Anfängliche Bedenken hinsichtlich der Zulässigkeit des ständigen Aufenthaltes des Betriebspersonals in Kavernen sind auf Grund der vielen, langjährigen Erfahrungen hinfällig geworden.

1) Niederdruckanlagen. Die Entwicklung der Disposition der Kanal- und der Flußkraftwerke fand im wesentlichen frühzeitig einen gewissen Abschluß. Die Querstellung von Maschinenhaus und Wehr zur Flußrichtung, womit sich die direkte Anströmung des Wassers ohne Richtungswechsel ergab, kam erstmals beim Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt zur Ausführung. In diesem Werk gelangten 1930 die ersten großen Kaplan-turbinen mit je 30 000 kW-Leistung bei 314 m<sup>3</sup>/s Wasserdurchfluß und einer Drehzahl von 75 t/min zur Aufstellung. Die Dimensionen der mächtigen Maschinengruppe (Durchmesser des Turbinenlaufrades 7 m), zusammen mit der großräumigen Wasserzuleitung und den langen Saugkrümmern beherrschten den Maschinenhausquerschnitt und prägten eine Ausbildung, die seither mit wenig Änderungen für solche Anlagen typisch geblieben ist. Zur Verbesserung der Wirkungsgrade und für die Verminderung der Korrosionsgefahr infolge Kavitation, fand man später auf Grund von Modellversuchen noch bessere Formen des Saugkrümmers und die günstigste Höhenlage des Laufrades in bezug auf den maßgebenden Unterwasserspiegel.

Stärkere Wandlungen als die Maschinenhäuser weisen die Wehranlagen auf. Der Bau großer Schützen, von der einfachen Gleitschütze über die Doppelschützen verschiedenartiger Ausbildung, bis zur Haken- und

## Schweizerische Kavernenzentralen

Tabelle 5

Jahr der Inbetriebsetzung	Kraftwerk	Kavernenzentrale	Max. installierte Leistung	
			Generatoren MW (1000 kW)	Pumpen MW (1000 kW)
1943	Oberhasli	Innertkirchen	240	
1950	Lavey	Lavey	80	
1950	Oberhasli	Handeck II	120	
1950	Salanfe	Miéville	80	
1951	Calancasca	Roveredo	20	
1952	Simplon	Gondo (Halbkaverne)	35	
1953	Maggia	Verbano	100	
1954	Oberhasli	Grimsel	31	21
1955	Maggia	Cavergno	108	
1955	Maggia	Peccia	47	
1957	Grande Dixence	Fionnay	330	
1958	Mauvoisin	Fionnay	127	
1959	Lienne	Croix	54	
1960	Blenio	Biasca	280	
1960	Bergell	Castasegna	60	
1960	Grande Dixence	Nendaz	366	
1960	Göschenen	Göschenen	192	
im Bau	Blenio	Olivone	92	
im Bau	Hinterrhein	Ferrera	185	42
im Bau	Linth-Limmern	Tierfehd	276	38
im Bau	Misox	Soazza	80	
im Bau	Vorderrhein	Sedrun	150	

schließlich zur Sektorschütze, hat große Fortschritte zu verzeichnen. Insbesondere konnten mit rationelleren Konstruktionen und unter Verwendung von Sonderstahl die spezifischen Schützensgewichte auf etwa die Hälfte derjenigen früherer Ausführungen reduziert werden. Für die Sicherung der Flußschiffahrt ist die Regulierfähigkeit, besonders die Schnellbetätigung der beweglichen Stauorgane bei gleichzeitiger Wirkung der Stoppsteuerung der Turbinen eingeführt worden, um Sunk- und Schwallhöhen möglichst klein zu halten. Mit dem gleichen Ziel gelangten in einigen Kraftwerken (z. B.

Wildeg-Brugg) Wasserwiderstände zur Aufstellung, welche die freiwerdende elektrische Energie bei plötzlichen Abschaltungen unmittelbar in Wärme umwandeln, womit die Wasserspiegellagen im Ober- und Unterwasser kaum beeinflusst werden.

Den Bestrebungen des Natur- und Heimatschutzes folgend, suchte man die großen und gerade im Flachland oft hervorstechenden Hochbauten der Niederdruckwerke in die gegebene Silhouette der Landschaft unauffällig einzufügen. Bei den Wehren ist dies weitgehend gelungen, indem die Schützenantriebe in die Pfeiler ein-

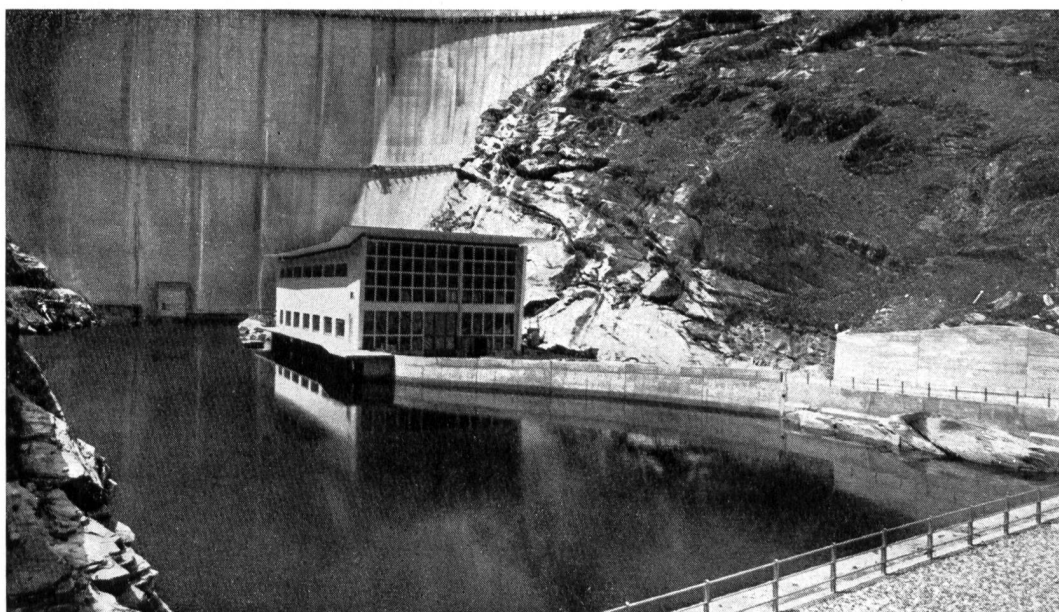


Bild 16 Seewerk Zervreila (Inbetriebnahme 1958) und Ausgleichweiher am Fuße der 150 m hohen Bogenstauammer Zervreila.

gebaut werden und so kaum über die Wehrbrücke aufragende Baukörper nötig machen. Die Hochbauten der Maschinenhäuser sind andernorts auch weggelassen und als sogenannte Deckel-, Pfeiler- und überflutbare Kraftwerke ausgebildet worden. Günstige Voraussetzungen für solcherart gedrängte Bautypen ergeben die Rohrturbinen. In diesen Belangen hat man in der Schweiz allerdings eine gewisse Zurückhaltung geübt, da die bisherigen betriebstechnischen Erfahrungen in ausländischen Anlagen nicht als unbedingt befriedigend angesehen wurden. Auch ließen sich die angegebenen finanziellen Vorteile dieser Neukonstruktionen nicht ohne weiteres nachweisen.

Die Wandlung, welche die architektonische Gestaltung von Hochbauten, somit auch der Maschinenhäuser und der dazugehörigen Dienst- und Wohngebäude in den letzten 50 Jahren durchmachte, ist so sinnfällig, daß der Hinweis auf einige typische Beispiele einzelner Zeitabschnitte genügt:

Chèvres (1896) bis Beznau (1902), Belegung der Gesimse, Lisenen und Fenstereinfassungen mit teilweise stark farbigen Hausteilverkleidungen.

Augst-Wyhlen (1912) bis Chancy-Pougny (1925), burgähnlicher Charakter mit hohen Dachstühlen und Türmen. Dazwischen Kallnach (1913) als ausgeprägter Eisenbetonbau.

Ryburg-Schwörstadt (1930) bis Verbois (1943). Betonung des sachlich Notwendigen.

In der neuesten Zeit sucht man durch individuelle Gestaltungen ansprechende Lösungen zu finden und große Baukörper möglichst aufgelockert in Erscheinung treten zu lassen (Kraftwerke Ernen und Birsfelden). Es sind auch moderne Vorschläge, ausgehend von den örtlichen Verhältnissen, zur Ausführung gelangt (Maschinenhäuser Seewerk, Safien und Rothenbrunnen der Kraftwerke Zervreila).

## 6. Der Mensch beim Kraftwerkbau

Der in jeder Beziehung sich immer rascher abwickelnde Gang unserer Tätigkeit und die Unrast unserer Zeit, beeinflussen selbstverständlich auch die Entstehung eines Kraftwerkes vom Moment der ersten Studien bis zur Inbetriebsetzung der Maschinen. Ist ein Baubeschluß erfolgt, so diktiert das zu Grunde gelegte Bauprogramm das Tempo der Ausführung. Wenn bauverzögernde Faktoren auftreten, wie ungünstige geologische Verhältnisse, Wasserschäden, notwendige Projektänderungen, Schwierigkeiten in der Beschaffung von Materialien und von geeignetem Personal und anderes mehr, so sucht man mit allen zu Gebote stehenden Mitteln, das vorgesehene Datum der Betriebseröffnung trotzdem einzuhalten. Die Auswirkungen des damit verbundenen Arbeitsaufwandes für die Beteiligten bei der gegenwärtigen Lage auf dem Arbeitsmarkt sind bekannt. Im Gesamten gesehen, dürfen die Arbeitsleistungen deshalb ganz allgemein als sehr hoch bezeichnet werden, wenn man immer wieder feststellen kann, daß selbst große Kraftwerke innerhalb von wenigen Jahren zur Vollendung gelangen. Dazu verhilft aber nicht nur die sorgfältige Projektierung und emsige Arbeitsausführung. Vorkehrungen, die dem Wohlergehen der Beteiligten, besonders auch auf den Baustellen zugutekommen, sind ebenso unerlässlich. Es betrifft dies:

— Pflege der Arbeits- und Unterkunftshygiene: Schutzkleider gegen Wasser und Körperverletzung, besondere Einrichtungen bei Arbeiten unter Tag (z. B. Ventilation), genügende und zweckmäßige Ernährung, gesunde und saubere Unterkünfte;

— Unfallverhütungsdienst, Versicherungen gegen Unfall und Krankheit, Sanitätsstellen und Werkspitäler;

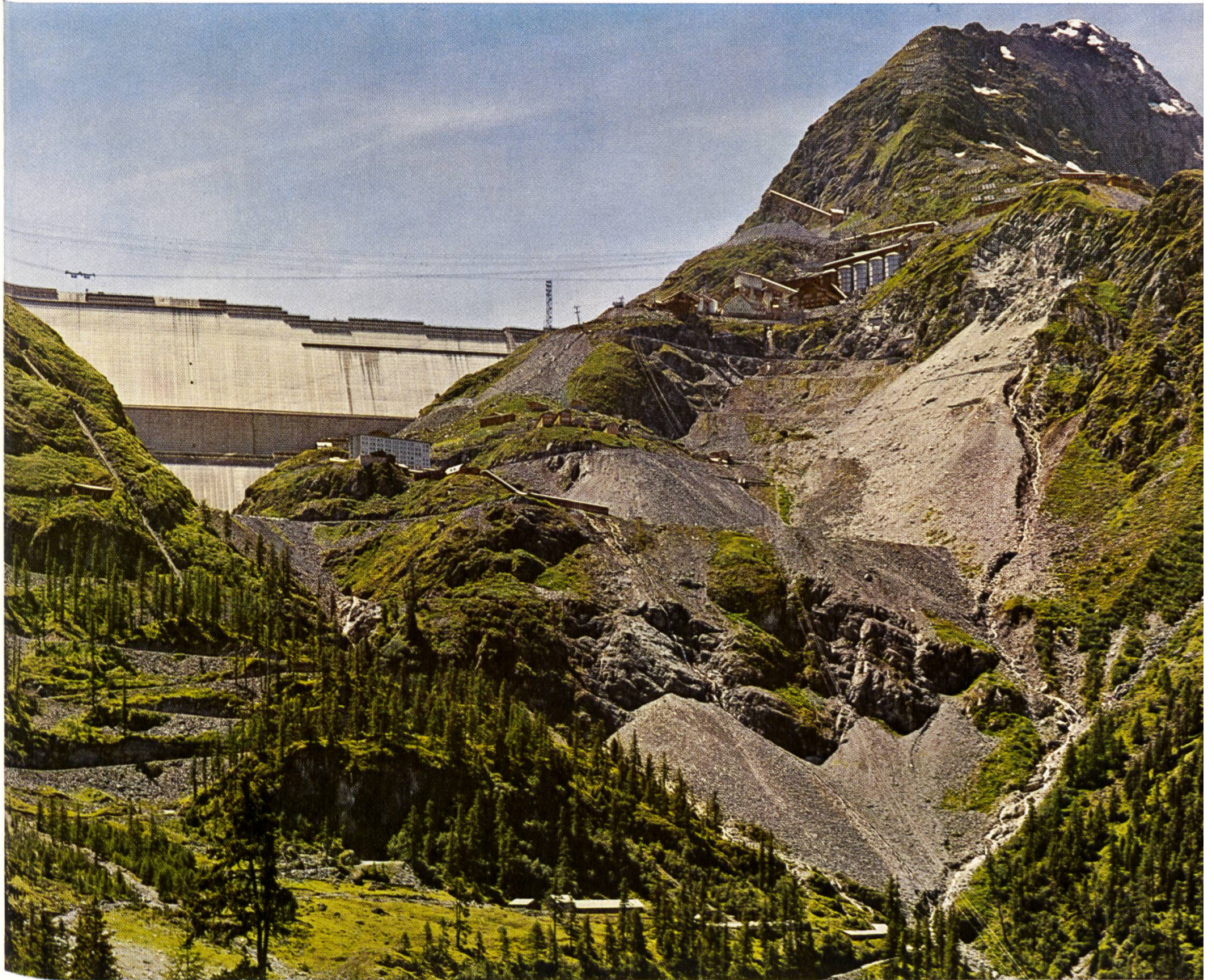
— Sozialeinrichtungen: Fürsorge und Seelsorge, Freizeitgestaltung (Bibliotheken, Spielplätze, Kino, Unterhaltung, Feste).

Auf allen diesen Gebieten wird, verglichen mit den Verhältnissen vor 50 Jahren, in anerkannter Weise außerordentlich viel getan. Die Früchte dieser Anstrengungen bleiben auch nicht aus. Beispielsweise ist der Ausfall an Arbeitsstunden auf den Baustellen infolge Unfall und Erkrankung, bezogen auf den totalen Arbeitsaufwand, erheblich zurückgegangen, und auch die Zahl der Todesopfer hat sich verhältnismäßig stark vermindert. Die enge Zusammenarbeit der SUVA mit verantwortungsbewußten Bauleitern, sowie die aktive Mitarbeit aller maßgebenden Organe der Unternehmungen haben nachweisbar schöne Erfolge gezeitigt. Ein gütiges Geschick hat es sogar gefügt, daß bei einem Kraftwerkbau, der drei Jahre dauerte, kein tödlicher Unfall vorgekommen ist. Es muß zweifellos das Anliegen aller Beteiligten sein, nicht nur technisch einwandfrei funktionierende, wirtschaftlich günstige und den berechtigten Forderungen von Natur- und Heimatschutz Rechnung tragende Anlagen zu erstellen, sondern diese auch unter rationellem Einsatz der menschlichen Arbeitskraft zu vollenden.

Das Bestreben, im Sinne des Schutzes von Natur und Heimat bei der Projektierung und dem Bau von Wasserkraftwerken das Zumutbare zu unternehmen, ist unter den Bauherrschaften und den projektierenden Ingenieuren zur Selbstverständlichkeit geworden. Bei Hochdruckanlagen sind es unter Umständen nur noch wenige Objekte, die in der freien Landschaft sichtbar sind; die meisten Bauteile können grundsätzlich unterirdisch erstellt werden. Allgemein wird mit geeigneten Anordnungen, günstigen Form- und Farbgebungen und zweckmäßigen Bepflanzungen, oder in Einzelfällen auch mit dem Einstau wenig bespülter Flußstrecken den ästhetischen Bedürfnissen Rechnung getragen. Selbstverständlich ist es nicht möglich, die für die Gewinnung der elektrischen Energie erforderlichen Bauten und Einrichtungen ohne Eingriffe in die gegebene Landschaft zu errichten. Lassen diese aber nicht ein kleines Opfer als tragbar erscheinen, wenn man bedenkt, wie weitgehend die verfügbare elektrische Energie die mannigfaltigsten Bedürfnisse und Wünsche unseres modernen Lebens befriedigen kann?

## Bilder

- 5 Fliegeraufnahme Ad Astra Aero AG
- 7 Photo B. Hermanjeat
- 10 Photo G. A. Töndury
- 11, 12 Photos A. Welti-Furrer AG
- 14 Photo E. Stambach
- 15 Photo E. Brügger
- 16 H. Rostetter



Die auf 2300 m Meereshöhe gelegene, in weit fortgeschrittenem Bauzustand stehende Staumauer Grande Dixence im Kanton Wallis; sie wird nach Vollendung mit 284 m die höchste Staumauer der Welt sein (Photo M. Germond, Lausanne, vom Juli 1960)