

# Das Bannalpwerk des Kantons Nidwalden

Autor(en): **A.B.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **107/108 (1936)**

Heft 8

PDF erstellt am: **27.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-48252>

## **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: Das Bannalpwerk des Kantons Nidwalden. — Aufbau und Wirkung von Heisswasser-Heizungen. — Zur Frage der Arbeitsbeschaffung. — Rostgefahr bei Eisen-Beton-Verbundbauweise. — Diepoldsauer Durchstich und Rheinregulierung. — Mitteilungen: Die Teer- und Asphalt-papierfabrikation. Holzhaltige Leichtbauplatten. Architektonische Stadtplan-Führer. Winkelübertreibung einer Radialturbine. Funkepeilanlage in Lübdorf. Grundsätzliche Fragen zum Betonstrassenbau. Staudamm des

Staubeckens an der Malapane bei Turawa, Oberschlesien. Schweiz. Tonfilm-atelier. Günstige Wirtschaftslage Englands. Technischer Arbeitsdienst. — Wettbewerbe: Solothurnische Station für Heilerziehung. Gestaltung der Hochbauten auf dem Theater- und Kasinoplatz in Bern. Freibadanlage im Allemoos in Zürich. — Nekrologe: G. Grob. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — S. I. A.-Fachgruppe für Stahl und Eisenbetonbau. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 107

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 8

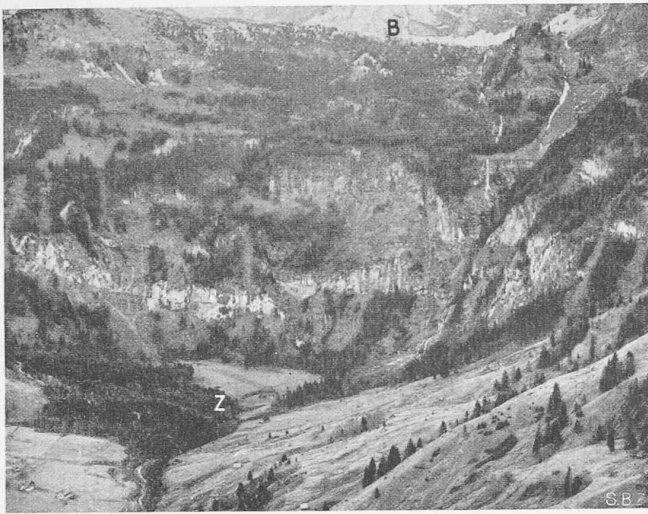


Abb. 2. Talstufe Bannalp (B) - Oberrickenbach (Z Zentrale), gegen Süden.



Abb. 3. Blick über die Bannalp (Dammbaustelle), nach Westen.

## Das Bannalpwerk des Kantons Nidwalden.

[Vorbemerkung der Redaktion. Die Tatsache, dass diese Wasserkraftanlage, trotz aller von fachmännischen Seiten in bau- und betriebswirtschaftlicher, sowie in finanzieller Hinsicht seit Jahren geltend gemachten Bedenken und erhobenen Warnungen (vgl. z. B. Gutachten Dr. J. Büchi u. Prof. Dr. W. Wyssling im «S. E. V.-Bulletin» 1934, Nr. 7, Seite 162), durch den Willen des Nidwaldner Volkes doch in Angriff genommen worden ist, veranlasst uns, seine hydrologischen und baulichen Verhältnisse anhand des Bauprojektes hier darzustellen. Text und Unterlagen verdanken wir dem Bauleiter Dipl. Ing. A. Biveroni, Bevers, und Masch.-Ing. A. L. Cafilisch, Zürich (die betr. Textabschnitte sind jeweils mit deren Initialen ge-

kennzeichnet). In der Uebersichtskarte, Abb. 1, haben wir (lt. «S. W. u. E.» 1934, Nr. 6) noch eine topographisch mögliche zweite, untere Stufe angedeutet. Dieses Werk würde bei einer Fassung auf 830 m. ü. M. ein Einzugsgebiet von rund 20 km<sup>2</sup> erhalten und als Laufwerk mit 1,1 m<sup>3</sup>/sec und 300 m Gefälle in einer Zentrale Wolfenschieszen etwa 3500 PS liefern können, bezw. eine Jahresleistung von vorläufig rund 7,5 Millionen kWh aufweisen.

Was das Bannalpbecken betrifft, wird als Hauptbedenken beim Abschlussdamm die Schwierigkeit zuverlässiger Ausführung des dichtenden Lehmkerns im fast 40 m tiefen, mit Holzeinbau zu sichernden Schlitz im Gehängeschutt der linken Talseite (Abb. 7) geltend gemacht. Ein früheres Projekt sah als Dichtungskern eine schlanke Betonwand mit vorgesetztem Lehmkern vor. Als Experte für den Dammbau ist von Bundesrat und Regierungsrat Ing. Dr. h. c. H. E. Gruner (Basel) mit der Oberaufsicht beauftragt worden.]

**Wasserhaushalt und Energieproduktion.** Das topographische Einzugsgebiet des Bannalp-baches (Abb. 1) bis zur Stelle des Staudammes beträgt 8,16 km<sup>2</sup>. Ein Teil des Niederschlages in dieses Einzugsgebiet wird aber infolge der Schichtung des Gesteins der Wallenstöcke nach dem benachbarten Einzugsgebiet der Engelberger Aa westlich abgeleitet, sodass das wirksame Einzugsgebiet des Bannalp-baches nur eine Fläche von rd. 5,5 km<sup>2</sup> umfasst.

Für die Vornahme von Messungen der Abflussmengen des Bannalp-baches wurde durch das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft (E. A. f. W.) Anfang Oktober 1930 beim Ausfluss des Baches aus dem Bannalpbecken ein Linnigraph erstellt und in der Folge durch Flügelmessungen bei verschiedenen Wasserständen geeicht. Infolge Inangriffnahme der Bauten musste dieser Linnigraph im Juli 1935 entfernt werden. Man verfügt somit für die wasserwirtschaftlichen Berechnungen nur über die Ergebnisse von amtlichen Messungen der Abflussmengen während 4 3/4 Jahren, worin allerdings fünf hydrologische Winterhalbjahre enthalten sind. Da im Allgemeinen eine so kurze Messperiode nicht zur Erfassung der maximalen Schwankungen des Abflusses eines Einzugsgebietes ausreicht, wurde zu möglicher Erweiterung der Kenntnis der hydrologischen Verhältnisse des Bannalp-baches auf das benachbarte Gebiet der Engelberger Aa gegriffen, deren Abflussmengen seit 1917/18 durch die etwa 3 km unterhalb Wolfenschieszen gelegene Linnigraphenstation Büren durch das E. A. f. W. festgestellt werden. Verglichen wurden nur die Messergebnisse der Winterhalbjahre, da im Sommer auf Bannalp genügend Wasser vorhanden ist



Abb. 1. Uebersichtskarte 1 : 60000. — Bewill. d. Eidg. Landestop. 31. I. 36. Das geologische (wirksame) Bannalp-Einzugsgebiet beträgt nur 5,5 km<sup>2</sup>.

und demzufolge ein Vergleich auf Basis des gesamten Jahresabflusses zu günstigen Resultate ergeben müsste.

Das Mittel des Abflusses von Bannalp über die hydrologischen Winterhalbjahre 1930/31 bis 1934/35 beträgt  $1\,178\,496\text{ m}^3$ . Das Verhältnis aus dem Mittel der Winterabflüsse der gleichen Jahre zu jenem der Jahre 1917/18 bis 1934/35 der Engelberger Aa errechnet sich zu  $0,954$ , sodass für ein mittleres Jahr die Abflussmenge von Bannalp  $1\,235\,320\text{ m}^3$  betragen dürfte. Die Betrachtung der Winterwassermengen der Engelberger Aa über die genannte Periode ergibt die wichtige Feststellung, dass in die fünfjährige Messzeit das abflussreichste Jahr, nämlich 1930/31, aber auch, mit Ausnahme des ausserordentlich trockenen Jahres 1920/21, das trockenste Jahr, nämlich 1931/32 fallen. Das Mittel der Winterabflussmengen dieser beiden extremen Jahre beträgt  $1\,231\,460\text{ m}^3$ , steht also in guter Uebereinstimmung mit dem oben errechneten Wert. Nach den Abflussmengen der Engelberger Aa ergibt sich ferner, dass die Abflussmenge eines massgebenden Jahres, die sich alle drei bis vier Jahre einstellt, rd.  $80\%$  der mittleren Abflussmenge beträgt.

Der im Stausee Bannalp enthaltene nutzbare Inhalt bestimmt sich nach Abzug von reichlich bemessenen Beträgen für Versickerung, Verdunstung und Eisbildung zu  $1\,300\,000\text{ m}^3$ . Unter Berücksichtigung dieses verfügbaren Stauinhaltes, der jeweiligen Dauer der Wasserklemmen über die Winter und des der jeweiligen Wassermenge entsprechenden Arbeitswerte seines Kubikmeters Wasser ergibt sich als Mittel aus den fünf Jahren eine über das ganze Jahr konstante Energiemenge von  $6\,468\,550\text{ kWh}$  und eine im massgebenden Jahre verfügbare Energiemenge von  $5\,174\,840\text{ kWh}$ . An konsumangepasster Energie sind vorhanden  $5\,821\,700\text{ kWh}$  in einem mittleren und  $4\,657\,350\text{ kWh}$  in einem massgebenden Jahr. Als Grenzwerte normaler Jahre dürfen gemäss der obigen Feststellung die Ergebnisse der beiden Jahre 1930/31 und 1931/32 gelten mit  $6\,231\,560$  bzw.  $4\,462\,780\text{ kWh}$  an konsumangepasster Energie.

A. L. C.

Das durch den Kanton Nidwalden zu erstellende, der Eigenversorgung mit elektrischer Energie dienende Werk nützt die Wasserkraft des Seklisbaches, der oberhalb Wolfenschiessen in die Engelbergeraue mündet, von der Bannalp bis Oberrickenbach in einer Gefällstufe von rd.  $700\text{ m}$  aus (Abb. 1 bis 3). Die Talmulde der Bannalp am Nordfusse der Wallenstöcke wird vor dem Steilabsturz durch einen geschütteten Erddamm abgeschlossen, dessen Krone an der höchsten Stelle rd.  $19\text{ m}$  über dem Talboden auf Kote  $1588,0$  liegt (Abb. 6 und 7). Das dadurch entstehende Staubecken mit der normalen Stauhöhe von  $1585,0$  hat einen nutzbaren Stauinhalt von  $1,3$  Millionen  $\text{m}^3$ . Die tiefste Absenkung ist auf Kote  $1570,0$  angenommen; die grösste Spiegelschwankung beträgt somit  $15\text{ m}$ . Die Anzapfung des Staubeckens erfolgt auf der rechten Talseite durch einen kreisrunden Druckstollen von  $1,80\text{ m}$  lichtigem Durchmesser auf Kote  $1568,0$ . Dieser durchfährt den nördlichen Felsrücken in einer Gesamtlänge von  $242\text{ m}$ . Vom Ende des Stollens führt die Druckleitung nach der Zentrale (bei Z in Abb. 2) bei Oberrickenbach.

**Staubecken Bannalp.** Die auf  $1570\text{ m}$  ü. M. gelegene natürliche Talmulde der Bannalp weist eine mittlere Länge von etwa  $500\text{ m}$  und eine Breite von etwa  $250\text{ m}$  auf. Der nahezu ebene Talboden besteht vorzugsweise aus sumpfigem Weidland, von einer Anzahl Gräben durchzogen, die die am Rande aufstossenden Quellen dem Hauptbach zuführen. Die linke Seite der Mulde wird durch Schutthalden gebildet, während auf der rechten Seite fast durchgehend Kalkfelsen, teilweise mit einer dünnen Humusschicht bedeckt, anstehen. Etwa  $90\text{ m}$  unterhalb der Staustelle taucht der Felsuntergrund aus



Abb. 4. Ansicht der linksufrigen Schutthalde (mit der Dammaxe).

dem Talboden herauf und bildet eine Schwelle, über die sich der Bannalpbach, wie der obere Teil des Seklisbaches heisst, in steilem Absturz gegen Ober-Rickenbach ergiesst (Abb. 2).

Prof. Dr. M. Lugeon, dem ich in den Ausführungen über die geologischen Verhältnisse im Wesentlichen folge, erblickt im Talkessel von Bannalp eine durch Gletscher-Erosion entstandene Untertiefung, die durch eine Ueberlagerung von Grundmoräne wasserdicht abgedeckt ist. Zahlreiche Grundwasseraufstösse am Beckenrand auf dem Niveau des Alluvialbodens lassen auf die Dichtigkeit des Beckens schliessen. Die Felsunterlage des Beckens senkt sich bachaufwärts und erreicht vermutlich ungefähr in der Mitte des Alluvialbodens der Bannalp die grösste Tiefe. Durch eine Anzahl Tiefbohrungen in der Dammaxe und durch den Entwässerungsschacht zum Vorflutstollen hat man unter dem Bachgeschiebe, das die Ebene bildet, dicht gelagertes moräneartiges Material gefunden, das auf der Felsunterlage aufliegt, die von oben nach unten aus Valangienmergel, Valangienkalk und Kieselkalk besteht. Auf dem die rechte Talseite bildenden Felsrücken ist der Valangienkalk anstehend, dessen Abdichtung jedoch keine besonderen Schwierigkeiten bieten wird. Eine an dieser Stelle durchgehende,

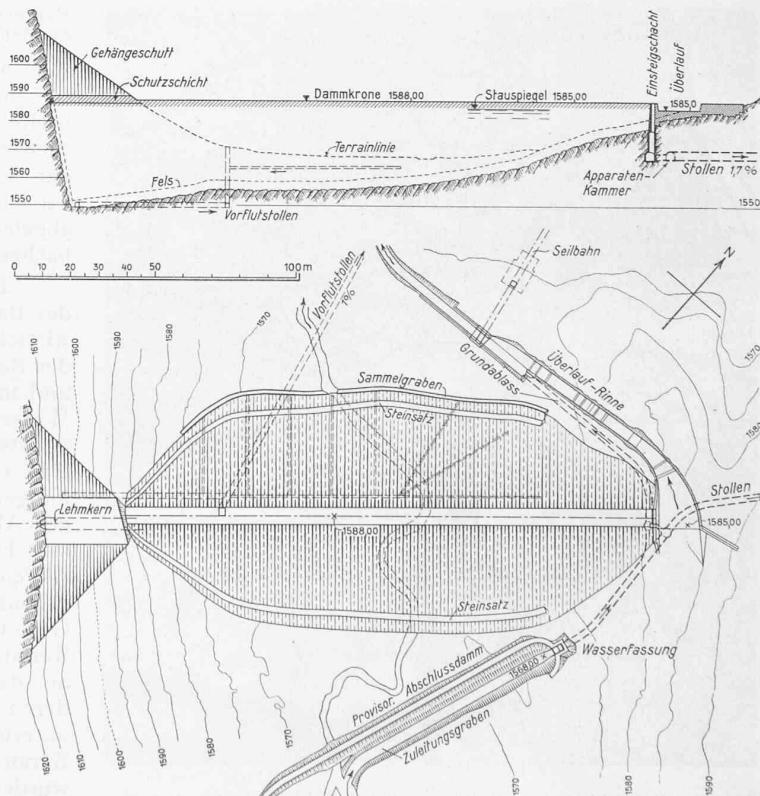


Abb. 6. Längsschnitt und Grundriss des Dammes mit Dichtungsschlitz. — 1 : 2500.

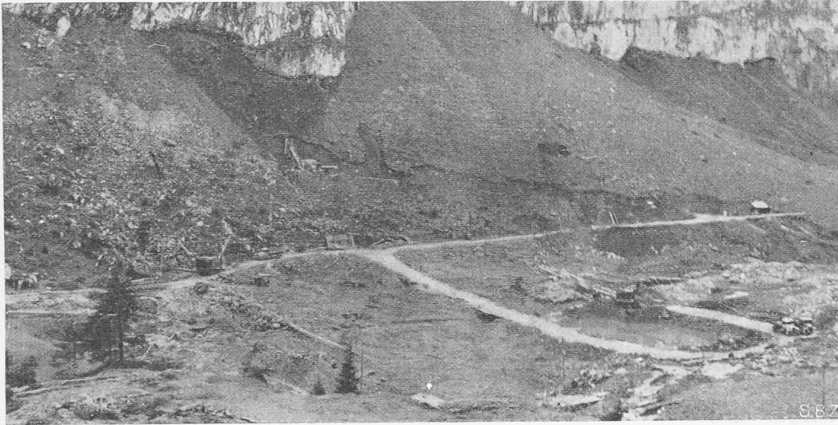


Abb. 5. Ansicht der Dammbaustelle aus Osten, bei Beginn der Arbeiten (Herbst 1935).

an der Oberfläche eine Breite von einigen Metern aufweisende Verwerfung wurde durch den Vortrieb des Druckstollens 20 m unter der Oberfläche aufgeschlossen. In dieser Tiefe ist die mit Lehm und Steinblöcken aufgefüllte Verwerfungskluft nur noch etwa 70 cm breit, sodass angenommen werden kann, dass sie sich in erreichbarer Tiefe schliesst.

Die linke Talflanke bildet eine wasserdurchlässige Schutthalde am Fusse der steilen Felswand der Oberfeld-Alp (Abb. 3 bis 5). Die Felswand selber bezeichnen die Geologen als undurchlässig. Es ergibt sich also die Wahrscheinlichkeit, dass nur die Zone des Valangienkalkes am rechtsufrigen Felsrücken, wo die darüberliegende Valangien-Mergelschicht auf einer Länge von etwa 150 m durch Gletschererosion abgetragen worden ist, als wasserdurchlässig zu betrachten ist. Hier sind ausgedehnte Tiefbohrungen und Zementinjektionen vorgesehen, die als Dichtungsschürze bis auf die Kieselkalkschichten hinunterzutreiben sind. Die schon erwähnte Verwerfung soll auf einige Meter ausgeräumt und ausbetoniert werden. Zudem ist vorgesehen, der Verwerfung folgend einen Schacht soweit abzuteufen, bis sich die Verwerfung schliesst. Von diesem Schacht aus werden die Flanken der Verwerfungskluft injiziert, worauf der Schacht mit einem Betonpfropfen abgedichtet wird. Die bisherigen Aufschlüsse des Felsuntergrundes durch die beiden Stollen berechtigen zur Annahme, dass tiefere Erosionsrinnen, die den Tiefbohrungen entgangen wären, nicht vorhanden sind. Abgesehen von einer oberflächlichen Verwitterungsschicht zeigt der Felsen in diesen Stollen eine bemerkenswerte Undurchlässigkeit. In seinem Bericht über den letzten Besuch der Baustelle resümiert Prof. Lugeon wie folgt: „Les travaux en cours pour le barrage de la Bannalp se présentent, du point de

vue géologique, aussi bien que possible. Aucune surprise, contraire aux prévisions, n'a été rencontrée jusqu'à ce jour.“

**Staudamm mit Ueberlauf und Grundablass.** Für die Wahl eines geschütteten Erddammes als Abschlussbauwerk waren die Untergrundverhältnisse ausschlaggebend. Der tiefen Lage der Felsschichten unter der Schutthalde am linken Talhang wegen hätte die Anlage einer gemauerten Sperre unverhältnismässig hohe Kosten verursacht. Zudem ist in der Nähe der Baustelle geeignetes Kies- und Sand-Material nur in beschränkter Masse vorhanden.

Der geradlinige Staudamm besteht aus einer Materialschüttung mit einem Dichtungskern aus gestampftem Lehm (Abb. 6 und 7). Die Firstlinie der Dammkrone liegt auf Kote 1588,0, d. h. 3,0 m höher als der normale Stauspiegel; die Kronenbreite beträgt 6,0 m. Die wasserseitige Dammböschung hat im oberen Teil eine Neigung von 1 : 2, im unteren Teil 1 : 2,25. Zur Sicherung der Böschung gegen Wellenschlag und gegen Beschädigungen durch Eisbildung wird sie mit einer Steinrollierung abgedeckt. Die luftseitige Böschung erhält eine durchgehende Neigung von 1 : 2 und wird humusiert. Der Dammfuss ist sowohl luft- als auch wasserseitig durch einen kräftigen Steinsatz gesichert.

Der Dichtungskern aus Lehm wird durchgehends in einem 4,0 m breiten Schlitz in die Felsunterlage eingebunden. An der Oberfläche des tragfähigen Bodens ist die Lehmstärke je nach der Höhe des Dammes verschieden und beträgt im Maximum 5,50 m. Bis Kronenhöhe verjüngt sich der Kern auf 2,50 m. In der Schutthalde erfolgt die Ausführung des hier 4,0 m starken Lehmkerns in einem geböztten Schlitz (Abb. 7, rechts). Für die Erstellung des Lehmkerns steht auf Bannalp im hinteren Teil des Beckens ein durch Sondierungen festgestelltes, ausgedehntes Lehmlager von vorzüglicher Qualität zur Verfügung. Die beidseitige Schutzschicht besteht aus feinkörnigem Kies- und Sandmaterial, das gleichzeitig mit dem Lehmkern eingestampft wird; sie hat die Aufgabe, den Lehmkern derartig zu ummanteln, dass er nicht in die anschliessenden Schichten sich einpressen kann. Für die wasserseitige Anschüttung wird, mit Ausnahme von Humus, Lehm und Steinen von über 150 mm Korngrösse, alles Aushubmaterial zugelassen. Für die luftseitige Anschüttung dagegen, die als eigentlicher Tragkörper anzusehen ist, wird durchlässiges Material in gleichmässiger Mischung, Korngrösse 5 ÷ 150 mm vorgeschrieben. Sämtliche Anschüttungen werden in Schichten eingestampft oder eingewalzt.

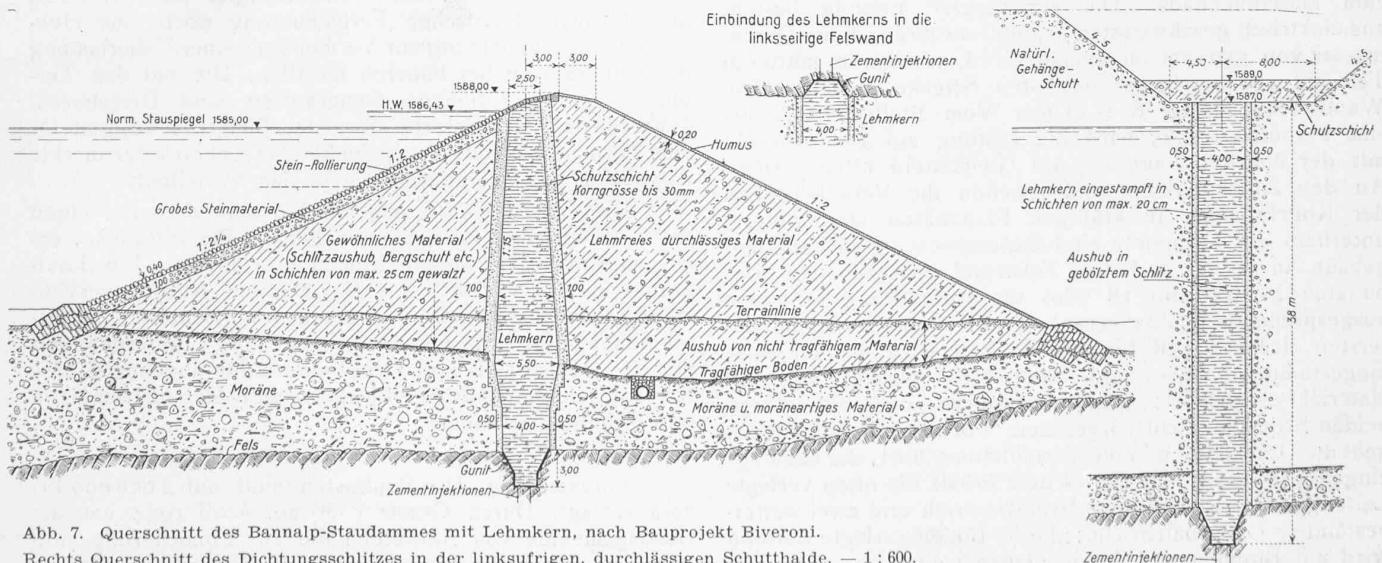


Abb. 7. Querschnitt des Bannalp-Staudammes mit Lehmkern, nach Bauprojekt Biveroni. Rechts Querschnitt des Dichtungsschlitzes in der linksufrigen, durchlässigen Schutthalde. — 1 : 600.

Die luftseitige Fundamentfläche wird durch ein System von Röhren und Schächten sehr gründlich entwässert. Zur Entwässerung des Schlitzes für den Lehmern dient der vom Bach bis zum tiefsten Punkt der Fundamentgrube vorgetriebene, 170 m lange Vorflutstollen. Während der Bauausführung des Staudammes muss der Bach umgeleitet werden. Diesem Zwecke dient ein provisorischer Abschlussdamm und der am rechten Talhang angelegte Grundablassstollen, der, wie wir später sehen werden, gleichzeitig für die Fassung des Triebwassers verwendet wird. Er mündet in die Ablaufrinne des Ueberlaufs. Die in der Apparatenkammer untergebrachten Abschlussorgane sind von der Dammkrone aus durch einen senkrechten Schacht zugänglich. Beim Anschluss des Staudammes an den rechtsseitigen Felsrücken liegt der 15,0 m breite Ueberlauf. Für seine Bemessung war die Bedingung massgebend, dass ein Ueberfluten der Dammkrone unter allen Umständen ausgeschlossen sein muss. Die Breite des Ueberlaufes war ursprünglich mit 10 m angenommen worden; gestützt auf die Beobachtungen, die im Herbst 1934 anlässlich der Unwetterkatastrophe in der Innerschweiz gemacht wurden, hat das Eidg. Oberbauinspektorat die Erweiterung auf 15,0 m vorgeschrieben, in der Annahme, dass mit einer mehrstündigen Hochwasserzuflussmenge zum Stausee von  $65 \text{ m}^3 \text{ pro sec}$  oder  $8 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$  gerechnet werden müsse. Bei geeigneter Formgebung der Ueberlaufkrone kann eine Wassermenge von  $60 \text{ m}^3/\text{sec}$  abgeführt werden, wobei sich der Seespiegel nur um 1,43 m erhöht. Bis zur Dammkrone verbleibt also auch bei einem solchen ganz aussergewöhnlichen Hochwasser immer noch ein Schutzraum von mehr als 1,50 m Höhe.

**Wasserfassung.** Wie schon erwähnt, bildet der Grundablassstollen, dem ein Grobrechen vorgesetzt ist, gleichzeitig die Fassung für das Aufschlagwasser. In der Apparatenkammer wird das Wasser dem Grundablassstollen durch ein 800 mm weites eisernes Rohr entnommen und dem Druckstollen zugeführt. In diesem Rohr sind ein Keilschieber mit Handantrieb und eine automatisch wirkende Drosselklappe von 100 mm  $\varnothing$  als Abschlussorgane eingebaut; die Klappe kann auch mittels elektrischer Fernbetätigung von der Zentrale aus geschlossen werden. Ein kurzer Quergang verbindet diese Kammer mit der Apparatenkammer des Grundablasses.

**Der Druckstollen** durchfährt den Felsrücken der Talseite in nordöstlicher Richtung (Abb. 8). Die Gesamtlänge von der Apparatenkammer bis zum Uebergang zur Druckleitung beträgt 185 m, wovon 155 m im Gefälle von 17,17 ‰ und 30 m im Gefälle von 580 ‰ liegen. Die 15 cm starke Betonverkleidung erhält einen armierten, glattgestrichenen, 8 cm starken Gunitüberzug. Den Uebergang zur Druckleitung bildet ein konisches Eisenrohr 1500/550 mm.

**Die Druckleitung** führt über den steilen Felsabsturz, der den Talkessel hinter Oberrickenbach abschliesst (Abb. 2), zum Maschinenhaus. Die einsträngige Leitung besteht aus elektrisch geschweissten Stahlblechröhren, deren Durchmesser von 550 mm im obersten Teil, 500 mm im mittleren Teil auf 450 mm in der untersten Strecke abnimmt. Die Wandstärke beträgt 6–21 mm. Vom Stollenaustritt bis zum Fixpunkt No. 17 wird die Leitung auf Betonsockeln mit der üblichen Lagerung auf Gleitsätteln offen verlegt. An den Knickpunkten sind jeweils die Verankerungen der Rohrkrümmen in kräftigen Fixpunkten einbetoniert; unterhalb der Fixpunkte sind Expansionsstopfbüchsen eingebaut. In der 65 m hohen Felswand zwischen den Fixpunkten No. 17 und 18 wird die Rohrleitung in einem ausgesprengten Schlitz verankert und einbetoniert, im untersten flachern Teil bis zur Zentrale wird sie auf einer eingestampften Kies- und Sandschicht verlegt und mit Material eingedeckt; Expansionsstücke sind auf diesen beiden Strecken nicht vorgesehen. Vor dem Maschinenhaus geht die Druckleitung in die Verteilleitung über, die ebenfalls eingegraben wird. Als Rostschutz erhält die offen verlegte Leitung einen Bleimennige-Grundanstrich und zwei wetterbeständige Oelfarbanstriche; die im Boden verlegte Leitung wird mit Bitumen und Jutebandagen isoliert. A. B.

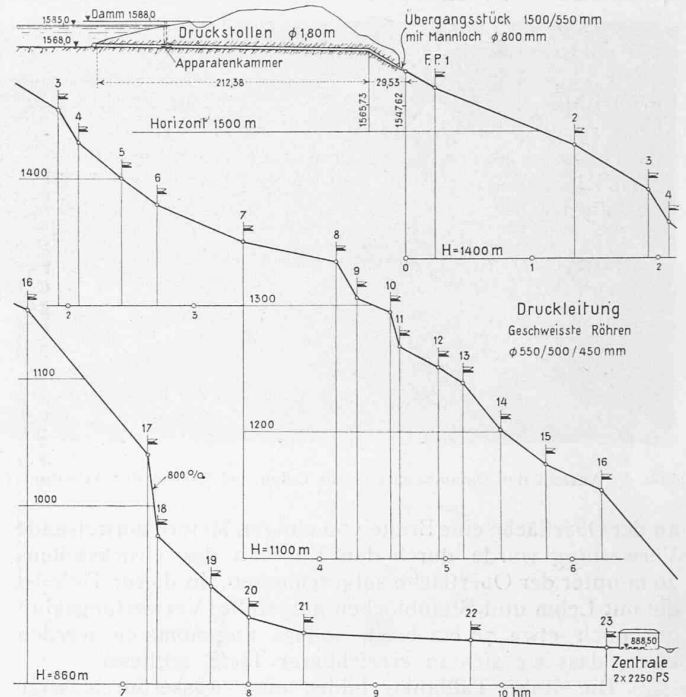


Abb. 8. Druckleitung des Bannalpwerks. — 1:5500 (nicht überhöht).

**Zentrale und maschinelle Einrichtungen.** Die maschinellen Einrichtungen der Anlage, die in dem Maschinenhaus von rd. 25 m Länge und 10 m Breite untergebracht werden, umfassen im ersten Ausbau zwei Maschinengruppen von je 1500 kW nomineller Leistung ab Generator; bei einem später zu erstellenden zweiten Ausbau kann eine weitere Gruppe angeschlossen werden, deren Leistung je nach den inzwischen gemachten Erfahrungen bis zu 3000 kW bemessen werden kann.

Das Aufschlagwasser wird von dem am unteren Ende der Druckleitung befindlichen Hauptabsperreschieber von 450 mm l. W. durch eine in den Boden verlegte Verteilleitung den Turbinen zugeführt. Sie wird im ersten Ausbau nur für den Anschluss von zwei Einheiten erstellt, mit Anschlussmöglichkeit für die dritte grössere Einheit. Die Maschinengruppen sind in horizontaler dreilagiger Anordnung vorgesehen, wobei die Turbinen nur ein Lager erhalten. Diese sind eindüsige Freistrahlturbinen mit kombinierter Nadel- und Ablenkerregulierung. Sie sind berechnet für die Abgabe der nominellen Leistung von 1500 kW bei 1000 U/min und bei dem sich bei Vollbelastung der Anlage von 4500 kW einstellenden Nettogefälle von 611 m; bei Betrieb mit nur einer Gruppe wird sich ein Nettogefälle von 685 m einstellen. Die Oeldruckregler erhalten nebst der üblichen elektrischen Fernsteuerung noch eine Hubbegrenzungsvorrichtung zur Vermeidung einer Ueberlastung der Generatoren bei höheren Gefällen. Die mit den Turbinen starr gekuppelten Generatoren sind Dreiphasen-Wechselstrom-Generatoren normaler Bauart, berechnet für eine normale Leistung von 1500 kW bei 11 000 V für direkte Abgabe der erzeugten Energie in das Verteilnetz.

Die Maschinengruppen werden mit den für einen halbautomatischen Betrieb notwendigen Einrichtungen, sowie den üblichen Messinstrumenten versehen. Ein Laufkran von 7 t Tragkraft mit elektrischem Antrieb vervollständigt die maschinelle Ausrüstung der Zentrale. Im Maschinenhaus wird ferner eine Schaltanlage untergebracht mit drei Maschinen- und zwei Feldern für abgehende Leitungen, mit den nötigen Betriebs- und Messinstrumenten und Schalteinrichtungen. A. L. C.

**Finanzierung.** Die Baukosten sind auf 4 000 000 Fr. veranschlagt. Durch Gesetz vom 29. April 1934 hat die Landsgemeinde von Nidwalden die zur Finanzierung notwendige gesetzliche Grundlage geschaffen; dessen Art. 1,

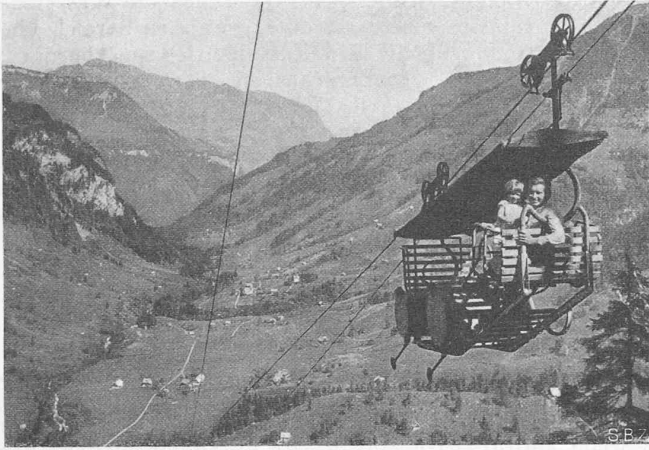


Abb. 9. Tiefblick talauswärts auf Oberrickenbach, mit der Personen-Schwebbahn Oberrickenbach-Bannalp. (Phot. E. Goetz, Luzern.)

al. 3 bestimmt: „Die Landsgemeinde bewilligt für die Finanzierung dieser Zwecke die Aufnahme eines vom Kanton garantierten Anleihe im Höchstbetrage von 4,2 Millionen Franken“. — In seiner Sitzung vom 1. Juli 1935 beschloss der Landrat den Baubeginn und in der nächstfolgenden Sitzung (vom 12. Juli) beauftragte er den Regierungsrat, in Verbindung mit der Baukommission die Finanzierung

in die Wege zu leiten. Anfangs September gelangten vom Kanton garantierte und überdies durch den gesamten Grundbesitz nebst allen Gebäulichkeiten und Anlagen des sich im Bau befindenden Werkes durch eine Grundpfandverschreibung sichergestellte Schuldverschreibungen zur Ausgabe. Für die Zeichnung wurde keine Frist gesetzt, weshalb Einzahlungen fortlaufend erfolgen können. Diese Art der Finanzierung hat sich gut bewährt. Der Kanton Nidwalden als ein Kanton mit absolut geordneten finanziellen Verhältnissen genießt volles Vertrauen, was daraus hervorgeht, dass die Zeichnungen einen durchaus befriedigenden Erfolg aufweisen. A. B.

Dieser Darstellung fügen wir in Abb. 9 noch ein Landschaftsbildchen bei mit der bestehenden, von Herrn Reg.-Rat Remigi Niederberger, «Drahtseilbauer» in Dallenwil, erstellten Schwebbahn auf die Höhe der Bannalp (Schindelboden). Mit rund 1200 m schiefer Länge überwindet sie in einer Spannweite etwa 450 m Höhe, und zwar in einer Fahrzeit von nur etwa 120 bis 80 sec. d. h. mit der unglaublichen mittlern Geschwindigkeit von 10 bis 15 m/sec.! Es ist eine Seilbahn mit Wasserballast (die beiden Fässer unter den Sitzen fassen 500 l), je einem Trage-seil, ohne Fangbremse bei allfälligem Bruch des einfachen Zugseils; die Geschwindigkeit wird nach Bedarf und Wunsch mittels Bandbremse an den Umlenkrollen von Hand geregelt. Dass die Benutzer dieser luftigen Einrichtung das dazu nötige Gottvertrauen besitzen, sieht man ihren sorglos-fröhlichen Gesichtern an. Mit gleicher Zuversicht folgte das Nidwaldner Volk auch dem feurigen Führer seines Bannalpwerkes, Herrn Kaplan Vokinger, in das gewagte, nunmehr im Gange befindliche Unternehmen der Selbstversorgung mit elektrischer Energie. Möge es nicht enttäuscht werden! Red.

## Aufbau und Wirkung von Heisswasser-Heizungen.

Von Dipl. Ing. W. GOLDSTERN, VDI, München.

[Nachdem hier schon öfters<sup>1)</sup> auf ausgeführte Heisswasser-Heizanlagen hingewiesen und als bemerkenswertes Beispiel einer solchen das Fernheizkraftwerk der E. T. H. Zürich ausführlich beschrieben worden ist<sup>2)</sup>, folgt nachstehend eine grundsätzliche Erörterung der für den Entwurf einer Heisswasser-Heizung massgebenden Gesichtspunkte. Red.]

1. *Einführung.* Untersuchungen und Erfahrungen aus den letzten Jahren haben gezeigt, dass in einem gewissen Anwendungsbereich die Wärmeversorgung von Raum- und Apparateheizungen ebensogut mittels *Heisswasser*, also Wasser unter Druck mit Temperaturen über 100°C, wie mit Dampf erfolgen kann; zum Teil sind sogar ganz erhebliche wirtschaftliche und betriebliche Vorteile beim Uebergang von Dampf auf Heisswasser zu erzielen. Seitdem sind eine beträchtliche Anzahl von industriellen Werken auf Heisswasserbetrieb umgestellt worden; besonders wurden auch für Fern- und Städteheizungen in wachsendem Masse Heisswasseranlagen ausgeführt.

Um nur kurz auf die *Grundlagen der Heisswassertechnik* einzugehen, sei zunächst der geschlossene Kreislauf des Wärmeträgers hervorgehoben. Die gesamte Kondensatwirtschaft mit Rückleitung, Kondensstöpfen und Korrosionsgefahr, sowie die Einrichtung zur Speisewasser-Reinigung der Dampfanlagen fallen weg; die oft sehr hohen Kondensatverluste sind vermieden. Dazu kommt der gegenüber Dampf grössere Wärmeinhalt der umlaufenden Wassermengen, der durch Speicherwirkung ausgleichend auf den Betrieb wirkt, sofern gewisse Schwankungen in den Temperaturen zugelassen werden. Andererseits begünstigen die verhältnismässig grossen umlaufenden Wassermengen die Regelung der Temperaturen bei den Verbrauchern, während in Dampfanlagen die Temperatur meist nur indirekt durch Einstellung des Dampfdrucks geregelt werden kann. — Unzweifelhaft sind die Verhältnisse in Heisswasseranlagen viel klarer und berechenbarer, schon wegen der einfacheren Zustands-, Strömungs- und Wärmeübergangs-Verhältnisse.

Im Folgenden ist eine kurze Uebersicht über die *grundsätzlichen Möglichkeiten* von Heisswasserheizungen gegeben, indem ausgehend von der einfachsten Grundschialtung die abgeleiteten oder erweiterten Schaltungen für besondere Betriebsbedingungen dargestellt sind. Durch Zusammenfassung verschiedener hier gekennzeichnete Einzelschaltungen lassen sich dann ohne weiteres eine grosse Anzahl von kombinierten Schaltungen bilden, wie sie in der Praxis vorkommen.

2. *Die Grundschialtung.* Das Heisswasser dient zur Uebertragung der im Kessel erzeugten Wärme an den Verbraucher. Dabei behält es (im Gegensatz zum Dampf als Wärmeträger) dauernd den gleichen, flüssigen Aggregatzustand bei. Im Kessel wird das Heisswasser von einer Rücklauf-temperatur von etwa 80 bis 120° auf eine Vorlauf-temperatur von etwa 140 bis 190° erwärmt. Die Temperatur, mit der das Wasser dem Kessel entnommen wird, bestimmt seinen Betriebsdruck; wobei die zugehörige Sättigungstemperatur um etwa 5 bis 10° über der höchsten Heisswassertemperatur liegen muss, um Dampfbildung mit Sicherheit zu vermeiden. — Die Aufgabe, das Heisswasser zum Verbraucher zu transportieren, übernimmt die Heisswasserpumpe; grundsätzlich könnte auch, wie in gewöhnlichen Warmwasserheizungen, die Schwerkraft als Antrieb benutzt werden. An den Heizflächen der verschiedenen Verbraucherarten gibt das Heisswasser die übernommene Wärme wieder ab und kühlt sich dabei auf die Rücklauf-temperatur ab. Durch die Rücklaufleitung zum Kessel zurückgeleitet, erwärmt es sich wieder von neuem. Im einfachsten Fall ist mit diesen fünf Grundelementen: Kessel, Pumpe, Vorlaufleitung, Verbraucher und Rücklaufleitung die Grundschialtung einer Heisswasseranlage gegeben.

Von vornherein muss auf einen weiteren wesentlichen Bestandteil hingewiesen werden: den *Ausgleichsraum* für die Wärmedehnungen des Wasserinhalts. Wird etwa bei Betriebsbeginn das Wasser eingefüllt, so darf es nicht den ganzen verfügbaren Raum der Anlage einnehmen, da im Laufe der Anheizzeit eine mit wachsender Temperatur sehr beträchtliche Ausdehnung des Wasservolumens auftritt. Daneben bringen aber auch während des Betriebes die Temperaturschwankungen in den Leitungen noch gewisse Aen-

<sup>1)</sup> Fernheizung Villeurbanne Bd. 102, S. 164\*; Hallenbad Basel Bd. 105, S. 46\*; Urbankino Zürich Bd. 106, S. 34\*; Hallenbad Beuthen Bd. 106, S. 237.

<sup>2)</sup> Bd. 106, S. 141\* und 205\*.