

Das Projekt des Staudammes Göschenenalp

Autor(en): **Eggenberger, Willy**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **75 (1957)**

Heft 2

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-63293>

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.

Das Projekt des Staudammes Göschenenalp

DK 627.824.3

Von Ing. Dr. W. Eggenberger, Elektro-Watt AG., Zürich

I. Einleitung

Im Jahre 1952 richteten die Centralschweizerischen Kraftwerke und die Schweizerischen Bundesbahnen an den Regierungsrat des Kantons Uri das Gesuch um Ausdehnung der Konzession zur Ausnützung der Göschenenalp- und Voralperreuss auf neue Gefällsstufen unter Einbezug der Gewässer des hinteren Urserentales und Anlage eines Akkumulierbeckens auf der Göschenenalp. In seiner Sitzung vom 22. September 1954 hat der Landrat des Kantons Uri dieses Gesuch genehmigt und die Konzession für das Kraftwerk Göschenen mit einer Laufzeit bis zum Jahre 2043 einstimmig erteilt. Die Referendumsfrist zu diesem Landratsbeschluss ist Ende 1954 unbenutzt abgelaufen.

Das Kraftwerk Göschenen, als natürliche Ergänzung der unterliegenden Kraftwerke Wassen und Amsteg, wird als Gemeinschaftsunternehmen der CKW und der SBB gebaut, wobei jedem der beiden Partner die Hälfte der Energieerzeugung zusteht. Der Kanton Uri beteiligt sich mit 10 % am Aktienkapital. Die Bauarbeiten wurden anfangs 1955 in Angriff genommen. Die Projektierung und Bauleitung wurde der Elektro-Watt, Elektrische und Industrielle Unternehmungen AG., Zürich, übertragen.

II. Allgemeine Disposition

Bereits vor mehr als zehn Jahren wurde ein Projekt für den weiteren Ausbau der Reusswasserkraft im Kanton Uri mit einem grossen Stausee auf der Göschenenalp und einer Zentrale in Göschenen untersucht. Doch konnte dieses Projekt aus energiewirtschaftlichen Ueberlegungen nicht verwirklicht werden.

Durch die Anschaffung von modernen amerikanischen Maschinen sind nun aber heute die schweizerischen Bauunter-

nehmungen befähigt, grosse Erdbewegungen mit relativ kleinen Kosten durchzuführen, so dass das Projekt des Kraftwerkes Göschenen durch die Errichtung eines Staudammes anstelle einer Gewichtsmauer mit einem Schläge aktuell wurde. Die Kalkulation hatte ergeben, dass sich die Erstellungskosten eines Steindammes im relativ breiten Göschenenalptal (Stauhöhe: Kronenlänge = $\sim 1:5$) fast auf die Hälfte der Kosten einer Betonstaumauer vermindern.

Das Kraftwerk Göschenen wird die Wasserkraft der Dammareuss, der Chelenreuss und der Voralperreuss zwischen Göschenenalp und Göschenen ausnützen. Zudem werden die Gewässer des hinteren Urserentales ebenfalls in den Stausee Göschenenalp geleitet und auf der Stufe Göschenenalp-Göschenen ausgenützt (Bild 1).

Das natürliche Einzugsgebiet beträgt 42 km² und wird durch die Ueberleitung des Wassers der benachbarten Täler auf 116 km² vergrössert. Die Vergletscherung beträgt 30 % und bietet den Vorteil reichlicher Wasserführung in trockenen, warmen Sommern, wenn die Wasserdarbietungen der Voralpen und des Mittellandes stark zurückgehen. Die Errichtung eines Staudammes von 147 m Höhe (maximale Höhe 155 m, gemessen vom luftseitigen Dammfuss bis Dammkrone) und einer Kronenlänge von 540 m erlaubt die Schaffung eines Staubeckens mit einem Nutzinhalt von 75 Mio m³.

Das Wasser wird in einem Druckstollen an der Südseite des Tales zum Wasserschloss geleitet und durch einen Druckschacht der Zentrale bei Göschenen zugeführt (Bild 2). Die Kavernenzentrale mit einer installierten Leistung von 160 MW wird mit vier Gruppen ausgerüstet, die je durch eine vertikalachsige Pelton-Turbine angetrieben werden. Zwei Generatoren erzeugen Einphasenstrom für die SBB, zwei weitere geben Dreiphasenstrom für die CKW ab. Ein Unterwasser-Verbindungsstollen leitet das Nutzwasser in den Druckstollen des Kraftwerkes Wassen; das Ueberschusswasser fliesst direkt in das Ausgleichbecken Göschenenreuss. Die Transformatoren werden in der Freiluftschaltanlage, 300 m westlich der Strassenbrücke Göschenen, aufgestellt. Die erzeugte Einphasenenergie wird mit 66 kV über Kabel an das Unterwerk Göschenen der SBB abgegeben, während die auf 220 kV auftransformierte Dreiphasenenergie mit einer kurzen Uebertragungsleitung in das Hauptkonsumgebiet abgegeben wird.

III. Staudamm

Das interessanteste Objekt dieser Kraftwerkanlage ist der Staudamm Göschenenalp. Es braucht wohl keinen besonderen Hinweis darauf, dass die Projektierung dieses gewaltigen Staudammes, der ein Volumen von über 8 Mio m³ aufweisen wird, grösste Sorgfalt erfordert.

1. Sondierungen

Seit 1950 wurden im Gebiete des Staudammes und im Talboden der Göschenenalp umfangreiche Sondierungen ausgeführt, die dazu dienten, die Felslage festzustellen und Aufschluss über die Materialvorkommen und deren Zusammensetzung zu erhalten. Die Kosten dieser seismischen Untersuchungen, Schlag- und Rotationskernbohrungen, Alluvialbohrungen, Sondierstollen und Sondierschächte betrugen rd. 500 000 Fr.

Die Untersuchungen über den Dammuntergrund ergaben, dass der Damm an den Talhängen direkt auf den Fels abgestellt werden kann. Im Bereiche der Dammaxe liegt die Felsoberfläche in der Schlucht der Reuss unter einer 8 bis 10 m mächtigen Schuttüberlagerung. Daran schliesst sich ein Felsbuckel an, von dem die Felsoberfläche gegen Süden erneut abfällt und eine breite schuttgefüllte Mulde bildet, die bis 40 m unter der Oberfläche liegt.

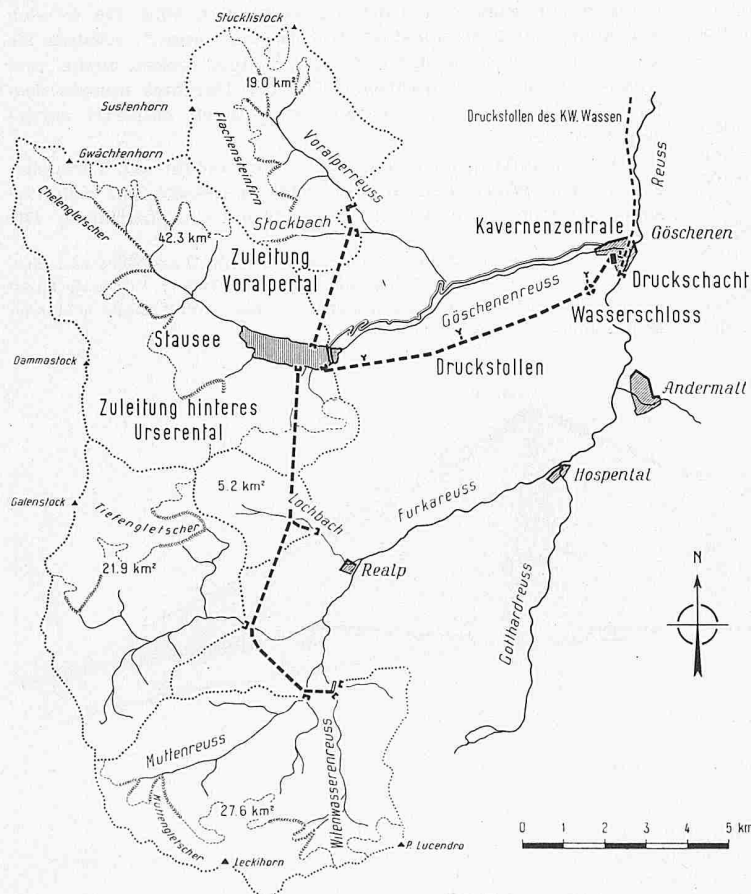


Bild 1. Kraftwerk Göschenen, Gesamtübersicht 1 : 175 000

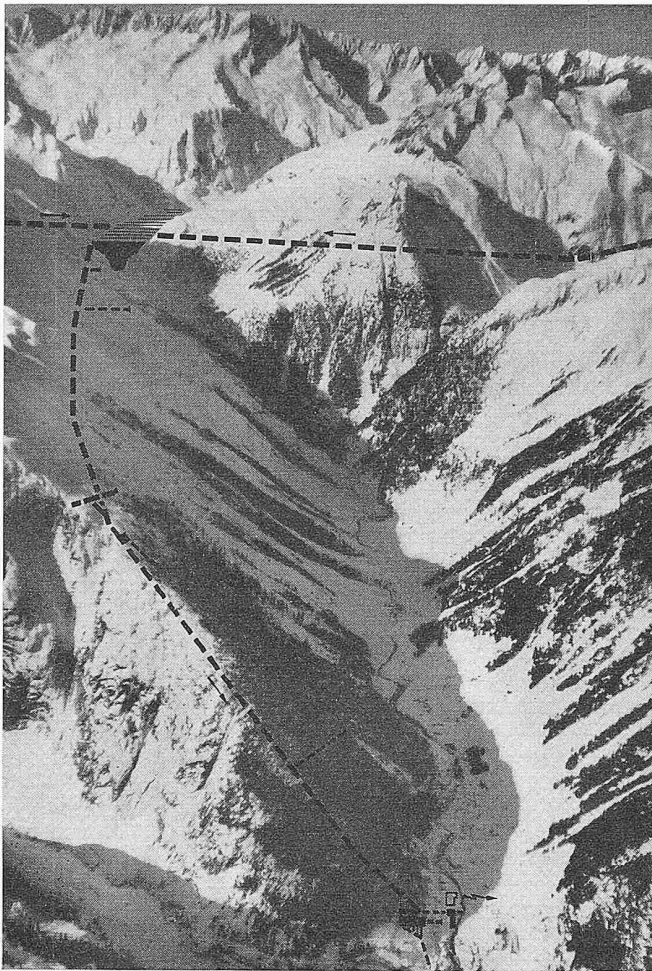


Bild 2. Gesamtübersicht (aus Ost-Nordost) des projektierten Kraftwerkes Göschenen mit den Zuleitungen, dem Staubecken, dem Druckstollen und der Zentrale Göschenen. — Flugaufnahme des Militärflugdienstes, Veröffentlichung erlaubt (Bundesgesetz vom 23. Juni 1950 über den Schutz der militärischen Anlagen, Art. 4)

Der Untergrund auf der Wasserseite, besonders die linksseitige Partie, ist nicht besonders günstig für das Abstellen eines Dammkörpers. Die dortigen Materialvorkommen weisen teilweise eine grosse Strukturempfindlichkeit auf und zeigen, besonders in Tiefen von über 20 m ab Geländeoberfläche, nur geringe Scherfestigkeit, da in dieser Zone Schlammansand-schichten mit einzelnen Torflagen erbohrt wurden. Diese Zone kann zu Grundbruch neigen und musste konsolidiert werden. Es wurde im Einvernehmen mit dem Erdbaulaboratorium der

Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH der Einbau von vertikalen Drains zum Ausgleich der Porenwasserspannungen und Anbringen einer Auflast beschlossen¹⁾. Die Lösung des Problems auf diese Weise schien uns einfacher und billiger als das Ausheben der fraglichen Zone bis zum anstehenden Fels; sie ist z. B. zur Konsolidierung eines Abschnittes des Flugplatzes Idlewild bei New York mit Erfolg angewandt worden. Der natürliche Sperriegel, ein flacher Granitbuckel, ist dagegen für das Abstellen eines Dammkörpers sehr günstig, und der Anschluss an den Fels ist leicht zu finden. Der Untergrund auf der Luftseite ist stark abfallend und bietet hinsichtlich Festigkeitseigenschaften keine Schwierigkeiten. Es war demnach wünschenswert, den Damm einerseits möglichst weit gegen die Luftseite zu verschieben, um den Zonen mit geringer Scherfestigkeit auszuweichen. Andererseits konnte wegen des stark abfallenden Geländes eine Verschiebung nach der Luftseite nicht beliebig weit erfolgen, hauptsächlich wegen der ins Gewicht fallenden Vergrößerung der Dammkubatur. Die endgültige Lage des Dammkörpers stellt also einen Kompromiss dar.

2. Staudamm-Querschnitt (Bild 3)

Auf Grund der Sondierungsergebnisse musste ein Dammtyp gewählt werden, dessen Stützkörper aus Schutthalde-Materialien aufgebaut sind und dessen Dichtungsschicht eine möglichst geringe Kubatur aufweist. Wegen der hohen Anforderungen, die an die Dichtung gestellt werden müssen, und da auch gleichmässigen Setzungen grösste Bedeutung beizumessen ist, kam nur ein Dammtyp in Frage, der als Folge seines Aufbaues sich möglichst symmetrisch verhält. Diese Anordnung hat aber den Nachteil, dass für die Aufnahme des Wasserdruckes nur eine Hälfte des Dammquerschnittes zur Verfügung steht und dass die Feststellung von Schäden am Diaphragma und deren Reparatur später kaum mehr möglich ist.

a) Dichtungskern

Die Untersuchungen zur Abklärung der zur Verfügung stehenden Kernmaterialien ergaben, dass auf Grund der Kornzusammensetzung an erbohrten Bodenproben in den obersten 10 m des Talbodens der Göschenenalp genügende Materialmengen von günstiger Körnung vorhanden sind. Da es sich vor allem um kohäsionslose Materialien handelt, können sie aber ohne Zuschlagsstoffe zu Dichtungszwecken nicht verwendet werden. Der dichtende Teil des Dammes musste deshalb in Verbindung mit einem ortsfremden Material vorge-sehen werden.

Wir beauftragten das Erdbaulaboratorium der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH, Versuche mit den Zuschlagsstoffen Opalinus-Ton und Bentonit durchzuführen. Die

1) Mitteilung Nr. 38 der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, Ing. J. Zeller und Ing. H. Zeindler: Vertikale Sand-drains, eine Methode zur Konsolidierung wenig durchlässiger, setzungsempfindlicher Böden, 1956.

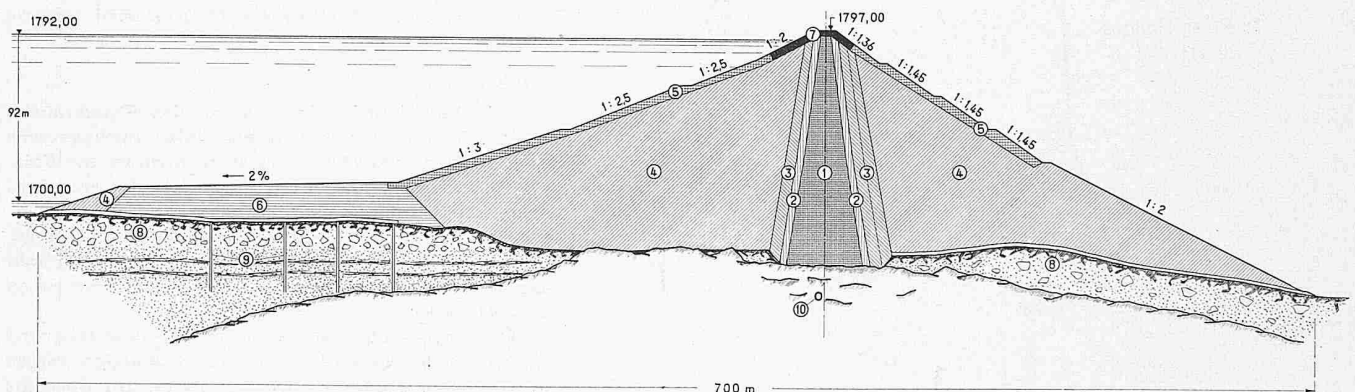


Bild 3. Staudamm-Querschnitt 1 : 4000

- 1 Dichtungskern 0÷100 mm
+ Opalinuston
- 2 Filterschicht 0÷100 mm
- 3 Alluvionmaterial 0÷200 mm
8÷200 mm

- 4 Bergschutt- und Stollenaus-
bruchmaterial, Blöcke max. 1 m³
- 5 Bergschutt- und Stollenaus-
bruchmaterial, Blöcke max. 1 m³,
wasserseitig gepackt

- 6 Auflast
- 7 Schutzkappe, Blöcke 2÷3 m³, gepackt
- 8 Drainage
- 9 Vertikale Drains
- 10 Injektionsstollen



Bild 4. Sperrstelle und Staugebiet. Im Vordergrund der Aushub im Bereiche der Dammxase, damit der Dichtungskern auf den Fels abgestellt werden kann. Das Aushubmaterial, das für den Dammbau wieder zur Verwendung kommt, wird im zukünftigen Staugebiet auf Zwischen-deponie gelegt. Im Hintergrund rechts ist ein Teil des Fangdammes zu erkennen.

Ergebnisse dieser Versuche veranlassten die Elektro-Watt, den zentralen Dichtungskern wie folgt auszuführen:
Feinsand und Kies bis 100 mm Korndurchmesser aus der Alluvion der Göschenenalp;

Zusatz von 16 Gewichtsprozenten Opalinus-Ton, bezogen auf die Komponenten 0 ÷ 10 mm;
mittleres Sickergefälle im Dichtungskern 3:1, definiert als Höhe zur Breite des Kerns im betreffenden Schnitt.

Es wird bewusst auf eine Herdmauer verzichtet und der Dichtungskern bis auf den anstehenden Fels geführt. Die Gründe zu dieser Massnahme wurden seinerzeit an einem Referat²⁾ am 3. Internationalen Erdbaukongress in Zürich, 1953, eingehend dargelegt (Bild 4).

Für den Bau des Dichtungskernes werden somit rd. 230 000 t Opalinuston benötigt; das Tonpulver wird in Silowagen der Schweizerischen Bundesbahnen von Holderbank nach Göschenen und in Silolastwagen von Göschenen nach Göschenenalp geführt.

b) Filterschicht

Zum Schutze des Dichtungskernes gegen Ausschwemmung, besonders der Randpartien, ist es erforderlich, eine Filterschicht einzubauen, die einen Uebergang zwischen dem feinen Kernmaterial und dem groben Stützkörpermateriale darstellt. Es werden zurzeit Versuche über die erforderliche Zusammensetzung dieser Filterschicht durchgeführt. Es steht

²⁾ Ing. Dr. W. Eggenberger: The Göschenenalp Rock-Fill Dam Project, Switzerland, Proceedings of the Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Volume III, 1953.

aber jetzt schon fest, dass das Alluvionmaterial, in der richtigen Kornzusammensetzung eingebaut, sich dazu gut eignet.

c) Alluvionmaterial

Als weitere Uebergangszone zwischen Filterschicht und Stützkörpermateriale wird Material mit einer maximalen Korngrösse von 200 mm eingebaut. Dieses Material kann grösstenteils aus der Alluvion gewonnen werden.

d) Stützkörpermateriale

Abbaustellen für die Stützkörpermateriale befinden sich in genügendem Umfange in der Nähe der Sperrstelle. Die Durchlässigkeit der vorhandenen Materialien ist ausreichend, ebenso die Scherfestigkeit und die Druckfestigkeit. Die Kornverteilung lässt den Schluss zu, dass das Material ohne Aufbereitung eingebaut werden kann.

3. Feldlaboratorium

Zur laufenden Ueberwachung der Bauarbeiten am Staudamm wurde von der Bauleitung auf der Göschenenalp ein Feldlaboratorium, ausgerüstet mit den modernsten Apparaturen, eingerichtet.

Die Grossversuche mit Stützkörpermateriale wurden im Herbst des Jahres 1955 auf der Göschenenalp ausgeführt, vom Feldlaboratorium und von der ETH ausgewertet und die entsprechenden Bauvorschriften ausgearbeitet. Sie lauten: Maximale Korngrösse 1 m³ und 1,5 m Durchmesser, Zugabe von 1,5 m³ Wasser pro Kipper (vor dem Kippen), Schütthöhe 2,5 m. Die Grossversuche mit Kernmateriale werden im Frühjahr 1957 durchgeführt. Die Kosten der Sondierungen und Grossversuche werden sich auf rd. 1 % der Baukosten des Dammes belaufen.

4. Baukosten

Der mittlere m³-Preis des Staudammes wird einschl. Installationen rd. 10 Fr. betragen. Die entsprechenden Einheitspreise von ausgeführten Dammbauten in Deutschland und in der Schweiz betragen für:

Rosshaupten (1952)	DM 8.50 pro m ³
Marmorera (1954)	Fr. 9.80 pro m ³

IV. Grundablass, Umleitstollen und Hochwasserentlastung

Der Grundablass-Stollen (Ø 3,30 m) mit einer Länge von 930 m ist auf der linken Talseite projektiert und kann eine Wassermenge von 100 m³/s ableiten (Bild 5).

Für den Bau eines Staudammes wird, wie bereits erwähnt, das Alluvionmaterial des Talbodens der Göschenenalp auf eine Tiefe von rd. 10 m verwendet, wobei auch die feinsten Bestandteile dieses Materials

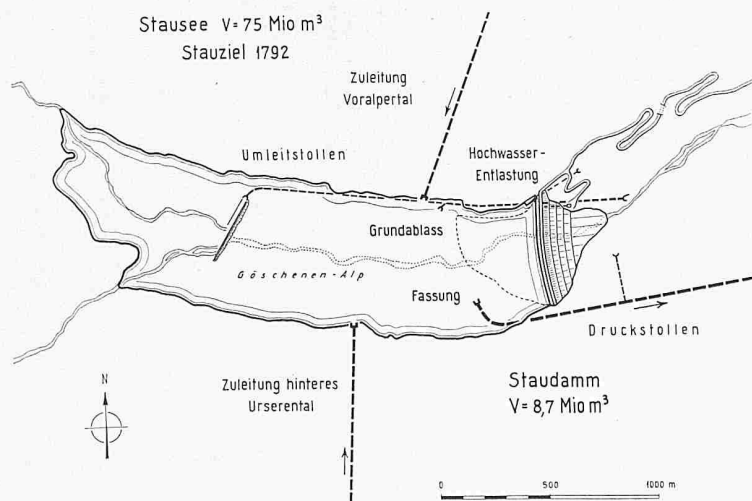


Bild 5. Stausee, Lageplan 1 : 33 000

für den Aufbau der Zonen 1, 2 und 3 verwendet werden müssen. Eine Nassbaggerung kommt deshalb nicht in Frage; der Talboden ist trocken zu legen, indem der Grundablass durch einen Umleitstollen ($\varnothing$ 4,25 m) von 905 m Länge ergänzt wird und zusätzliche Entwässerungsschächte vorgesehen sind, die das Grundwasser des Talbodens in diesen Umleitstollen einleiten.

Ebenfalls auf der linken Talseite ist für die betriebsmässige Regulierung des Stauspiegels eine Hochwasserentlastung für 200 m³/s vorgesehen, entsprechend einem Hochwasserabfluss von 4,7 m³/s pro km² des natürlichen Einzugsgebietes. Dieser spezifische Hochwasserabfluss von 4,7 m³/s pro km² scheint sehr hoch zu sein; doch muss die Dimensionierung der Hochwasserentlastung bei einem Erddamm mit aller Sicherheit erfolgen.

Adresse des Verfassers: Dr. Willy Eggenberger, Wannenstrasse 10, Thalwil ZH.

V. Energieproduktion und Baukosten

Das Kraftwerk Göschenen wird nach Fertigstellung in einem Jahr mittlerer Wasserführung 320 Mio kWh erzeugen können, wovon 43 % auf das Winterhalbjahr und 57 % auf das Sommerhalbjahr entfallen. Der vermehrte Wasseranfall im Winter steigert zudem die Produktion der unterliegenden Kraftwerke Wassen und Amsteg um rund 100 Mio kWh.

Die Baukosten der gesamten Kraftwerkanlage werden rd. 170 Mio Franken betragen, wovon bis heute ungefähr 145 Mio Fr. als Bauaufträge vergeben worden sind; die Anlagekosten (Baukosten + Allgemeine Bauunkosten + Unvorhergesehenes) wurden auf rd. 220 Mio Franken veranschlagt.

Die Bauzeit des Staudammes (ohne die Schutzkappe) und der übrigen Anlageteile wird 5 Jahre betragen, so dass die Energieproduktion im Herbst 1960 aufgenommen werden kann.

Erdbauliche Untersuchungen für den Staudamm Göschenenalp

DK 627.824.3.001.2

Von Dipl. Ing. J. Zeller, Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich

I. Einleitung

Erddämme erfordern im Grunde genommen ähnliche Untersuchungen wie Betonmauern. Bei beiden sind die Baugrundverhältnisse zu prüfen und die Zusammensetzung der Baustoffe und deren Eigenschaften zu ermitteln. Die Vorarbeiten für einen Erddamm gehen insofern etwas weiter, als Dämme nicht auf Fels fundiert werden müssen, was genaueste bodenmechanische Untersuchungen des Baugrundes bezüglich Tragfähigkeit, Setzungsempfindlichkeit und Durchlässigkeit erfordert. Ausserdem kann der Aufbau des Dammkörpers selbst individuell den vorhandenen, in nächster Umgebung liegenden Baustoffen angepasst werden.

Um den Ueberblick über die für den Staudamm Göschenenalp durchgeführten Arbeiten zu erleichtern, soll generell das Vorgehen bei einer derartigen Untersuchung kurz skizziert werden. Folgende Hauptgruppen lassen sich unterscheiden:

a) Als Unterlage für geologische und bodenmechanische Aufnahmen und für die Projektbearbeitung werden *topographische Pläne* der Sperrstelle und der voraussichtlichen Materiallagerstätten hergestellt. Je nach den Verhältnissen sind die Masstäbe 1:500, 1:1000 und 1:2000 zweckmässig, wobei für die Detailprojektierung und die Bauausführung ein Plan im Masstab 1:500 oder grösser vorliegen sollte.

b) Durch den Geologen werden in enger Zusammenarbeit mit projektierendem Ingenieur und Bodenmechaniker *geologische Aufnahmen* ausgeführt, wobei besonders dem Felsverlauf im Bereiche des Dammes, dem Aufbau und unter Umständen der Entstehungsgeschichte des Dammuntergrundes Beachtung zu schenken ist. Häufig wird der Geologe beauftragt, geeignete Dammbaumaterialien aufzusuchen, die in genügender Menge und Qualität in erreichbarer Nähe der Baustelle anfallen.

c) Mit Hilfe von *Sondierungen* und *seismischen Aufnah-*

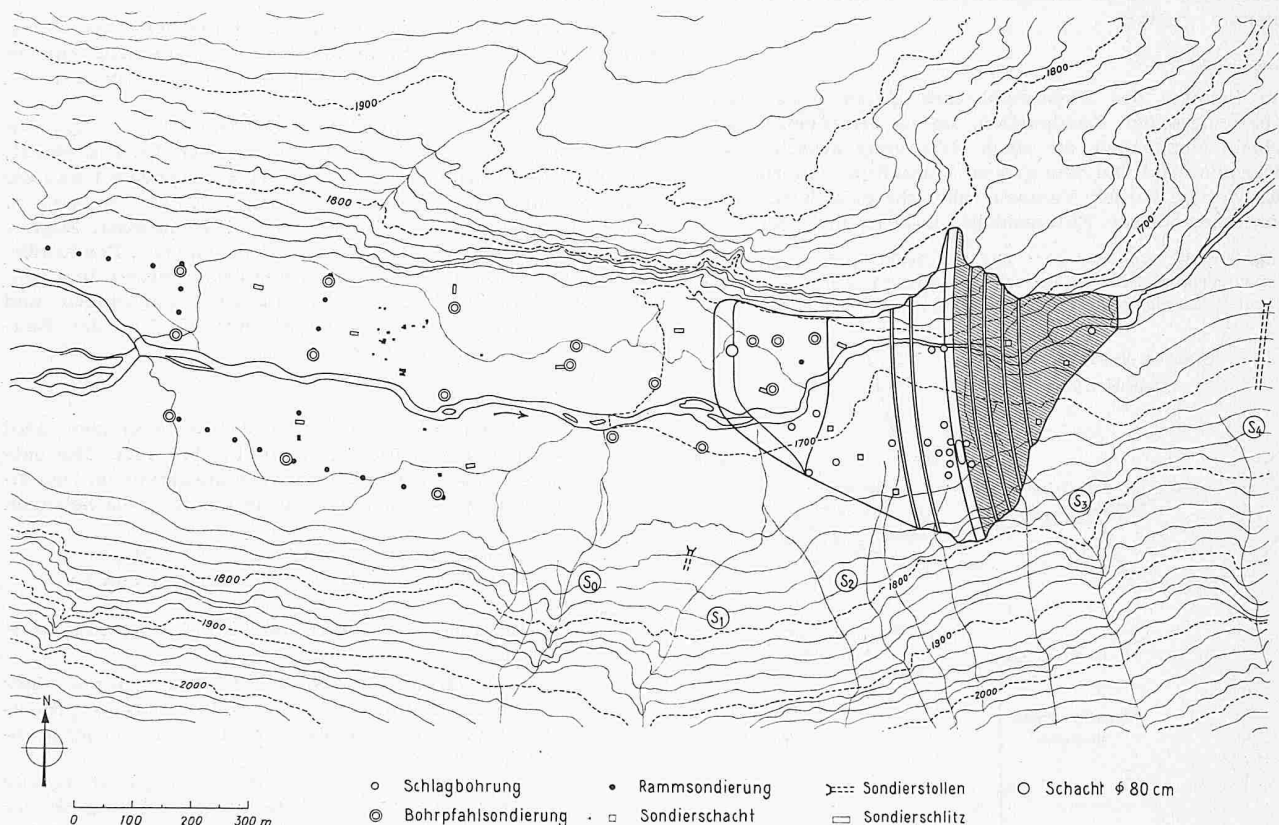


Bild 1. Sondierungen der Jahre 1950/56, Karte 1 : 125 000