

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Band: 54 (1962)
Heft: 3

Artikel: Die Anlagen der Kraftwerke Mattmark AG
Autor: Raubert, O.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921445>

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: 19.11.2024

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



Elick in das Talbecken von Mattmark; im Vordergrund die noch bis in den Talgrund reichende Zunge des Allalingletschers

Die Anlagen der Kraftwerke Mattmark AG

O. Rambert, stellvertretender Direktor, und dipl. Ing. W. Würth, Elektro-Watt, Zürich

DK 621.221

1. Überblick über die Kraftwerkanlage

Das Saastal liegt westlich des Simplonpasses und östlich des Zermattertales, von welchem es durch die Mischabelgruppe getrennt wird. Seit 1954 hat sich die Elektro-Watt Elektrische und Industrielle Unternehmungen AG, Zürich, mit dem Studium der Erschließung der Wasserkräfte der Saaser Vispe befaßt und gemeinsam mit der Suisselectra Schweizerische Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft, Basel, das endgültige Projekt der Kraftwerke Mattmark ausgearbeitet. Am 18. Mai 1960 wurde vom Verwaltungsrat der Kraftwerke Mattmark AG der Baubeschluß für die gesamte Anlage gefaßt, die im folgenden kurz umrissen sei.

In der Mattmarkebene ist ein Staubecken von 100 Mio m³ Nutzinhalte geplant, dessen Stauziel auf Kote 2197 m ü. M. liegt. Zwei Zuleitungsstollen vergrößern das natürliche Einzugsgebiet. Die Nutzung der gespeicherten Wassermengen erfolgt in zwei Hauptstufen, den Kraftwerken Zermeiggern und Stalden.

In der oberen Stufe wird das Wasser des Staubeckens über ein Gefälle von max. 459 m der Zentrale Zermeiggern zur Verarbeitung zugeführt. Die Ausbauwassermenge beträgt 19 m³/s, was einer Betriebszeit von 1600 Stunden im Winter entspricht. An die Wasserfassung im Staubecken Mattmark schließt sich ein 3,7 km langer Druckstollen an. Die Zentrale mit einer installierten Leistung von 74 000 kW wird

etwas oberhalb des Dorfes Zermeiggern auf der linken Talseite erstellt. Diese Zentrale wird mit zwei vertikalachsigen Maschinengruppen, und zwar mit Francis-turbinen von 750 U./Min. ausgerüstet. Eine Hochspannungsleitung von 220 kV führt die erzeugte Energie zur Freiluftschaltanlage Stalden. Vergleichsstudien haben gezeigt, daß es in diesem Falle wirtschaftlicher ist, die Zentrale und das Ausgleichbecken im Freien zu erstellen. Die Zentrale Zermeiggern wird im übrigen von der Zentrale Stalden aus ferngesteuert.

Die Zentrale Stalden der unteren Stufe nutzt anschließend über ein Gefälle von 1029 m die Wasser der oberen Stufe, des Zwischeneinzugsgebietes und weiterer zusätzlicher Einzugsgebiete, nämlich der Fee Vispe und des Schweibbaches auf der linken Talseite, und des Riedbaches im Zermattertal. Die Zentrale Stalden wird mit einer Ausbaumenge von 20 m³/s ebenfalls für 1600 Betriebsstunden im Winter ausgebaut. Ein Ausgleichbecken mit 100 000 m³ Nutzinhalte wird im Freien beim Dorf Zermeiggern gebaut. Dieses Becken ermöglicht einen elastischen Betrieb zwischen den beiden Stufen und dient vor allem im Sommer zur Lieferung von Tages- oder Spitzenenergie aus den im unteren Einzugsgebiet gefaßten Wassermengen. Der 16,4 km lange Druckstollen und der anschließende Druckschacht von rund 1000 m Gefälle führen die Wasser der Zen-

trale Stalden zu. Diese wird, bedingt durch die topographischen Verhältnisse, in einer Kaverne auf dem linken Ufer der Vispe, 100 m unterhalb des Dorfes Stalden erstellt. Die Zentrale mit ihren zwei horizontal-

achsigen Dreiphasengeneratoren, welche von je zwei eindüsigen Pelton-turbinen von 428,6 U./Min. angetrieben werden, wird über eine installierte Leistung von 160 000 kW verfügen.

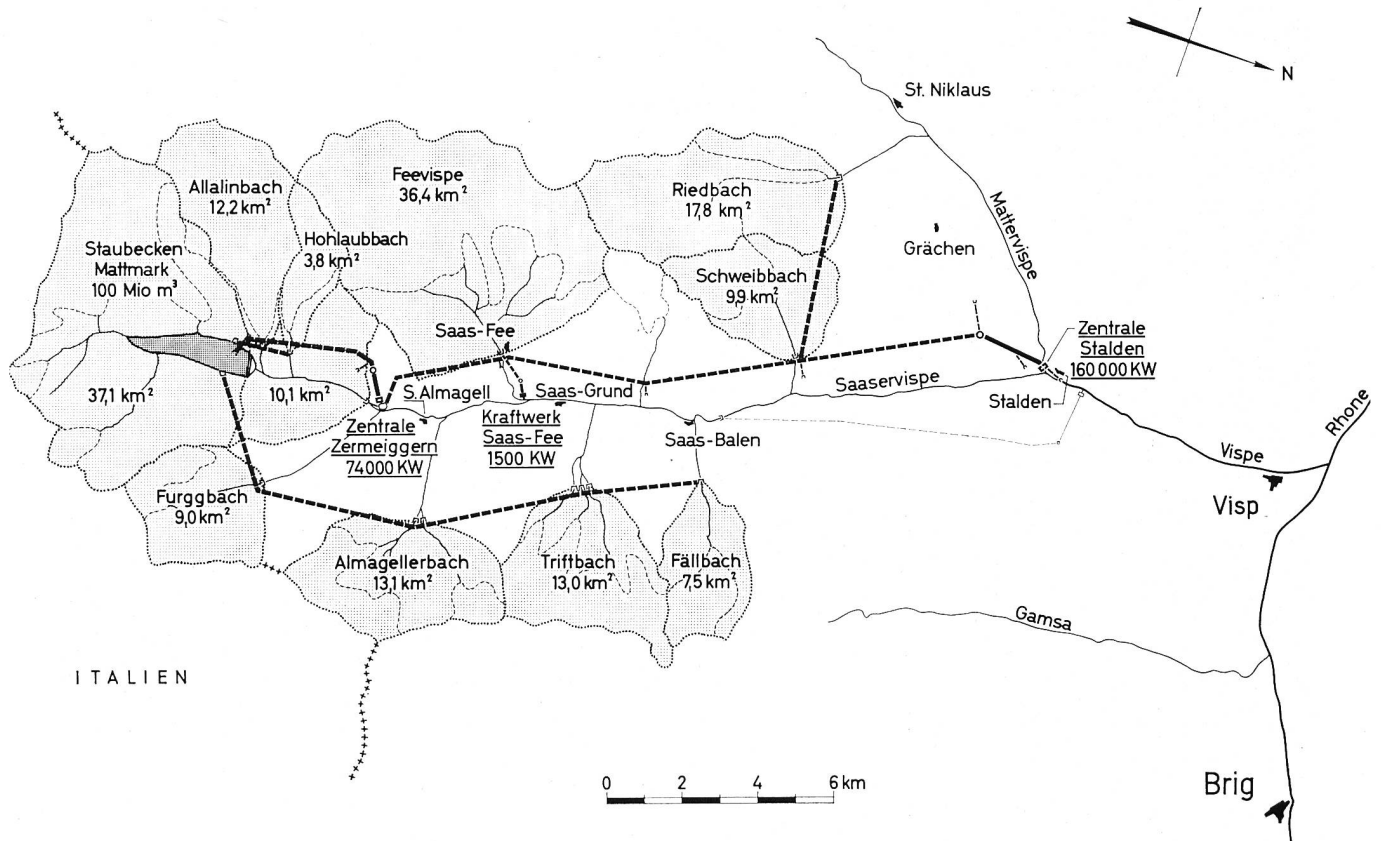


Bild 1 Anlagen der Mattmark-Kraftwerke, Übersichtsplan: 1 : 200 000

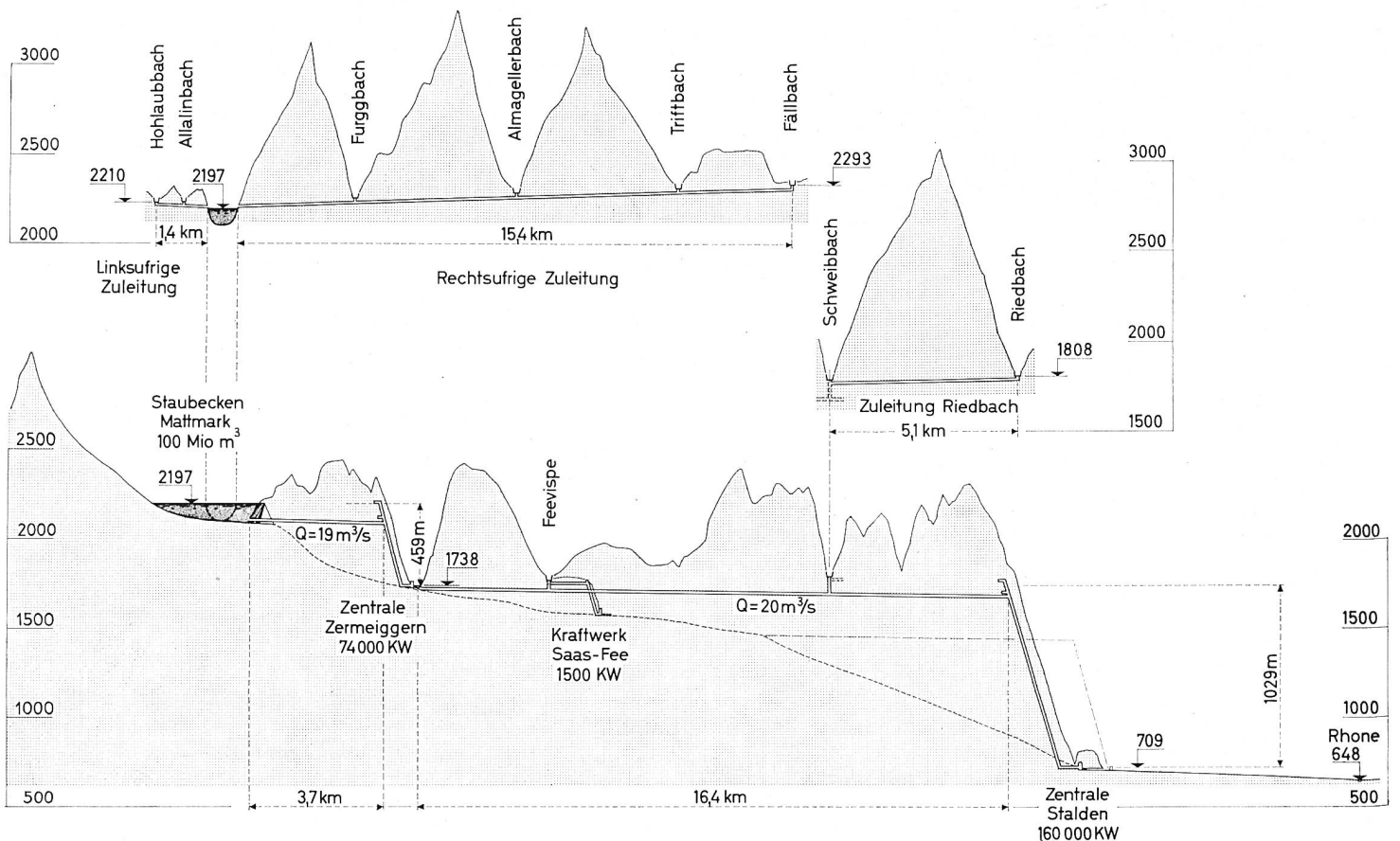


Bild 2 Längenprofile der Mattmark-Kraftwerke, 1 : 200 000 / 40 000

Eine große Freiluftschaltanlage für 220/130/60 kV wird oberhalb der schon vorhandenen Zentrale der Lonza AG auf dem Talboden von Ackersand erstellt. Anschlüsse sind an das Netz der Lonza AG, in Richtung Zermatt an die Pumpstation der Grande Dixence S. A. und vor allem an die 220-kV-Versorgungsleitung im Rhonetal vorgesehen. Diese Freiluftschaltanlage ist somit ein Beispiel der vorbildlichen Zusammenarbeit verschiedener Gesellschaften.

Die installierte Leistung der ganzen Kraftwerkgruppe wird rund 240 000 kW betragen, die jährliche Netto-Produktion 580 Mio kWh, davon 60 % im Winter.

Die gesamte elektro-mechanische Ausrüstung der Anlagen ist bereits in Auftrag gegeben. Die unterirdischen Arbeiten, wie Stollen und Kavernenzentrale, sind im Gange. Annähernd 40 % der Stollen wurden bereits ausgebrochen, und die angetroffenen geologischen Verhältnisse entsprechen den relativ günstigen Voraussagen des Geologen. Nach Bauprogramm soll die Zentrale Stalden im Herbst 1964 und die von Zermeiggern anfangs Sommer 1965 in Betrieb genommen werden, sobald ein erster Teilstau in Mattmark möglich ist.

Die Kraftwerke Mattmark AG als Bauherr hat die Projektierung und Bauleitung der gesamten Anlage der Ingenieurgemeinschaft Elektro-Watt AG, Zürich, und Suisselectra AG, Basel, übertragen.

Am Aktienkapital der Kraftwerke Mattmark AG sind beteiligt:

- Elektro-Watt Elektrische und Industrielle Unternehmungen AG, Zürich
- Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg AG, Laufenburg
- Bernische Kraftwerke AG Beteiligungs-Gesellschaft, Bern
- Centralschweizerische Kraftwerke, Luzern
- Industrielle Betriebe der Stadt Sitten
- Lonza Elektrizitätswerke und Chemische Fabriken, Basel
- Schweizerische Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft, Basel
- Elektrizitätswerk Luzern-Engelberg AG, Luzern.

2. Hydrologie

Die Flächen der nutzbaren Einzugsgebiete betragen 96 km² für die obere Stufe, wovon 37 km² auf das natürliche Einzugsgebiet des Mattmarksees entfallen, und 170 km² für die untere Stufe, welche teilweise durch Zuleitungen erschlossen werden. 45 % des Einzugsgebietes sind vergletschert.

Die jährlichen Abflußhöhen nehmen im rechtsufrigen Einzugsgebiet von Süden nach Norden von 1,60 m auf 1,10 m ab und im linksufrigen Einzugsgebiet zwischen Fee Vispe und Riedbach von 1,35 m auf 0,85 m.

Die Kraftwerkanlagen von Mattmark nutzen, hydrologisch gesehen, zugleich eines der niederschlagsreichsten Gebiete der Schweiz in der Gegend des Allalinhorns und eines der niederschlagsärmsten bei Grächen. Aus diesem Grunde waren besonders ausgedehnte hydrologische Untersuchungen notwendig, welche als Grundlage die Wassermessungen des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft in Zermeiggern und Visp, die Messungen eines in Gemeinschaft mit der Lonza in Niedergut erstellten Limmigraphen und diejenigen von zahlreichen anderen von der Elektro-Watt und der Suisselectra eingerichteten Limmigraphen benützten. Ferner wurden verschiedene Niederschlags-Meßstationen aufgestellt und die glaziologischen Verhältnisse beobachtet.

Die jährlich zu erwartenden faßbaren Abflußhöhen wurden auf Grund dieser Studien auf folgende Jahresmittel geschätzt:

1,70 m im Mattmarkgebiet,

2,05 m im Gebiet des Allalingletschers;

die für die hydroelektrische Nutzung zur Verfügung stehenden Wassermengen wurden zu 220 Mio m³ ermittelt. Davon entfallen 150 Mio m³ auf die obere Stufe.

Das Nutzvolumen des Stausees wird mit 100 Mio m³ etwa 70 % der mittleren faßbaren Jahreswassermenge

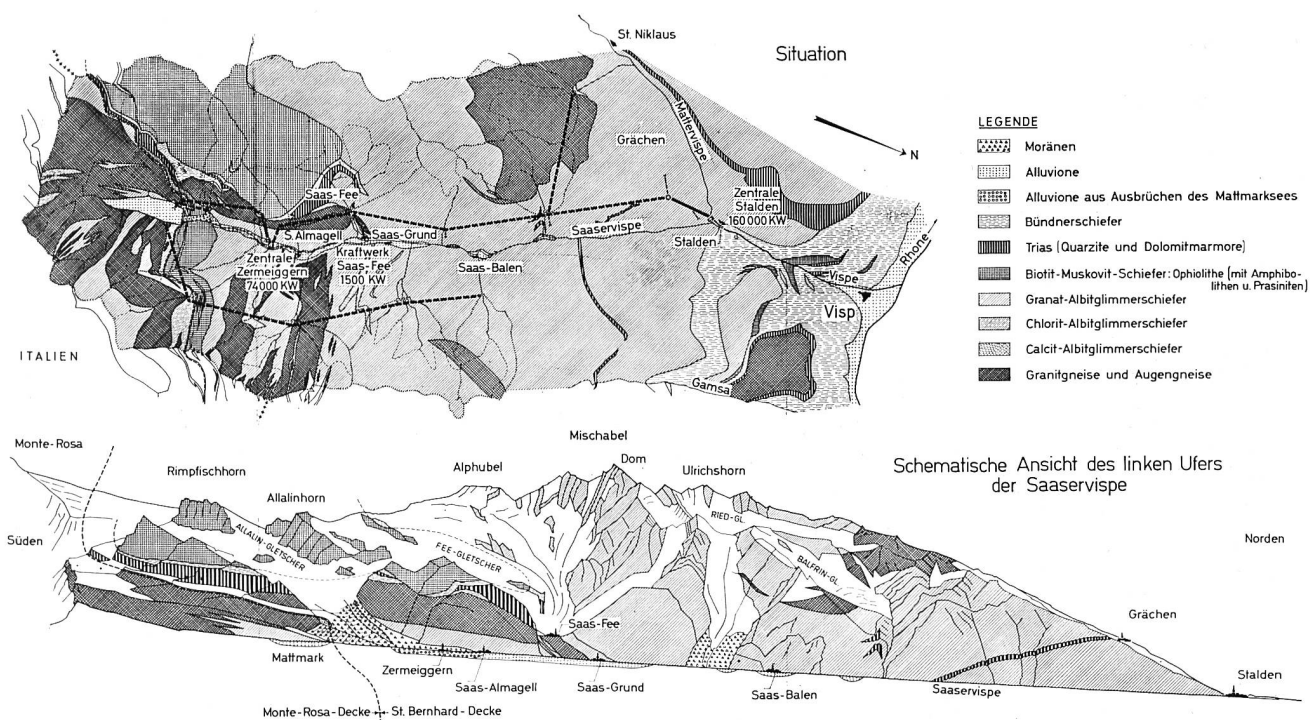


Bild 3 Geologie des Saastales



Bild 4 Flugaufnahme des oberen Saastales, von Norden nach Süden gesehen; in Bildmitte ist die Mattmarkebene ersichtlich, in welche vom linken Talhang die Schwarzbergmoräne vorstößt; am rechten Bildrand sind die Zunge des Allalingletschers und darunter die markanten Süd- und Nordmoränen zu sehen.

Bild 5 Flugaufnahme der Mattmarkebene, von Norden nach Süden gesehen, in welcher der zukünftige Staudamm von 115 m max. Höhe, 780 m Kronenlänge, 373 m größter Breite des Dammfußes und 10 Mio m³ Volumen eingezeichnet ist, wie auch das Niveau der maximalen Staustauke auf 2197 m ü. M.



der oberen Stufe betragen. Damit kann der See auch in trockenen Jahren gefüllt werden. Im Normaljahr gestattet die zur Verfügung stehende Wassermenge besonders im September, Sommer-Spitzenenergie zu liefern.

3. Geologie des Saastales

Die geologischen Formationen, welche nach Projekt die Stollen und Bauwerke durchfahren werden, gehören zur Monte-Rosa- und zur St.-Bernhard-Decke. Hauptsächlich auftretende Gesteine sind der Casanna-schiefer, Monte-Rosa-Gneis und Granit, außerdem Quarzite, Tonschiefer, Blasenschiefer und Dolomite aus dem Trias, Schiefer (Kalkschiefer mehr oder weniger sandig oder tonig). Die vorherrschenden Gesteine (Casanna-schiefer und Gneis) sind kristallin und im allgemeinen von sehr guter Qualität.

Der tektonische Aufbau ist durch ein starkes Ansteigen der Schichtungsachse gegen den Simplon hin gekennzeichnet. Die Schichten streichen im allgemeinen von Südwesten nach Nordosten und fallen nach Nordwesten ein. Dadurch ergibt sich, daß auf der rechten Seite des Saastals und im nördlichen Tal von St. Niklaus die Schichten mehr oder weniger parallel zum Hang verlaufen, was schon wiederholt zu Abbrüchen und Rutschungen geführt hat, die auch weiterhin noch zu erwarten sind.

Die bedeutendsten Felsstürze dieser Art sind auf der rechten Seite des Saastals zu finden, zwischen Eienalp und Zermeiggern oberhalb Saas Almagell, zwischen Saas Grund und Saas Balen sowie weiter talabwärts. Die Abbruchstellen zwischen Eienalp und Zermeiggern sind noch in Bewegung. Außerdem ist noch auf das ehemalige Setzungsgebiet um Grächen im Tal von St. Niklaus hinzuweisen. Die gesamte rechte Tal-seite ist bis zu einer gewissen Tiefe nicht sehr standfest; deshalb sind hier auch die Zuleitungsstollen in größerer Tiefe vorgesehen.

Im Gegensatz dazu fallen auf der linken Talseite die Schichten von der Oberfläche zum Berginnern ein. Diese Seite ist somit wesentlich standfester, und Rutschungen sind sehr selten. Daher können auch die auf dieser Seite angeordneten Druckstollen in geringerer Tiefe vorgetrieben werden, wodurch die Fensterstollen viel kürzer ausfallen.

Die sehr ausführlichen und umfangreichen geologischen Studien des kürzlich verstorbenen Professors Dr. E. Paréjas spielten bei der Planung und Disposition der Anlage eine entscheidende Rolle.

4. Der Staudamm Mattmark

a) Einleitung

Beim Planen von Wasserkraftanlagen, sei es in unseren Alpen oder anderen Gegenden, wo die Wasserführung der Flüsse je nach der Jahreszeit stark schwankt, ist man gezwungen, ein oder mehrere Speicherbecken vorzusehen. Ohne solche Speichermöglichkeiten wäre ein Flußlauf wie die Saaser Vispe schwerlich wirtschaftlich nutzbar. Zur Erstellung solcher Speicheranlagen ist der Bau von Staumauern oder Dämmen nötig, die in ihren Ausmaßen immer größer werden und damit auch immer wieder neu zu lösende Probleme stellen.

Bei der Suche nach einer solchen Speichermöglichkeit stieß man auf die von Natur gegebene Mattmark-

ebene, welche an ihrem unteren, nördlichen Ende von der Südmoräne des Allalingletschers abgeschlossen wird. Ein kurzer geschichtlicher Rückblick zeigt uns, daß die Gegend von Mattmark schon öfters von sich reden gemacht hat. Die Zunge des Allalingletschers, einer der bewegtesten und kraftvollsten Gletscher Europas, versperrte regelmäßig den Talausgang der Mattmarkebene und staute die Schmelzwasser von einem halben Dutzend anderer Gletscher. Dadurch entstand der Mattmarksee, dessen steigenden Fluten der Querriegel aber nicht immer standzuhalten vermochte, so daß sich die Wassermassen bei einem Eisbruch verheerend in das Saastal ergossen.

Die Chronik berichtet, daß am 4. August 1633 infolge eines plötzlichen Eis- oder besser gesagt Gletscherbruchs in Visp allein 18 Häuser und 6000 Bäume weggeschwemmt wurden. Weitere Ausbrüche des Sees erfolgten in den Jahren 1680, 1740 und 1772. Am 4. Oktober 1740 wurden sämtliche Brücken mit Ausnahme derjenigen von Saas Balen weggerissen, und am 17. Oktober 1772 brach der See abermals aus. Als Kuriosum sei aus der Chronik des Pfarrers Ruppen erwähnt, daß die Regierung des Kantons Wallis im Jahre 1833 eine Subvention von Fr. 200.— für die Erstellung einer Ablaufrinne durch den Gletscher gewährte. Das etwa 200 Jahre früher angesichts solchen Unglücks gegebene Versprechen der Saaser Jugend, sich nicht mehr zu verheiraten, wurde zum Glück für dieses schöne Tal nicht lange gehalten.

Der Staudamm von Mattmark, der nun am Nordende der Ebene erstellt wird, liegt südlich der Allalin-Südmoräne, welche teilweise in den luftseitigen Fuß des Dammes einbezogen wird. Dieser Damm bietet eine endgültige Sicherung gegen die Überschwemmungsgefahr und wird das Tal und seine Bewohner vor künftigen Katastrophen schützen.

Der Damm kann durch einen Vorstoß des Allalingletschers, der im Bereich des Möglichen liegt, nicht gefährdet werden, da einerseits der Dammfuß durch die Südmoräne geschützt und andererseits durch den Abbau der Nordmoräne, deren Material für den Dammbau benützt wird, dem Gletscher der talseitige Weg geöffnet wird.

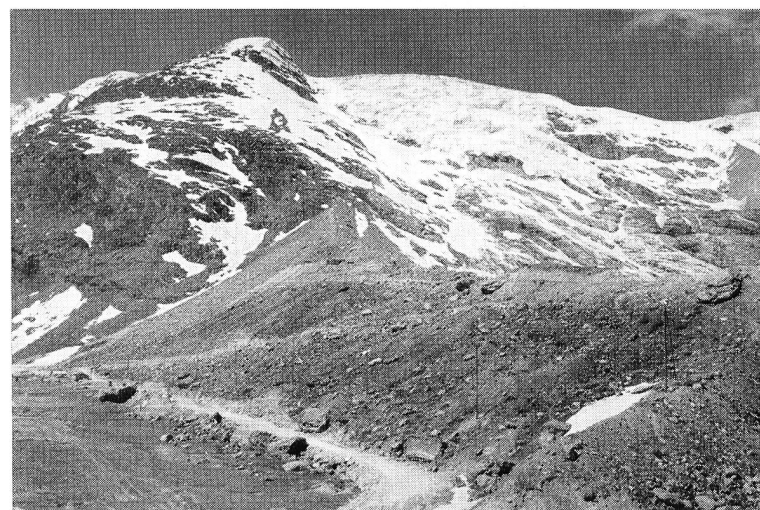
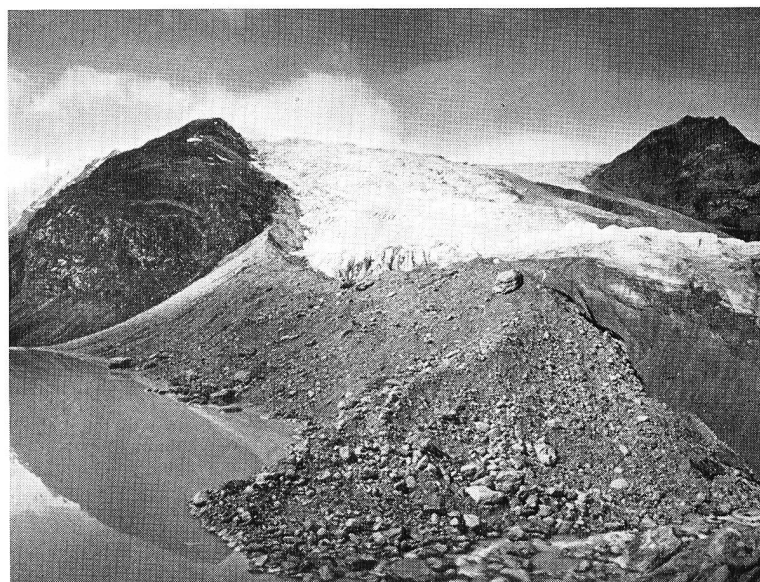
b) Topographische und geologische Verhältnisse

Der an der Sperrstelle vorhandene kristalline Fels in Mattmark ist von Ablagerungen alter Moränen aus der Quartärzeit und verschiedenen Anschwemm-Materialien überdeckt; diese Schicht erreicht in der Talachse eine Tiefe von etwa 100 m Mächtigkeit. Diese geologischen Verhältnisse haben zum Entschluß geführt, einen Damm und nicht eine Betonmauer zu errichten.

Im Untergrund trifft man von oben nach unten folgende Schichten:

neuzzeitliche Alluvionen	von etwa 5 m Mächtigkeit
feine Seeablagerungen	15 m
fluvio-glaziale Ablagerungen	20 m
aufgearbeitete Moräne	5 m
Grundmoräne der Würmeiszeit	40 m
vorwürmeiszeitliche Alluvionen	15 m
und darunter als festen Untergrund Gneis, Granit und Prasinite.	

Geologische Studien wurden bereits gegen 1910 durch Professor Lugeon im Auftrage der Lonza AG un-



Bilder 6, 7 Vergleich zweier Aufnahmen vom rechten Talhang gegen den Allalingletscher und die Nordmoräne hin.

Auf der oberen Aufnahme aus dem Jahre 1867 ist ersichtlich, wie der Gletscher bis in die Talsohle vorgestoßen war und so in der Ebene einen natürlichen See aufstaute, der gegebenenfalls zu katastrophalen Ausbrüchen führen konnte.

Das untere Bild wurde 1961 aufgenommen

ternommen. Die damals zur Verfügung stehenden Mittel ließen jedoch keine definitiven Schlüsse über die Möglichkeit eines Aufstaus zu. Durch zahlreiche Bohrungen wurde die sehr gleichmäßige Felslinie des Talweges, eine typische glaziale Erosion, festgestellt. Im weiteren wurden Sondierbohrungen abgeteuft, um Aufschluß über die Eigenschaften der oben erwähnten Ablagerungen zu erhalten.

Aus dem stratigraphischen Längs- und Querschnitt ist das große Ausmaß der Grundmoräne ersichtlich, welche sich aus sehr ähnlichen Materialien wie die südliche und nördliche Moräne des Allalingletschers zusammensetzt und ebenfalls große Blöcke aus Serpentin, Gabbro und Euphotiten enthält, die bis zu 8 m Durchmesser aufweisen. Aus Abb. 12 sind die granulometrischen Kurven der verschiedenen Schichten ersichtlich, aus welchen auch die für die Grundmoräne typische Regelmäßigkeit hervorgeht.

Bild 8
Staudamm Mattmark,
Lageplan

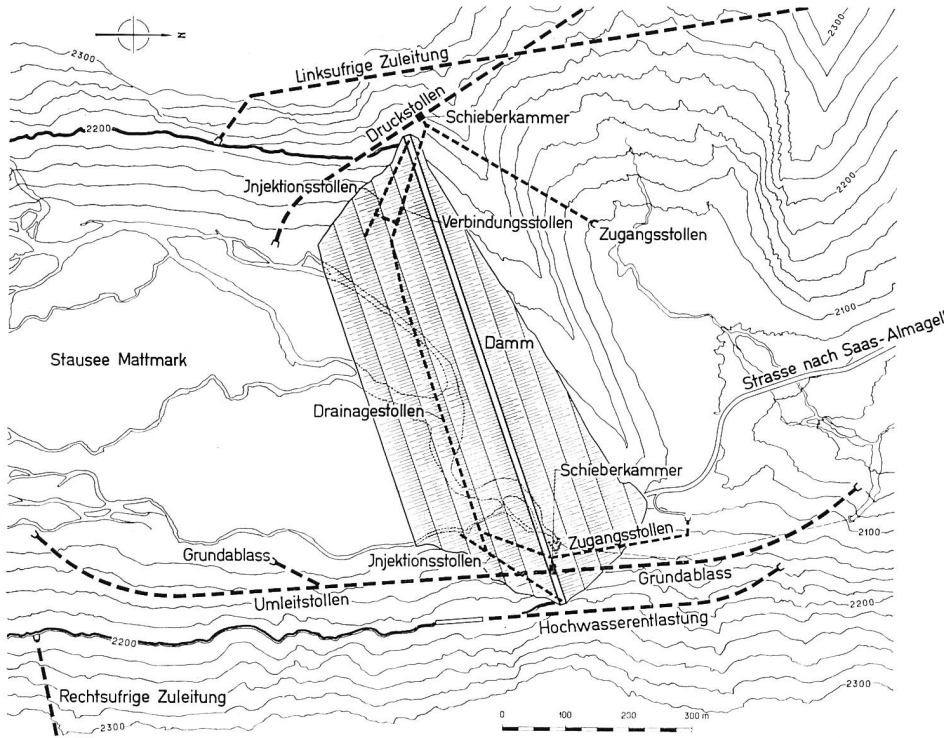


Bild 9 Normalprofil des Staudammes Mattmark mit anschließendem Injektionsschirm, Maßstab 1 : 3000

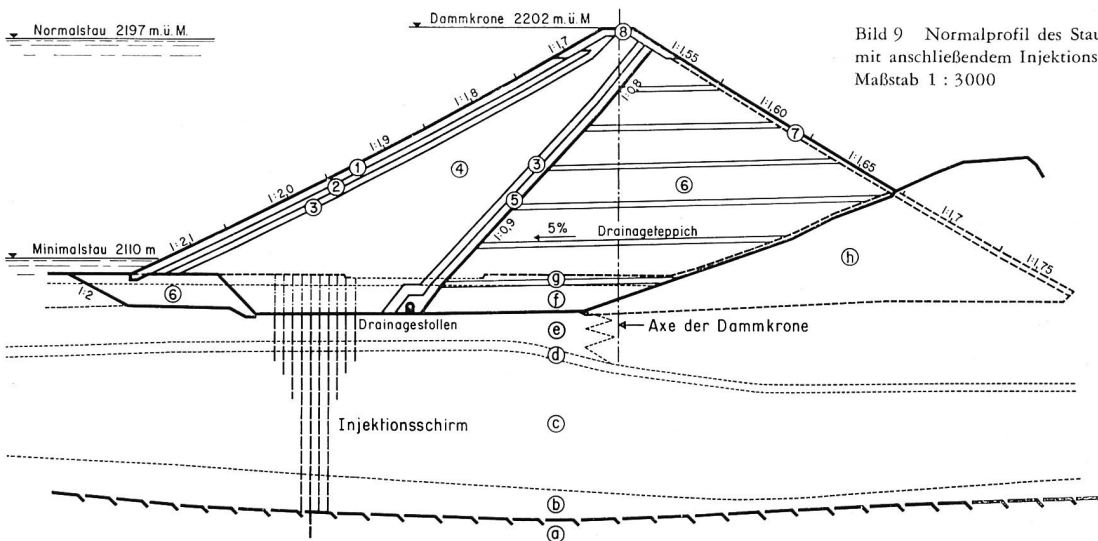


Bild 10 Stratigraphischer Längs- und Querschnitt durch die Sperrstelle Mattmark

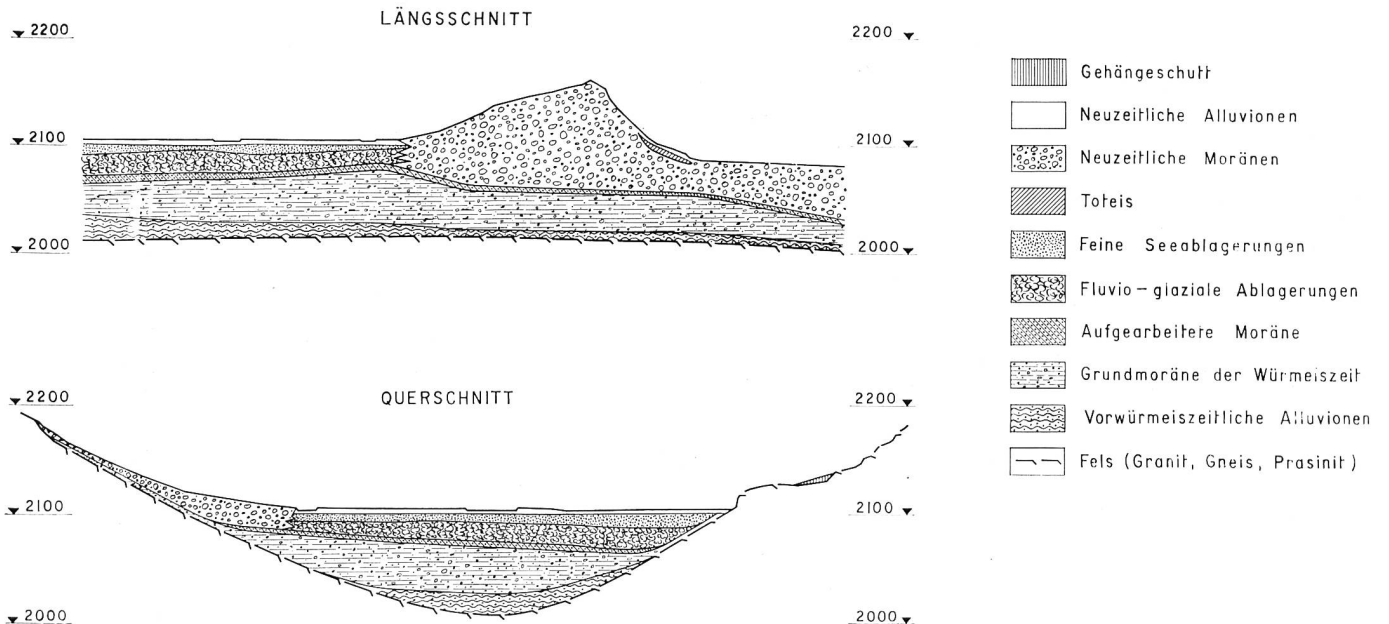


Bild 11
Die steile, nach Süden gerichtete Wand
der Nordmoräne des Allalingletschers



c) Einige allgemeine Betrachtungen über Probleme der
Untergrundabdichtung

Die Tatsache, daß die Stärke der Moränen- und Alluvionalüberlagerungen es unmöglich macht, den Kern, wie z. B. beim Staudamm auf der Göscheneralp, auf Fels zu fundieren, führte dazu, die Frage der Fundation der Sperrstelle als besonderes Problem zu betrachten. Sollte ein Dichtungsschirm bis auf den Fels erstellt werden? Konnte man sich mit einer Betonschlitzwand oder einem nur bis zu einer gewissen Tiefe, z. B. bis auf die Grundmoräne, reichenden Injektionsschirm begnügen, wie man anfänglich gehofft hatte?

Die 1956 und 1957 an Ort und Stelle durchgeführten Sondierungen haben gezeigt, daß die Grundmoräne ziemlich heterogen ist.

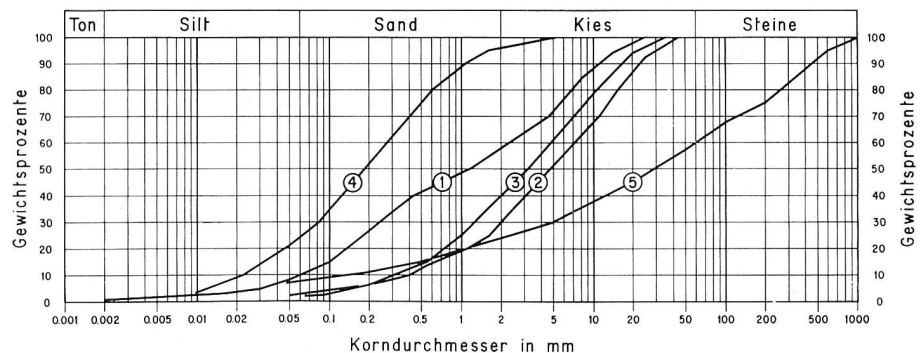
Bei der Festlegung der Fundationsart handelt es sich einerseits um ein Stabilitätsproblem, andererseits um

ein wirtschaftliches Problem. Bezüglich der Stabilität darf unter einem Damm keine zu starke Wasserbewegung zugelassen werden, welche zum Ausschwemmen feinerer Teile im Untergrund führen könnte und daher mit gefährlichen Setzungen verbunden wäre. Betreffend die Wirtschaftlichkeit stellt sich die Frage, ob die Wasserverluste, welche technisch gesehen vielleicht geduldet werden könnten, tragbar sind.

Das zweite Kriterium war in Mattmark ausschlaggebend, um den wasserdichten Kern des Dammes mittels eines Injektionsschirmes bis auf den Fels zu verlängern. Dies vor allem, da eine Berechnung der voraussichtlichen Wasserverluste bei einem Teilschirm in Mattmark nicht mit Sicherheit durchgeführt werden konnte. Die Erstellung eines so großen Injektionsschirmes wäre ohne die in den letzten Jahren erreichten Fortschritte auf dem Gebiet der Untergrundabdichtung

Bild 12
Mittlere Kornverteilungskurven der
einzelnen Dammuntergrundsichten
der Mattmarkebene

- ① Vorwürmeiszeitliche Alluvionen
- ② Grundmoräne der Würmeiszeit
- ③ Fluvio-glaziale Ablagerungen
- ④ Feine Seeablagerungen
- ⑤ Südliche Seitenmoräne des Allalingletschers



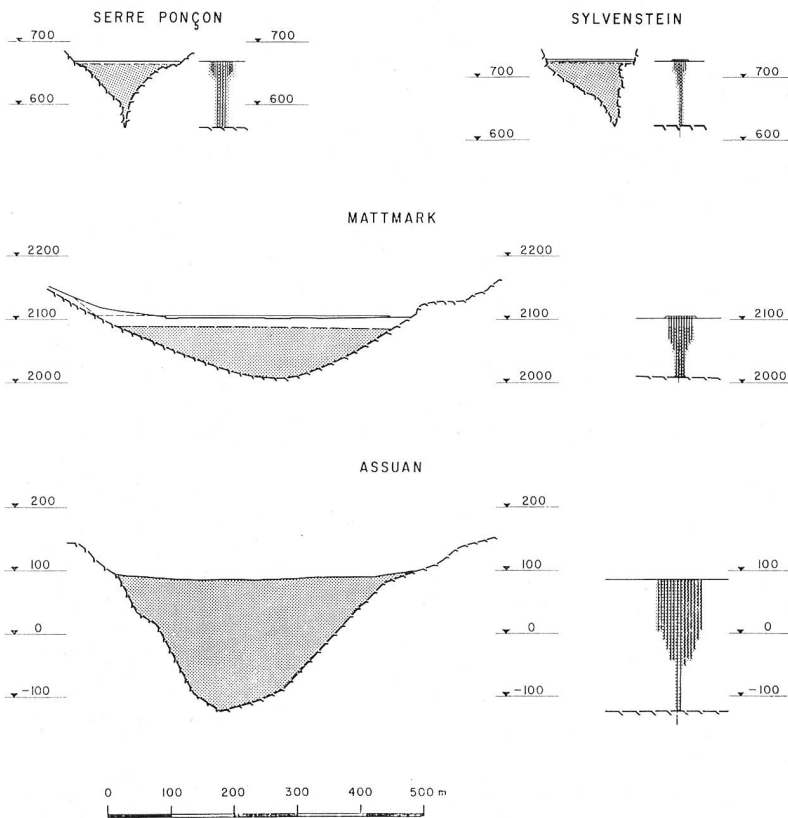


Bild 13 Vergleich der Quer- und Längsschnitte der Injektionsschirme von Serre Ponçon, Sylvenstein, Mattmark und Assuan

weder technisch noch wirtschaftlich denkbar gewesen. Es soll deshalb etwas näher auf diese Abdichtungstechnik eingegangen werden.

Das Problem als solches ist nicht neu. Bei der Erstellung des Marmoreradammes war es auf der linken Talseite ebenfalls nicht möglich, den Damm gänzlich auf den Fels abzustützen. Die Ausführung einer Betonschlitzwand wie in Marmorera wurde selbstverständlich auch für Mattmark bis in alle Einzelheiten geprüft. Die Verhältnisse sind hier jedoch wesentlich anders, und besonders das Risiko der Rissebildung als Folge von Senkungen sprach nicht für diese Lösung. Die Schwierigkeit, den Kontakt zwischen dem Kern und einer solchen Betonschlitzmauer sicherzustellen, ließ überdies für einen 115 m hohen Damm ernste Bedenken aufkommen. Diesen Nachteilen einer relativ dünnen Schlitzwand steht der Vorteil eines breiten Schirmes im Falle einer Lösung mit Injektionen gegenüber. Im übrigen ist es möglich, die Injektionsreihen besonders im oberen Teil, d. h. bis auf die Grundmoräne, ohne eine allzu große Kostenerhöhung zu vermehren. Auch ist diese Lösung mit Injektionen im Falle von Mattmark einfacher und schneller auszuführen als eine Betonschlitzwand, was als wesentlicher Vorteil zu bewerten ist. Sollte trotz aller Vorsichtsmaßnahmen an der einen oder anderen Stelle eine weniger abgedichtete Zone verbleiben, so gewährleistet die Breite des Schleiers doch eine genügende Sicherheit.

Diese Gedankengänge bilden die grundlegende Idee dieser Lösung, welche schon bei anderen Sperrstellen angewandt wurde, wie die nachstehend aufgeführten Beispiele zeigen.

— Von der Electricité de France wurde von 1955 bis 1959 bei Serre Ponçon an der Durance ein gleich gro-

ßer Damm wie in Mattmark gebaut. Dort wurde eine ähnliche Disposition mit Injektionsschirm angewandt. Die Absperrfläche betrug jedoch nur 4200 m².

— In Deutschland wurde beim Bau des Dammes Sylvenstein von 900 000 m³ Volumen an der Isar der gleiche Weg eingeschlagen. Die Absperrfläche beträgt dort 5200 m².

— In Kanada ist am Bridge River für den Mission Dam ebenfalls ein Injektionsschirm mit einer Absperrfläche von etwa 2300 m² erstellt worden.

Bei allen diesen Werken handelt es sich um Flußkraftwerke, welche nur kleines Gefälle aufweisen, und wo somit die Wasserverluste an sich keine maßgebende Rolle spielen. In Mattmark ist dies jedoch nicht der Fall.

— Beim Bau des Assuandammes wird diese Methode ebenfalls angewendet. Allerdings übertrifft hier die Absperrfläche von 50 000 m² diejenige von Mattmark mit ihren 20 000 m² erheblich.

Die Schwierigkeiten für die Ausführung eines Abdichtungsschirmes und seine Kosten nehmen nicht nur mit seiner Tiefe zu, sondern hängen auch stark von der Struktur des abzudichtenden Bodens ab. Je durchlässiger und homogener ein Untergrund ist, wie z. B. grober Sand oder grober Kies in Serre Ponçon, desto einfacher gestaltet sich die Injektion und die Wahl eines Injektionsmaterials (Zement und Ton). Je größer jedoch der bereits vorhandene Undurchlässigkeitsgrad ist, wie z. B. in der Grundmoräne von Mattmark, desto umfassendere Versuche sind an Ort und Stelle erforderlich, um die Injektionsmethode festzulegen.

Es handelt sich vorerst darum, die im Laufe der Jahrhunderte durch Auswaschungen in der Grundmoräne entstandenen Sickerwege mit einem Injektionsgut

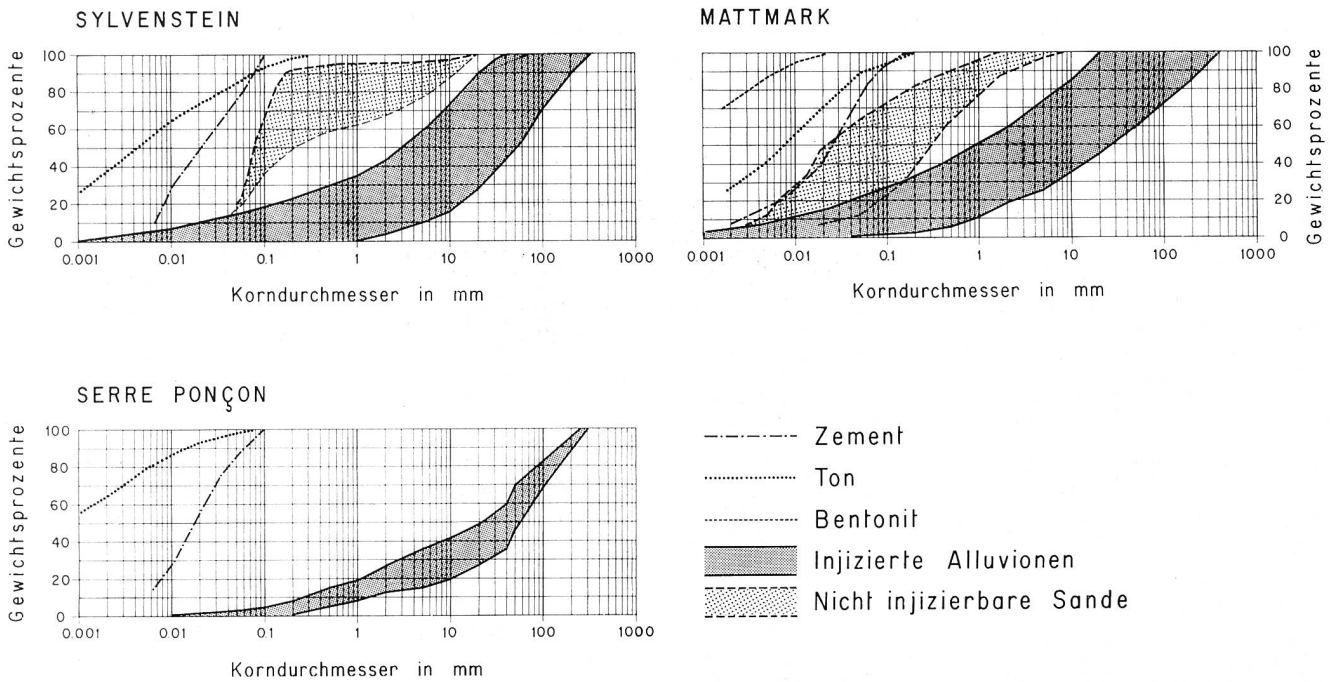


Bild 14 Vergleich der Granulowerte des Untergrundes und der Kornverteilung der Injektionsmaterialien, der Injektionsschirme von Sylvenstein, Serre Ponçon und Mattmark

von relativ grober Körnung, vorwiegend Zement, zu füllen. Dann gilt es, die Zonen mittlerer Durchlässigkeit mit einer feineren Mischung, vorwiegend Ton, zu erfassen und abzudichten. Im weiteren muß die Dichtigkeit der sandreichen Zonen, welche an und für sich schon ziemlich undurchlässig sind, mit einem extrem feinen Material wie Bentonit noch verbessert werden.

Abb. 14 zeigt links unten die mittlere granulometrische Kurve der Alluvionen von Serre Ponçon, deren Durchlässigkeit nach Darcy vor der Injektion 10^{-1} cm/s betrug, und oben rechts jene der Moräne und der Alluvionen in Mattmark, deren Durchlässigkeit vor der Injektion 10^{-2} bis 10^{-3} cm/s erreichte. Es ist schwieriger, die Dichtigkeit eines von Natur aus relativ dichten Bodens zu erhöhen, als diejenige eines sehr durchlässigen Untergrundes; d. h. es ist einfacher, von 10^{-1} cm/s auf 10^{-5} cm/s zu gelangen, als von 10^{-3} cm/s auf 10^{-5} cm/s. Zu beachten sind auf derselben Abbildung die granulometrischen Kurven des Feinsandes, welcher in Mattmark in den oberen Schichten angetroffen wird, nicht injizierbar ist und deshalb ausgebaggert werden muß.

d) Der Dichtungsschirm von Mattmark

Aus Abb. 16 ist die Anordnung der Bohrungen ersichtlich. Das Bohrlochsystem besteht aus 10 Lochreihen mit 3,5 m Reihenabstand und 3 m Lochabstand. Die Schirmbreite beträgt somit auf Höhe des Kernfundamentes 35 m und reduziert sich auf 14 m Breite in der Tiefe des Felsanschlusses im Talweg. Zur Durchführung der Bohrungen werden vor allem Rotary-Bohrgeräte eingesetzt, welche Bohrungen bis 100 m Tiefe ohne Verkleidung erlauben, da die verwendete Dickspülung, dank ihrer physikalischen Eigenschaften, die Stabilität der Bohrwände gewährleistet. Die Bohrlöcher werden anschließend mit Injektionsröhren, welche alle 33 cm eine Gummimanschette aufweisen, versehen. Die äußeren Reihen werden zuerst injiziert, um

ein unerwünschtes Wegfließen des Injektionsgutes nach außen zu vermeiden. Die Injektionen behandeln den Boden aufsteigend, von unten nach oben, indem man bei jeder Manschette der Injektionsröhren die nötige Injektionsmenge injiziert. Es ist hier wichtig, noch wichtiger als bei Felsinjektionen, mit nicht zu hohen Drücken (20 bis 25 at) zu injizieren. Sonst würde der Boden aufgesprengt und gehoben, was außerdem noch mit einer unnötig erhöhten Absorption verbunden wäre.

Das Volumen des Dichtungsschirmes wird 460 000 m³ erreichen. Für seine Erstellung werden 71 km Bohrungen und etwa 70 000 t Trockenmaterial und chemische Produkte als Injektionsgut erforderlich sein. Die Kosten sind auf etwa Fr. 900.—/m³ oder etwa Fr. 40.—/m³ behandelten Bodens veranschlagt.

Der an den Dichtungsschirm anschließende Fels wird ebenfalls durch Injektionen behandelt, wie auch die Kontaktfläche zwischen Kern und Fels, welche von zwei für diesen Zweck vorgesehenen Kontrollgängen aus systematisch durch Injektionen bearbeitet wird.

Die aufgeführten Injektionsarbeiten sind im Gange. Sie wurden im Frühjahr 1960 der Firma Swissboring AG, Zürich, übertragen. Die programmgemäße Ausführung der Arbeiten verlangte einen Aufwand von 15 großen Rotationsbohrmaschinen, welche auf Abb. 21 im Einsatz zu sehen sind. Seit dem Herbst 1961 beteiligt sich auch die Firma S. I. F., Sondages, Injections, Forages, Bussigny/Lausanne, an den Bohrungen. Die Arbeiten verlaufen programmgemäß. Das erste Drittel des Dichtungsschirmes wird im Frühjahr 1962 beendet sein, so daß die Bauarbeiten für den Damm selbst in Angriff genommen werden können.

Aus den vorstehenden Erläuterungen zeigt sich, daß es heute technisch wie wirtschaftlich möglich ist, Lokergesteine zu injizieren, und damit der Weg für neue, früher ungeahnte Verwirklichungen geöffnet wurde. Der Foundationstechnik stehen aber noch weitere Entwicklungsmöglichkeiten bevor.

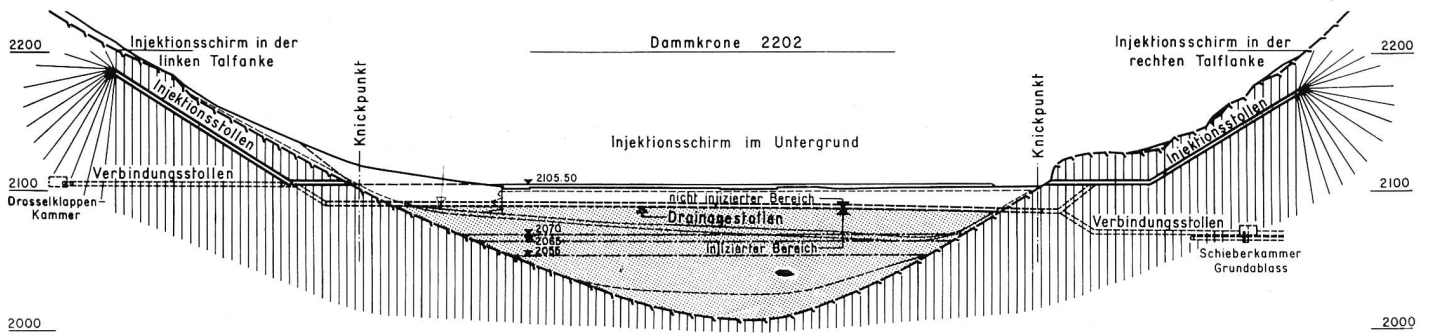


Bild 15 Längsschnitt durch den Injektionsschirm Mattmark

e) Der Dammaufbau

Soweit als möglich sollte der Damm mit den an Ort und Stelle vorhandenen Materialien gebaut werden. Diesem Grundsatz ist von Beginn der Studien an Rechnung zu tragen. Die in unmittelbarer Nähe der Baustelle liegende Nordmoräne des Allalingletschers, welche als Ausbeutungsstelle in Frage kommt, hat demzufolge die Studien in Richtung einer Ausnützung von Moränenmaterial für den Dammbau geführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen haben gezeigt, daß dieses Moränenmaterial ohne Beimischung von Ton für die Ausführung des Dammkerns verwendet werden kann und dass auch die Stabilität der Südmoräne des Allalingletschers in jeder Beziehung befriedigt, so daß ein Teil dieser Moräne als Stützkörper in das Dammbjekt einbezogen werden kann. Bemerkenswert ist das sehr hohe spezifische Gewicht dieser beiden Moränen, es beträgt etwa 3,0 t/m³.

Der Profiltyp des Dammes wurde somit einerseits durch das vorhandene Material bestimmt, der Entschluß, einen nach der Wasserseite geneigten Kern vorzusehen, steht andererseits in Zusammenhang mit der Erstellung des Dichtungsschirmes. Es ist nämlich leichter, den Injektionsschirm außerhalb der Südmoräne in einer Zone mit bedeutend weniger großen Blöcken zu erstellen.

Der Kern selbst war Gegenstand eingehender Studien an Ort und Stelle, im Feldlaboratorium und in der Versuchsanstalt für Erd- und Wasserbau an der ETH, Zürich, welche durch ihre Mitwirkung an den Versuchen einen großen Beitrag geleistet hat. Der Maximaldurchmesser der eingebauten Steine wird 200 mm betragen. Die Verdichtung des Materials ist mit Pneuwalzen vorgesehen. Man wird dabei einen Durchlässigkeits-Koeffizienten nach Darcy von 10⁻⁵ cm/s erreichen.

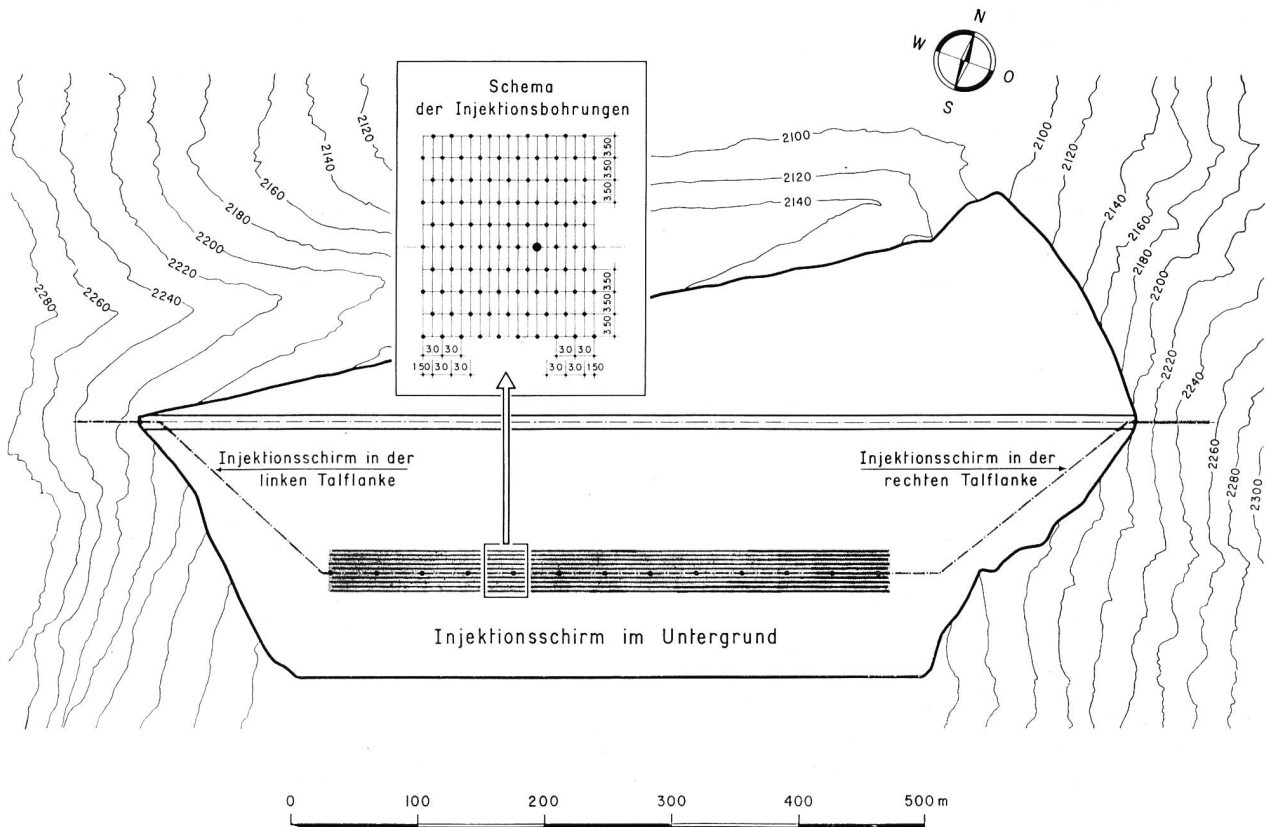


Bild 16 Anordnung der Bohrlöcher im Injektionsschirm, Situation und Schema

Der Stützkörper wird praktisch aus demselben Material bestehen, wobei jedoch Blöcke über 200 mm Durchmesser nicht ausgeschieden werden. Eine gewisse Anzahl Drainageteppiche wird das in diesem Stützkörper vorhandene Wasser weggleiten.

Eine Filter- und eine Drainageschicht von je 3 m Dicke beidseitig des Kerns haben die Aufgabe, diesen zu schützen, und zwar wasserseitig gegen Auswaschung im Falle eines raschen Absenkens des Wasserspiegels, und luftseitig, um das den Kern durchsickernde Wasser abzuleiten. Am Fuße dieser letzteren Drainage befindet sich ein Drainagestollen von 2,20 m Durchmesser, durch welchen das Sickerwasser dem Grundablaß-Stollen zugeleitet wird. Auch die Kabel- und Übertragungsleitungen der im Damm montierten Meßapparate und Meßinstrumente werden in diesem Gang untergebracht.

Die Stabilitätsberechnungen für den Damm wurden auf elektronischem Wege mit der ERMETH (Elektronische Rechenmaschine der ETH) durchgeführt. Diese erlaubte es, innerhalb kürzester Zeit mehr als 800 Gleitkreise auszuwerten und zu studieren. Das Verhalten des Dammes wird durch eingebaute Setzungspegel, Erddruck- und Wasserdruckdosensowie mit Hilfe von geodätischen Messungen kontrolliert werden.

Das Gesamtdammvolumen beträgt 10 Mio m³. Davon entfallen 3,5 Mio m³ auf den Kern, 1,5 Mio m³ auf den Filter und die Drainage sowie 5,0 Mio m³ auf den Stützkörper. Die Granulometrie der verschiedenen Schüttmaterialien ist aus Abb. 20 ersichtlich.

Die steigende Mechanisierung von Abbau und Transport ermöglicht die relativ kurzfristige Ausführung enormer Erdbewegungen. In Mattmark beträgt die Bauzeit für den Damm voraussichtlich 4 Jahre. Sowohl in Amerika als auch in Europa, wo der Bau hoher Dämme eigentlich erst nach dem Zweiten Weltkrieg einsetzte, ist eine deutliche Tendenz zur Erstellung von schmaleren Kernzonen und steileren Böschungen festzustellen. Mit den heutigen Verdichtungsgeräten gelingt es, auch lehmfreie Dammkerne mit sehr geringem Porenvolumen und weitgehender Undurchlässigkeit zu schaffen. Besteht der Stützkörper aus Steinbruch- oder Moränenmaterial, wie in Mattmark, so ist es eine Frage der Wirtschaftlichkeit, ob der Kern vertikal angeordnet werden soll, wodurch das Dammvolumen infolge steiler wasserseitiger Böschung verringert werden kann, oder aber ein schiefer Kern vorzuziehen ist, welcher erlaubt, den luftseitigen Stützkörper unabhängig vom übrigen Damm zu errichten. Dagegen werden lehmhaltige Kerne zur Vermeidung von allzu flachen wasserseitigen Böschungen meist zentral angeordnet. Als Beispiele dienen der Marmorradamm, der 122 m hohe Damm von Serre Ponçon, dessen Kern von 10 m auf 55 m zunimmt, und der Staudamm Göscheneralp mit einer maximalen Kerndicke von 46 m bei 142 m Höhe. Beim lehmfreien Kern von Mattmark beträgt die horizontale Breite am Fuß beinahe 100 m und an der Krone 10 m.

Während der Durchlässigkeitswert des Kerns in Göscheneralp rund 10^{-7} cm/s beträgt, muß man bei lehmfreien Kernen, wie in Mattmark, mit einer um etwa zwei Zehnerpotenzen höheren Durchlässigkeit rechnen; beim 155 m hohen Swift Dam, im Staate Washington, liegt sie z. B. zwischen 10^{-4} und 10^{-5} cm/s. Ähnlich wie in Mattmark sind die Verhältnisse bei dem in Schwe-

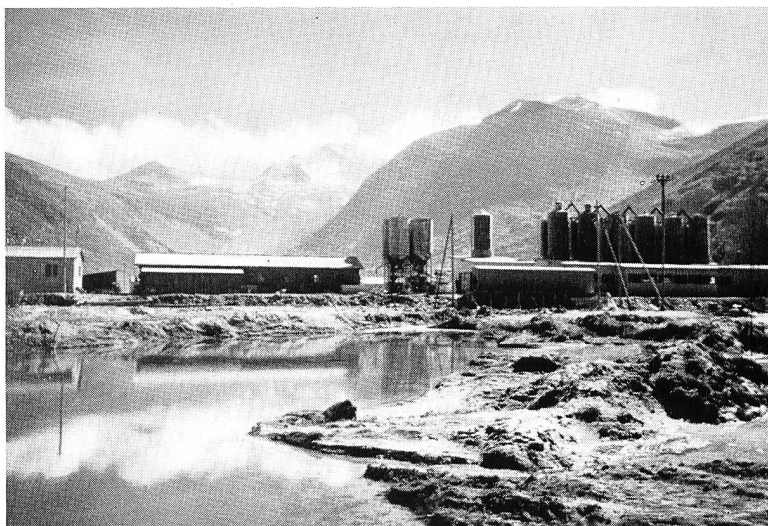


Bild 17 Blick gegen Süden von der Plattform für die Ausführung der Bohrungen und Injektionen aus in Richtung auf die Injektionszentrale und das Barackendorf der Swissboring

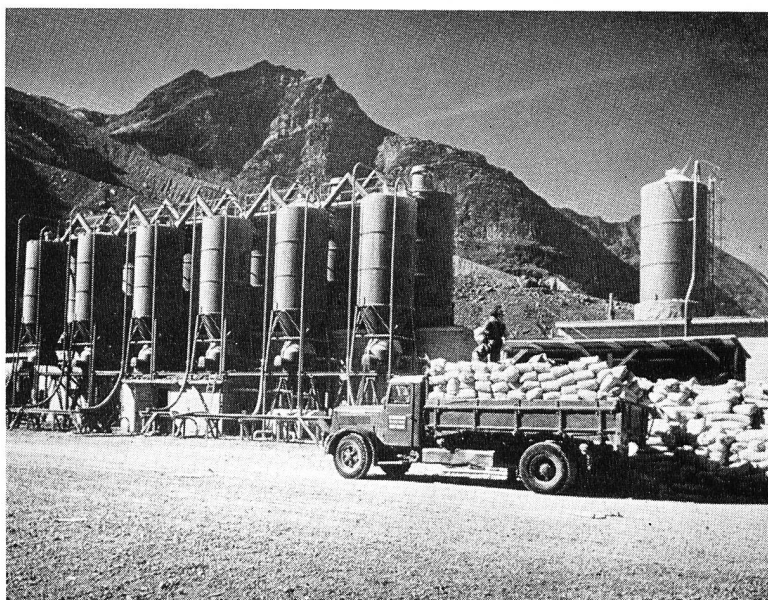
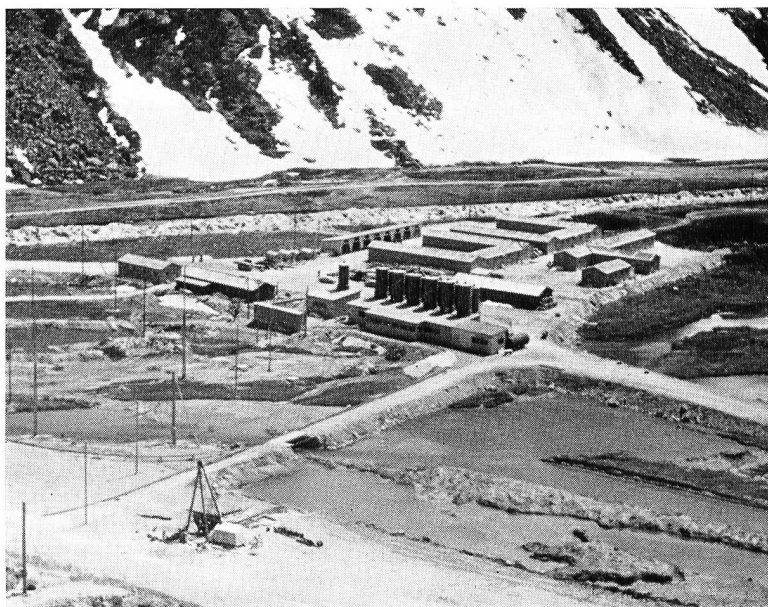


Bild 18 Die Zement- und Betonsilos hinter der Injektionszentrale

Bild 19 Die Anlagen für den Injektionsschirm in der nördlichen Mattmarkebene vom Baulabor auf der Südmoräne aus gesehen.

Im Vordergrund sind die Plattform für die Ausführung der Bohrungen und der Injektionen, in Bildmitte die Injektionszentrale mit den Zement- und Pentonitsilos und das Barackendorf der Swissboring zu sehen.



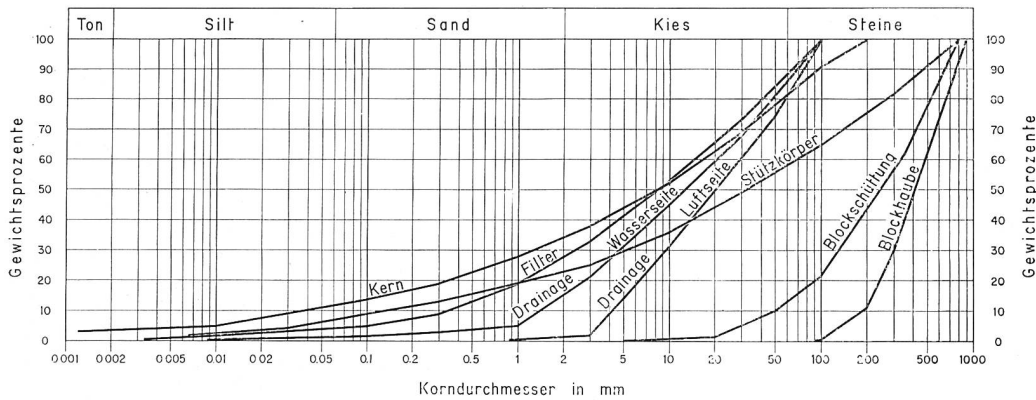


Bild 20
Mittlere Kornverteilungskurven der einzelnen Dammschichten

den im Bau befindlichen Trängslet-Damm. Auf Gebirgsbaustellen ist natürlich die Verwendung von kohäsionslosem, lehmfreiem Kernmaterial sehr erwünscht, da dieses nur geringe Porenwasserspannungen aufweist und deshalb selbst bei schlechter Witterung einen kaum eingeschränkten Einbau ermöglicht.

Der Damm von Mattmark wurde nach einer beschränkten Ausschreibung vergeben, aus welcher verschiedene sehr interessante technische Vorschläge hervorgingen. Im Mai 1961 wurde dieses Bauobjekt dem Konsortium Arbeitsgemeinschaft Staudamm Mattmark übertragen, welches von den nachstehend aufgeführten Unternehmungen gebildet wird:

- Schafir & Mugglin AG, Saas Almagell
- AG Conrad Zschokke, Sitten
- Losinger & Cie., Sitten
- AG Hatt-Haller, Zürich
- Bleß & Cie., Zürich
- Locher & Cie. AG, Zürich.

Heute sind die wichtigsten Installationen durchgeführt und die Zufahrtswege erstellt. Im Frühjahr 1962 wird mit dem eigentlichen Bau des Dammes begonnen.

f) Nebenbauwerke

Die Hochwasserentlastung ist für eine Leistung von 150 m³/s, d. h. etwa 4 m³/s · km² direktem

Einzugsgebiet, bei einem Überstau von 1 m vorgesehen, was einem zusätzlichen Retentionsvermögen des Sees von nahezu 2 Mio m³ entspricht. Das Hochwasserentlastungsorgan besteht aus einem freien Überfall; jedes Versagen von mechanischen oder elektrischen Einrichtungen wird dadurch ausgeschaltet. Ein mittlerer Abfluß mit einer Schluckfähigkeit von 20 m³/s ist 20 m unter der höchsten Staukote angeordnet.

Der Grundabfluß ist für eine Wassermenge von 50 m³/s dimensioniert und soll vor allem der Regulierung bei Teilstau dienen. Ab 1. Mai 1962 wird er als Umleitstollen verwendet.

5. Anlagekosten

Die gesamten Anlagekosten der Werkgruppe sind auf 400 Mio Franken veranschlagt.

Es trifft wohl zu, daß die in Mattmark produzierte Energie etwas teurer zu stehen kommt als jene von Mauvoisin zum Beispiel, aber heutzutage wird das für jedes neue Speicherwerk mit gleichwertiger Energieproduktion der Fall sein. Die gegebene klare und einfache Konzeption der Anlage, welche den Betrieb sehr erleichtern wird, und die Qualität der Energieproduktion, haben es jedoch trotz diesem Umstand dem Bauherrn ermöglicht, den Baubeschluß zu fassen.



Bild 21
Bohrgeräte auf der Arbeitsplattform in Arbeit

Bilder

- Titelbild Photo Klopfenstein AG, Adelboden
- 4, 5 Photos Militärflugdienst
- 6 Photo Lonza AG
- 7, 11, 17/19, 21 Photos Elektro-Watt