Bau von Staumauern im Gebirge : Anwendungsbereich amerikanischer Baumethoden

Autor(en): **Lüchinger, Albert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **40 (1948)**

Heft 10-11

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-921624

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

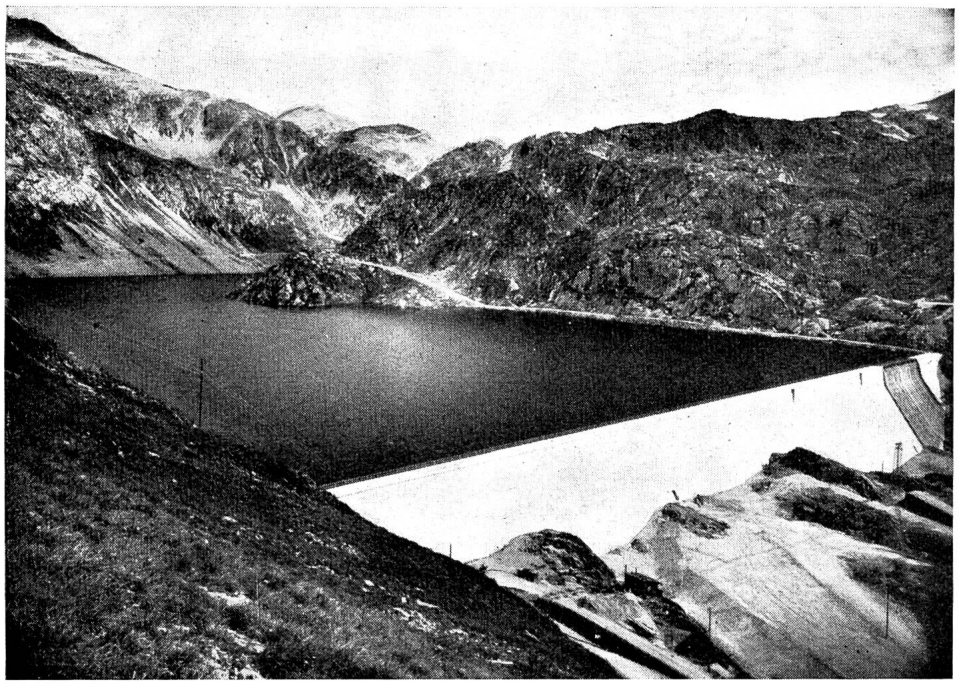


Abb. 1 **Sella.** Schwergewichtsmauer, 30 m hoch, 320 m lang, Betonkubatur 70 000 m³, Stauziel 2256 m ü. M. Ansicht vom Unterwasser.

Bau von Staumauern im Gebirge

Anwendungsbereich amerikanischer Baumethoden[1]

Von *Albert Lüchinger,* Oberingenieur, Fa. Locher & Cie., Zürich

Die Diskussionen um unsere grossen Winterspeicherwerke lassen natürlich den Bauingenieur nicht teilnahmslos. Wir sind uns dessen bewusst, dass die baulichen Gesichtspunkte nicht ausschlaggebend für die Wahl des einen oder andern Projektes sind. Anderseits scheint uns eine kurze Darstellung der modernen Bauweise des Hauptobjektes dieser Werke, der Staumauer, doch von allgemeinem Interesse zu sein. Wir wollen uns hier nicht im speziellen zu den Bauten der einzelnen Speicherobjekte äussern; unsere Darlegungen gelten ganz allgemein für die heute im Vordergrund stehenden hochgelegenen schweizerischen Großstaustellen Oberaar, Greina, Dixence und Mauvoisin.

Im April dieses Jahres fuhren wir mit einem Besuch aus England auf den Seilbahnen ab Handeck zu den verschiedenen im Bau befindlichen Anlagen des Kraftwerkes Handeck II. Als wir von der Höhe aus die vielgestaltigen Baustellen erklärten, meinte der Engländer ganz spontan, jetzt begreife er, warum die Schweizer so intensiv arbeiten müssten. Er war von der Komplexität unserer Gebirgsbauverhältnisse ausserordentlich beeindruckt. Umgekehrt erging es uns, als wir im März dieses Jahres amerikanische Staumauerbaustellen besuchten; wir waren von der relativen Einfachheit der grossen Flachlandbauten eher ernüchtert.

Die ersten Probleme unserer Gebirgsstaumauerbauten sind die Unterkunft der Arbeiter und die Transportwege. Eine mittlere Staumauerbaustelle erfordert *Unterkunft* für etwa 500 Arbeiter und Angestellte. Bei der mindestens zehnstündigen Arbeitszeit an unseren Gebirgsbaustellen müssen Unterkunft und Kantine möglichst nahe beim Bau liegen. Schon ein Zehnminutenmarsch zur Kantine ist den Leuten nach harter Arbeit zu viel. Die Verlegung der Unterkünfte abseits der Baustelle ins Tal wird nur bei stark verkürzter Arbeitszeit möglich sein. In Amerika ist diese Lösung mit Achtstundentag, kurzer Mittagspause und Auto für jeden Arbeiter die normale.

Das wichtigste sind gute Verpflegung in angenehmen Kantinenlokalen und gemütliche Aufenthaltsräume. Schlafräume können ganz einfach sein, allerdings sollten nicht mehr als sechs Betten im gleichen Schlafraum aufgestellt werden. Für ganz grosse Baustellen werden sich gemauerte Bauten empfehlen; ein gemauerter; solider Bau im Sinne eines Hospizes wird der ganzen Belegschaft ein Gefühl der Wohnlichkeit der Baustelle geben.

Genügend *Transportmöglichkeiten* sind für die moderne Grossbaustelle so wichtig wie genügende Nachschubmöglichkeit für die Armee. Wenn möglich sollte die Baustelle mit einer Strasse zugänglich gemacht werden. Die heutigen Installationen erfordern Transporte von Einzellasten bis zu fünfzehn Tonnen, was für Seilbahnen meist schwierige Probleme ergibt. Die Strasse hat den weiteren grossen Vorteil, dass die Arbeiter und Angestellten das Gefühl der Verbindung mit dem Tal erhalten. Angestellte haben bei den heutigen Automöglichkeiten rasche Verbindung mit den Familien, die im Tal wohnen. Für die Wintermonate sind Seilbahnen natürlich unerlässlich.

[1] Vortrag an der Mitgliederversammlung des Linth-Limmatverbandes vom 1. Oktober 1948 in Zürich.

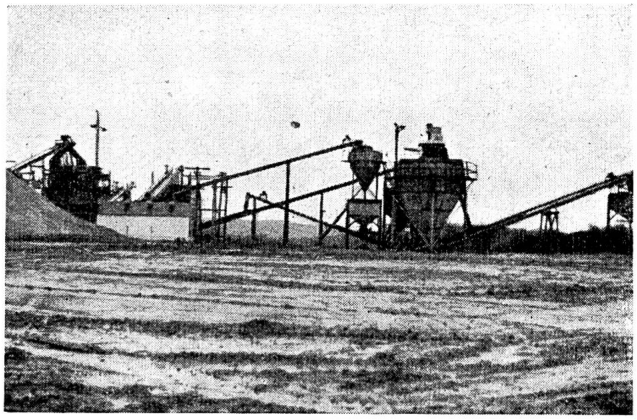


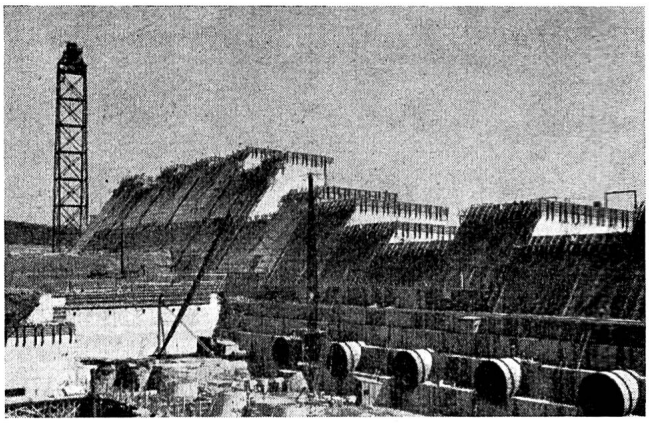
Abb. 2 Fort Gibson Dam am Gran River Oklahoma (USA). Kiesaufbereitungsanlage.

Die beiden Staumauern Lucendro und Sella am Gotthard hatten Strassen- und Seilbahnverbindung. Die gleichen Möglichkeiten haben die Baustellen Cleuson und Rätherichsboden. Sofern eine Strassenzufahrt aus topographischen und geologischen Gründen nicht möglich ist, muss die Baustelle mit reichlichen Seilbahnen gut zugänglich gemacht werden. Es werden eine Bahn für Schwertransporte, eine Bahn für Personen und Normalfrachten und im weiteren eine spezielle Zementbahn gebaut werden müssen.

Der *Zement*transport ist für jede grosse Mauer eines der ersten Probleme. Es handelt sich dabei um Quantitäten von 50 000 Tonnen für mittlere Mauern, bis 200 000 Tonnen für Greina und über 1 000 000 Tonnen für Gross-Dixence. Die Frage: Strassen- oder Seiltransport? muss für jeden Staumauerbau besonders behandelt werden. Lucendro und Sella hatten Seiltransport, namentlich wegen Mangels an Autotreibstoff während des Krieges. Heute würde in Anbetracht der bestehenden guten Zufahrtsstrasse wahrscheinlich Autotransport gewählt. Rätherichsboden wird Zement ab Bahnstation Innertkirchen auf 18 km Länge über die Grimselstrasse erhalten, die Höhendifferenz Innertkirchen-Rätherichsboden beträgt etwa 1100 m. Für Cleuson mit einer Höhendifferenz von 1700 m zwischen Bahnstation und Baustelle und ohne bestehende gute Strasse ist Seilbahntransport die gegebene Lösung. Für Cleuson und Rätherichsboden wird der Zement in Spezialbehältern von 400 kg Inhalt ab Zementfabriken antransportiert.

Das zweite Hauptproblem im Staumauerbau ist die Beschaffung des *Kiessand-Materials* für den Beton. Die richtige Lösung ist ausschlaggebend sowohl für die Qualität als auch für die Kosten der Mauer. Das Gewicht von Kiessand ist für Beton etwa zehnmal grösser als das Gewicht des Zementes. Es ist daher wichtig, Kiessandmaterial in möglichster Nähe der Baustelle zu finden. Im günstigsten Fall liegt Kiessand im Becken des künftigen Stausees. Das war bei der Grimselmauer der Fall, trifft auch zu für die Rätherichsbodenstaumauer und wird im Oberaar der Fall sein. In der Greina ist günstiges Kiesvorkommen am Ende des Staubeckens. Weitere Gewinnungsstellen sind Moränen in der Nähe der Baustelle, wie bei Cleuson und Dixence. Im ungünstigsten Fall muss das Kiessandmaterial aus Fels gewonnen und gebrochen werden. Bei den Staumauern Sella und Lucendro war in Mauernähe kein natürlicher Kies zu finden, es mussten Steinbrüche eröffnet und Kies und Sand gebrochen werden. Zur besseren Verarbeitung und Dichtigkeit wurden dem Beton etwa 12 % Rundsand aus dem Vierwaldstättersee beigemischt.

Bei mittlerer Mauergrösse erhöht sich der Betonpreis bei Verwendung von Brechschotter statt Rundkies um etwa Fr. 12.–/m³, das sind etwa 15 % der Mauerkosten. Bei grossen Mauerkubaturen können die Schottergewinnungs-Installationen nach amerikanischem Muster gross ausgebaut und die eigentlichen Fabrikationskosten des Schotters stark reduziert werden. Damit wird der Preisunterschied zwischen Rundkies und Brechschotter geringer. In Amerika werden viele Staumauern aus Brechschotter gebaut. Qualitativ besteht heute bei richtiger Aufbereitung und Reinigung des Materials kaum mehr ein Unterschied. Die neuzeitlichen Grossgeräte haben die Möglichkeit der Verwendung von Brechmaterial begünstigt. Wir haben in den Vereinigten Staaten zwei grosse Mauerbauten mit nur Brechmaterial im Bau gesehen.



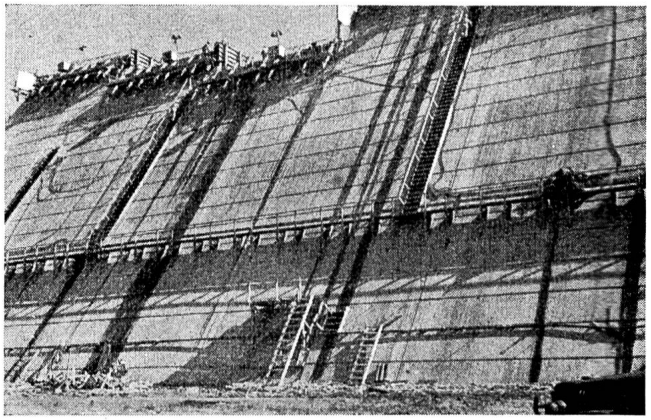


Abb. 3 Wolf Creek Dam am Cumberland River in Kentucky (USA). 60 m hohe Betonmauer mit 750 000 m³ Beton. Unten: Detailansicht der Mauer, Luftseite. Die Arbeitsfugen sind aussen markiert, was die Ansichtsfläche angenehm belebt.

Die *Betonierung* von Staumauern erfolgt mit Kabelkranen oder mit Brückenkranen. Der erdfeuchte Beton wird bei beiden Systemen mit Kübeln auf der Betonierstelle entleert und mit Vibratoren eingerüttelt. Bauten mit Kabelkranen waren die Grimsel- und Gotthardmauern, heute die Cleuson- und Rätherichsbodenmauern. Für die Staumauer Rossens wurden Brückenkrane verwendet. Das Fahrgerüst konnte bei dieser Bogenmauer ausserhalb des Mauerkörpers aufgestellt werden; bei Schwergewichtsmauern mit den grossen Mauerbreiten ist das nicht möglich.

Bei amerikanischen Mauerbauten werden im gleichen Verhältnis Kabelkrane oder Brückenkrane verwendet, diese namentlich bei langen, flachen Staumauern. Die Fahrbrücken sind Stahlkonstruktionen. Stahl ist in Amerika viel billiger als bei uns. Für unsere Gebirgsstaumauern in V-förmigen Schluchten werden meistens Kabelkrane im Vorteil sein. Diese können während dem Fortschreiten des Fundamentbaues montiert werden; nach Fertigstellung des Aushubes kann anschliessend sofort der erste Beton eingebracht werden. Bei Verwendung von Brückenkranen muss nach Beendigung des Aushubes erst noch die Fahrbrücke aufgebaut werden.

Die Placierung der Kabelkrane mit ihren Verankerungen im Gelände ist für manche Mauer eine schwierige Aufgabe. Richtig projektiert ist ein Kabelkran eine ebenso zuverlässige Maschine wie ein Brückenkran. Für ausserordentlich grosse Leistungen sind Brückenkrane im Vorteil, da ihre Zahl beliebig vermehrt werden kann.

Die Amerikaner verwenden bei ihren Kabelkranen Betonkübel bis 6 m³ Inhalt. Das Einbringen so grosser Massen in einem Arbeitsvorgang hat uns nicht befriedigt. Unseres Erachtens sollte die Kübelgrösse wenn möglich auf 3—4 m³ begrenzt werden. An der Lucendromauer wurde die weitere Verteilung aus dem Kübel über hängende Betonierbühnen vorgenommen, wobei der Beton in niederen Schichten direkt an die Verwendungsstelle geführt wurde. Dasselbe System wird mit vergrösserter Leistung nächstes Jahr an der Rätherichsbodenmauer verwendet; es wird sich dabei zeigen, wie weit diese für die Betonqualität wohl beste Methode auch für grössere Staumauern anwendbar sein wird.

Interessante Neuerungen haben die Amerikaner in den letzten Jahren in der *Betonzusammensetzung* eingeführt. Die ideale Mauer ist ein monolithischer Betonkörper, ähnlich einem gewachsenen Felsriegel oder einem kompakten Erddamm. Diesem Ziel stellt sich das Schwinden des Betons entgegen, es besteht die Gefahr von Rissen. Die Amerikaner suchen seit Jahren nach Mitteln, diese Risserscheinungen zu mildern. Für Amerika ist das Problem besonders wichtig, da die Mauern teilweise in heissen Gegenden gebaut werden, wo die Rissgefahr viel grösser ist als in unseren kühlen Gebirgsgegenden. Die Gegend der grossen Boulder-Staumauer hat Wüstenklima mit hohen

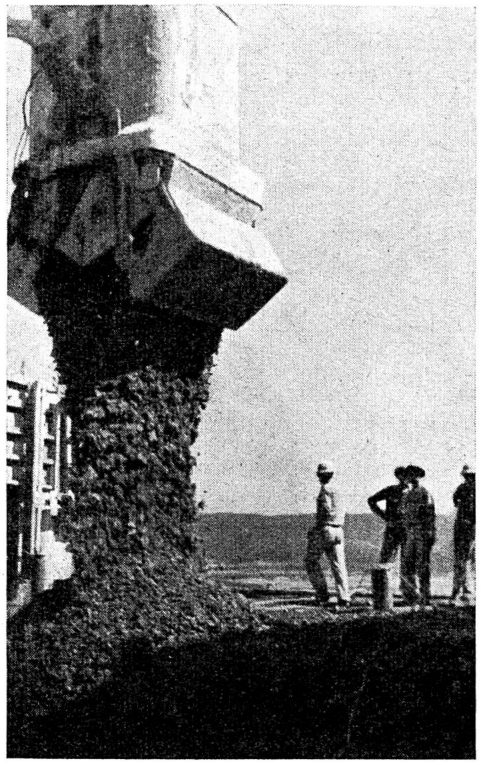


Abb. 4
Wolf Creek Dam. Entleerung eines Kabelkrankübels von 6 m³ Inhalt.

Lufttemperaturen und einem Jahresniederschlag von 130 mm. In Amerika wird für grosse Staumauern ein Spezialzement, sogenannter «low heat» oder «moderate heat» Zement verwendet, der eine geringe Wärmeentwicklung hat. Es ist Zement mit hohem Dikalziumsilikat-Gehalt, was namentlich durch kleinere Ofentemperatur erreicht wird. Der Nachteil ist langsameres Abbinden und hoher Alkaligehalt. Der hohe Alkaligehalt des Zementes, zusammen mit alkalihaltigen Zuschlagsstoffen, führte bei einigen amerikanischen Mauern zu Schäden. Für unsere Gebirgsklimaverhältnisse sind diese Nachteile des «low heat» Zementes eher grösser als die Vorteile geringerer Wärmeentwicklung. Unser Weg geht daher nicht in chemischer, sondern in mechanischer Richtung, das heisst gröbere Mahlung des Zementes. Damit wird nach Erfahrungen bei der Lucendromauer das Schwinden reduziert.

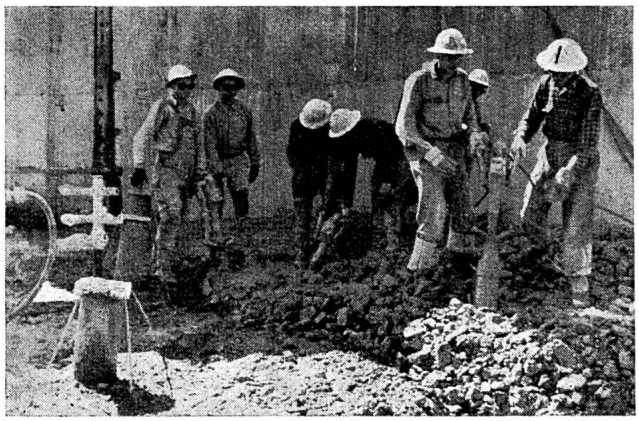


Abb. 5 Wolf Creek Dam. Vibrieren des Betons mit 150 mm Maximalkorn.

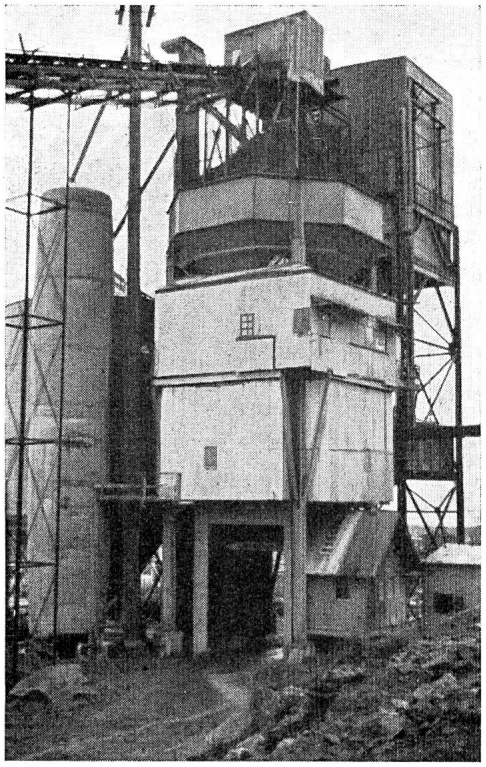


Abb. 6 Fort Gibson Dam am Gran River Oklahoma (USA). Typisch amerikanischer Mischturm mit Eisanlage.

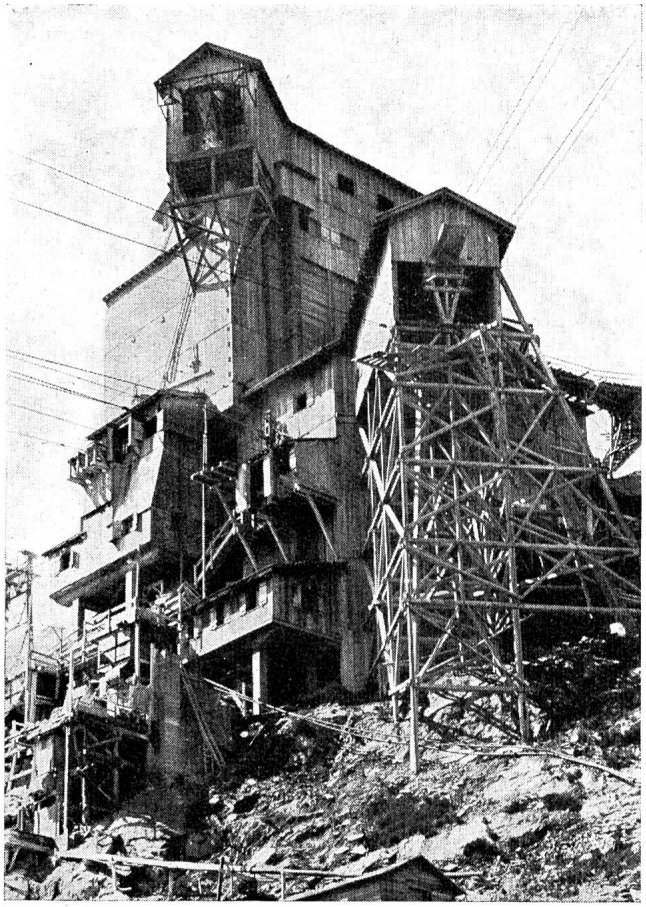


Abb. 7 Lucendro. Aufbereitungs- und Betonieranlage.

Ein weiteres Mittel zur Reduktion des Schwindens ist die Verwendung von grossem Kieskorn. Die Amerikaner verwenden heute Korn bis 20 cm im Kernbeton. An der Rätherichsbodenmauer wird zum erstenmal bei uns ein Kieskorn bis zu 18 cm verwendet werden. Weitere Massnahmen zur Verringerung der Rissgefahr, wie möglichste Reduktion der Zementdosierung und des Anmachwassers, werden bei uns seit langem angewendet. Künstliche Kühlung des Betons mit zirkulierendem Wasser in eingelegten Rohren oder mittels Eis im Beton ist in unserem Gebirgsklima für mittlere Mauergrössen nicht erforderlich. Für sehr grosse Mauern dagegen wird sich auch bei uns dieses Problem stellen. Abb. 6 zeigt eine amerikanische Betoninstallation mit Eisanlage.

Eine Frage, die heute bekanntlich nicht nur technische, sondern auch militärische Bedeutung erlangt hat, ist der *Mauertyp:* Schwergewichtsmauer, aufgelöste Hohlmauer oder Bogenmauer? Unsere grossen Baustellen im Hochgebirge sind für die Ausführung von reinen Bogenmauern leider meist nicht geeignet. Die beiden Talflanken sind bis zur gewünschten Stauhöhe hinauf zu wenig regelmässig, das heisst es fehlt gewöhnlich das zweite gute Widerlager. Weder Oberaar, Greina noch Gross-Dixence können bei Vollausbau als reine Bogenmauern ausgeführt werden. Unsere Staustellen in Mittellagen wie Jogne und Rossens sind Bogenprofile. Die Bogenmauer erfordert weniger Betonkubatur, hat aber den Nachteil, dass eventuell auftretende Schwierigkeiten in den Widerlagern Profil und Bauprogramm der ganzen Mauer beeinflussen. Bei der Schwergewichts- und Pfeilermauer ist jeder einzelne Mauerblock unabhängig vom andern.

Die Frage Schwergewichts- oder aufgelöste Hohlmauer hat uns beim Bau der Lucendro- und Sellamauer stark beschäftigt. Wir hatten Gelegenheit, beide Mauertypen gleichzeitig auszuführen. Ursprünglich waren sowohl die Lucendro- als auch die Sellamauer als aufgelöste Nötzlimauern projektiert. Beide Mauern liegen in flachen, muldenförmigen Profilen, wie sie sich ganz speziell für Pfeilermauern eignen. Die Lucendromauer ist 68 m, die Sellamauer 30 m hoch. Mitbestimmend für die Projektierung von Hohlmauern war 1941/42 der Mangel an Zement und die hohen Kosten für das Betonmaterial, das alles gebrochen oder als Zusatzsand weither geführt werden musste. Das Studium der Ausführung zeigte, dass diese Vorteile für die hohe Lucendromauer, aber kaum für die niedrige Sellamauer gelten konnten. Die Möglichkeit der Kubatureinsparung der niedrigen Sellamauer wurde wieder kompensiert durch erschwerte Fundamentsaushübe und komplizierte Hohlraumschalungen. Da die Kosten für Hohl- oder Vollmauer praktisch die gleichen waren, entschlossen sich Bauleitung und Bauherrschaft zur Ausführung der Vollmauer für die Sella nach folgenden Grundsätzen: Minimale Einbindung der Mauer in den Fels, Kernbeton mit Zementdosierung von nur 170 kg

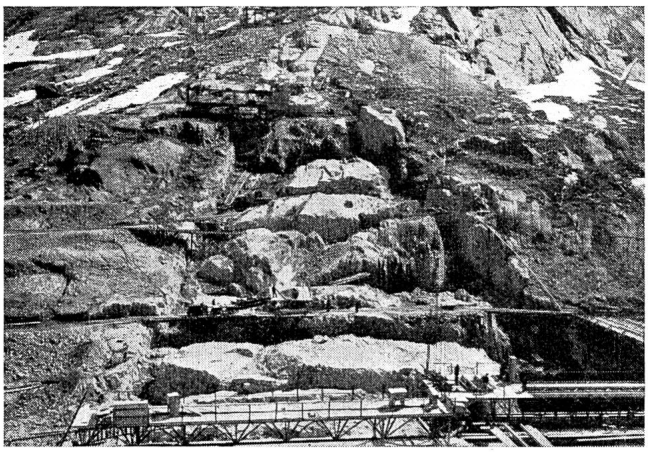


Abb. 8 Lucendro. Aushub der Schlitzfundamente der Mauerpfeiler.

pro m³ Beton mit wasser- und luftseitigem Schutzbeton von 270 kg Dosierung. Die Lucendromauer wurde als Hohlmauer, Typ Nötzli, ausgeführt. Bei dem speziellen Muldenprofil und den damaligen Schwierigkeiten der Zement- und Kiessandbeschaffung war dies sicher die richtige Lösung. Für die meisten unserer Gebirgsprofile und mit der fortschreitenden Mechanisierung des Baubetriebes scheint mir der Weg eher in Richtung der Schwergewichtsmauer mit eventuellen Fugenaussparungen zu liegen. Die aufgelösten Mauern sind in den Jahren 1920—1930 eigentlich in Amerika aufgekommen. Nötzli hatte seinen Mauertyp in Amerika entwickelt. Heute werden dort kaum mehr aufgelöste Mauern gebaut, weil sie zu viel Handarbeit erfordern. Steigende Löhne verteuern Pfeileraushübe und Schalungen, und vermehrte Mechanisierung reduziert die Kosten von Flächenfundamenten und von Betonkiesmaterial. Ein Hauptargument für die Hohlmauer ist die Reduktion des Auftriebes und die Möglichkeit der Kontrolle im Innern der Mauer. Es hat in der Tat etwas Imposantes, dieses Jahr bei gefülltem See das Innere der Lucendromauer mit nur wenigen Metern Beton hinter 60 m hohem Wasserdruck besichtigen zu können. Für jeden konstruktiv empfindenden Ingenieur eine Freude.

Bei grossen Speichern stellt sich das Problem der *etappenweisen Ausführung* der Staumauern. Die Mauer wird für eine reduzierte Höhe vorerst nicht auf die volle Breite gebaut, um mit der anfänglichen Betonkubatur möglichst bald nutzbaren Stauraum zu erhalten. In den weitern Etappen wird die Mauer sukzessive verbreitert und erhöht. Für die Verbindung zwischen alten und neuen Mauerteilen müssen Verdübelungen mit Schubfugen oder Eisenstangen und provisorisch offen gelassene Fugen vorgesehen werden. Dies ergibt Mehrkosten. Stark erschwert wird auch der Aushub der weiteren Etappen, indem der Ausbruch an den Hängen nicht mehr in der Fallinie der Talflanken hinunter geschossen werden kann. Die Frage der etappenweisen Erhöhung ist, wie überhaupt jede Frage des Staumauerbaues, in starkem Masse ein Ausführungsproblem. Vom Standpunkt der Bauausführung aus sollten Etappen wenn möglich nur vorgesehen werden, wenn zwischen einzelnen Etappen Unterbrüche von mehreren Jahren bestehen. Falls kontinuierlich gebaut wird, sollte der Rohaushub möglichst in einer Etappe und die Betonierung ohne komplizierte Verdübelung ausgeführt werden.

Die *Bauzeiten* und die *Baukosten* sind bei Gebirgsstaumauern besonders schwer abzuschätzen. Beide Werte wachsen mit zunehmender Höhe über Meer. Zum Glück wächst auch der Wert des Speicherwassers mit dem zunehmenden Gefälle. Die Höhenlage ist im allgemeinen bestimmend für die Länge der Bausaison. Ausser der absoluten Höhenlage spielen aber für die Bausaison selbst die lokalen Klimaverhältnisse eine grosse Rolle, wie Niederschläge, Nebel und Wind. Die Lucendrobaustelle mit Mauerkrone auf 2136 war klimatisch ausgesprochen ungünstig. Am Pass gelegen, ist Lucendro den schlechten Witterungseinflüssen der Nord- und Südseite ausgesetzt mit viel Regen, Nebel und Schnee. Die abseits des Passes gelegene Sellamauer mit Kronenhöhe 2258 hat viel günstigere Klimabedingungen, mehr Sonne und selten Nebel. Beginn und Schluss der Bausaison waren dieselben, dagegen war die Zahl der Arbeitstage innerhalb der Saison grösser. Die Verhältnisse an der Grimsel sind ähnlich denjenigen am Gotthard. Rätherichsboden hat mit Mauerkrone 1768 eine um etwa einen Monat längere Bausaison, die Saison selbst ist eher ungünstig. Umgekehrt wird Oberaar sehr kurze, aber wahrscheinlich günstigere Bauperioden haben.

Die Verhältnisse an der Greina werden denen am Lucendro ähnlich sein. Der Beginn der Saison am Lucendro war Anfang Juni und Saisonschluss Ende Oktober. Wir hatten Oktober mit Schnee vom ersten bis zum letzten Monatstag. Am Lucendro wurde durchschnittlich an 112 Tagen betoniert. Ungleich günstiger sind natürlich die Verhältnisse im Wallis. An der Dixence wird man bis zu 140 Betoniertage annehmen können.

Es bestehen zwei Möglichkeiten, die Bauzeiten für Gebirgsbauten abzukürzen: Verlängerung der Bausaison eventuell über den Winter oder Intensivierung des Bau-

Abb. 9 Lucendro. Aufnahme am 20. März 1946.

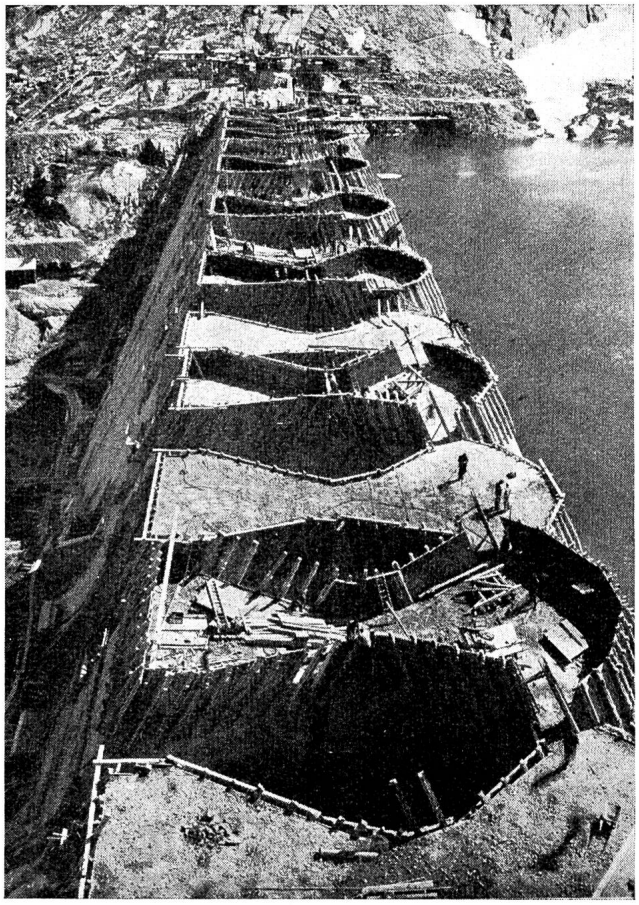


Abb. 10 Lucendro. Draufsicht auf Pfeilermauer.

betriebes im Sommer. Beim Bau des Kraftwerkes Gampel III haben wir am Stauwehr und Maschinenhaus im lawinenreichen Lötschental den Winter 1941/42 durchgearbeitet. Es waren kleinere Bauobjekte, die lokal vor Schnee und Kälte geschützt werden konnten. Die Arbeiten waren zur Strombeschaffung während der Kriegszeit ausserordentlich dringlich. In normalen Zeiten ist dieser Winterbau kaum wirtschaftlich. Die Verhältnisse sind für eine grosse Staumauer noch schwieriger, da lokale Schutzmassnahmen infolge der Grösse des Objektes nicht mehr möglich sind. Wir haben am Lucendro einen Winter im Zulaufstollen und einen Winter in den Kavernen des Steinbruches gearbeitet; wer die dortigen Winterverhältnisse kennt, wird jeden Vorschlag zur durchgehenden Betonierung einer grossen Gebirgsmauer skeptisch betrachten. Der Weg zur möglichsten Abkürzung der Bauzeit liegt unseres Erachtens in der Beiziehung der Wintermonate für Installationsarbeiten und voller Ausnützung der Sommermonate für die Betonierung. In dieser Beziehung kommen uns nun die amerikanischen Methoden zu Hilfe. Die Baustelle muss für Aushub und Betonierung weitgehend mechanisiert werden. Eine starke Mechanisierung erlaubt auch einen frühern Beginn im Frühjahr und eine Hinausschiebung des Saisonschlusses im Herbst. Die Mehrkosten der reichlicheren Installationen sind in jedem Fall bedeutend geringer als die Zusatzkosten für Winterarbeit. Zudem erfordern sie kleinere Belegschaften und damit Ersparnisse an Unterkunft.

Das Programm eines grossen Staumauerbaues gestaltet sich heute etwa wie folgt: Sämtliche Zufahrten, Strasse und Seilbahnen sowie ein Teil der Unterkunftsbaracken sollten vor Beginn der eigentlichen Bauarbeiten an der Mauer bereit sein. Bei den heutigen hohen Baulöhnen sind grössere provisorische Arbeiten vor Ankunft der Baumaschinen nicht mehr zu verantworten. Für die Inneneinrichtung der Arbeiterunterkunft und der Druckluftinstallation kann der erste Winter benützt werden, so dass im Frühjahr der eigentliche Baubetrieb der ersten Saison für Aushub und Installationsbauten einsetzen kann. In diesem Sinn sind möglichst viele Installationsbauten unter Dach zu bringen, damit der zweite Winter für die Innenmontage der entsprechenden Maschinen verwendet werden kann. In der nächsten Saison kann mit dem Betonieren begonnen werden. Auf diese Weise sind die ersten zwei Winterperioden ausgenützt. Erst mit dem Betonieren wickelt sich der Hauptbetrieb nur noch im Sommerhalbjahr ab.

Wie hoch kommt heute der Kubikmeter einer Mauer zu stehen? Ohne genaue Kenntnis aller Verhältnisse des betreffenden Baues ist eine zuverlässige Antwort nicht möglich. Die Kosten können bis 40 % schwanken. Wenn wir annehmen, dass die Kosten der Staumauer etwa ⅓ einer Winterspeicheranlage ausmachen, so ergibt dies Schwankungen von etwa 15 % der Gestehungskosten der kWh. Bestimmend für die Baukosten einer Mauer sind Höhenlage, klimatische Verhältnisse, Kiesvorkommen, Eignung der Mauerlage für die Installationsbauten. Die Installationen machen heute ¼ bis ⅓ der Gesamtkosten einer Staumauer aus. Die Einheitspreise für Aushub und Beton sind gegenüber früher jedoch eher billiger. Die Baukosten der Staumauern sind gesamthaft weniger stark gestiegen als zum Beispiel die Kosten von Niederdruckanlagen, da sich diese Bauten weniger mechanisieren lassen. Sie lassen sich bei guten Sondierungsgrundlagen auch besser abschätzen und einhalten als komplizierte Wehrbauten.

Es ist in letzter Zeit üblich geworden, unser Heil in amerikanischen Methoden zu suchen, politisch und auch technisch. Wir sind in technischer Hinsicht seit einer Amerikareise eher etwas skeptisch eingestellt. Nach einem frühern fünfjährigen Aufenthalt in den Vereinigten Staaten sind wir dieses Frühjahr wieder hinübergereist in der Meinung, die Vereinigten Staaten und Europa hätten sich stark angenähert. Der Unterschied ist indessen derselbe wie vor zwanzig Jahren, Amerika hat sich eben auch in seiner Art stark weiterentwickelt. In bezug auf Projektierung und auf Qualität der Ausführung sind unsere Staumauern den amerikanischen auch heute noch eher überlegen. In der Art der Ausführung, namentlich in maschineller Beziehung, können wir manches mit Vorteil übernehmen; unsere Maschinenindustrie hat zu wenig Aufträge für Mischer von 3 m³ und Kabelkrane von

6 m³ Kapazität, um aus längern Erfahrungen die besten Konstruktionen liefern zu können. Staumauern von der Grösse der Oberaar oder Greina lassen sich mit unsern Methoden und Beihilfe von bewährten amerikanischen Maschinen gut bewältigen. Das Problem der Dixencemauer dagegen mit ihrer Höhe von 260 m und einem Betonvolumen von über 6 Mio m³ ist wirklich amerikanisch. Wir glauben nicht, dass wir mit unseren Maßstäben dieses Problem wirtschaftlich lösen können, ebenso wenig werden die Amerikaner mit ihren Maßstäben unsern normalen Problemen gerecht. Dies gilt nicht nur für die technische, sondern auch für die wirtschaftliche und menschliche Seite. Besonders diese ist bei Bauten im Gebirge ausserordentlich wichtig.

Es gibt kaum ein Bauwerk, das bei einer solchen Fülle an Arbeit und Problemen nach der Fertigstellung sich so einfach präsentiert wie eine grosse Staumauer. Wenn man sich die Unmenge an Aufwand vorstellt, den die Projektierung, Vorbereitung und Durchführung einer grossen Gebirgsstaumauer erfordern, so ist die beste Ausnützung des Speicherwassers, das heisst grösstes Gefälle auf kürzeste Strecke, eigentlich eine Selbstverständlichkeit. Ein Unterschied von Zehntelsrappen in den Kosten pro kWh sagt dem Laien vielleicht nicht viel. Die Entscheidung jedoch, ob der gewaltige Aufwand aller bei einem Grossbau Beteiligten, Arbeiter, Ingenieure und Unternehmer, mehr oder weniger Nutzen für die Gesamtheit bringt, sollte innerhalb unseres Landes einfach zu treffen sein.

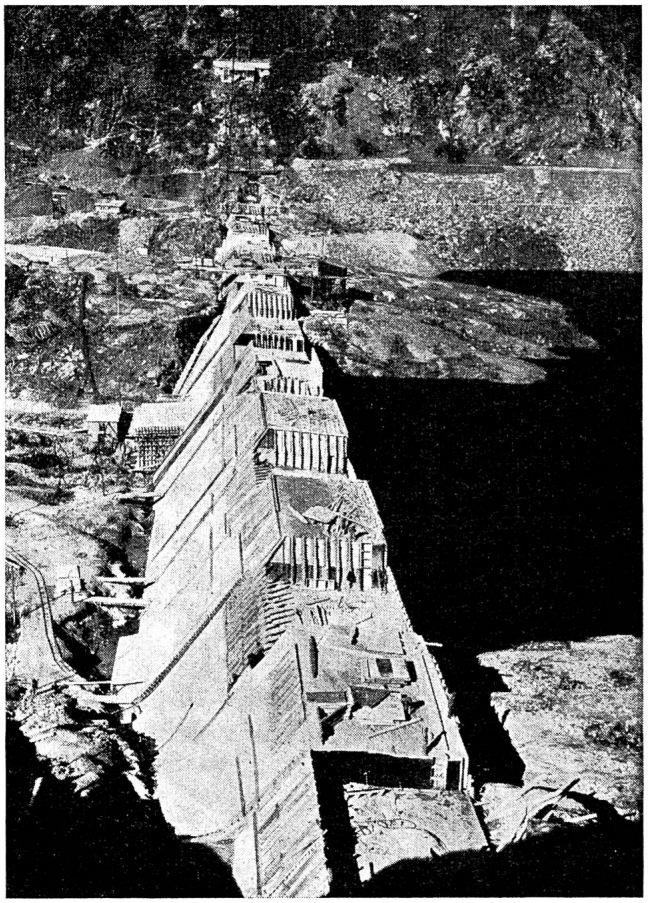


Abb. 11 Sella. Draufsicht auf Vollmauer.

Die Witterung im Juli und August

Das kurz vor dem Ende der zweiten Junidekade zum Durchbruch gelangte trübe und nasskalte Wetter hat sich im Juli fortgesetzt. Unablässig wurde von dem dauernd sehr kräftig entwickelten, als Steuerungszentrum der Druckwellen funktionierenden Azorenhoch, das in der Zeit des Mittsommers mit seinem Kern in etwa 50 Grad Nordbreite, 10 bis 15 Grad nördlicher als seine normale Lage, vor der europäischen Westküste Position bezogen hatte, maritim-polare Kaltluft aus dem Nordatlantik und dem Meeresgebiet um Grönland ins Innere des Kontinents verfrachtet. Sie verunmöglichte hier bei sich immer wiederholenden ergiebigen Niederschlägen eine der Jahreszeit entsprechende Erwärmung, und zwar nicht nur in der nordalpinen Schweiz, sondern auch am Alpensüdfuss, obwohl es dort natürlich nicht so rauh wie diesseits der Alpen war. Doch ist in Lugano während der ersten beiden Julidrittel nur ein einziger, durch Nordföhn bewirkter Tropentag mit einer Höchsttemperatur von genau 30° C vorgekommen; auf der Alpennordseite hat es in der vom 1. bis zum 18. Juli anhaltenden Schlechtwetterperiode nicht einmal einen meteorologischen Sommertag mit auch nur 25° C gegeben. In Zürich lag z. B. an 15 von diesen 18 Tagen der Höchstwert der Temperatur weit unter 20, mehrfach sogar tief unter 15° C. Das Temperaturmittel der ersten Julidekade betrug hier nur 12,0, das der zweiten 14,3° C. Der kälteste Tag des Monats war mit einer Mitteltemperatur von nur 9,3° C der 6. Juli. Mitten im vorigen ungewöhnlich milden Winter hat es eine ganze Reihe von Tagen gegeben, die wärmer als dieser Hochsommertag gewesen sind, so der 28. Dezember mit einem Höchstwert von 15,4 und einem Tagesmittel von 13° C; ferner der 3., 13., 14. und 31. Januar sowie der 3. Februar. Ganz abnorm war auch der Grad der Himmelsbedeckung. Schon während des noch in den Juni gefallenen ersten Drittels der Schlechtwetterperiode waren nur 36, im Juli bis zum 18. 39 helle Stunden registriert worden. Eine auch nur annähernd so sonnenarme Zeit war im Sommerhalbjahr seit dem abnorm nassen und kalten Mai 1939 nicht mehr erlebt worden; der Juli, der es in seinem Gesamtverlauf noch auf 148 (normal 240) helle Stunden, 33 Prozent der astronomisch möglichen Höchstzahl, gebracht hat, ist überhaupt noch nie zuvor so arm an Sonnenschein gewesen. Das durchschnittliche Defizit betrug im Mittelland etwa ein Drittel, in der Umgebung des Genfersees ein Viertel, im Tessin rund ein Zehntel des vieljährigen Normalwertes. Bezüglich der Niederschläge sei auf die Zusammenstellung der Meteorologischen Zentralanstalt verwiesen; zur Kennzeichnung ihrer besonders in den Voralpen und im Hochgebirge ungewöhnlichen Mengen mögen die während der dreissigtägigen, die Zeit vom 19. Juni bis zum 18. Juli umfassenden Schlechtwetterperiode in Einsiedeln gefallenen 487 mm Regen Erwähnung finden. Auf dem Säntis sind in der gleichen Zeit sogar 691 mm Regen und Schnee gemessen worden. Die auf seinem zuvor schon zweimal wochenlang aper gewesenen