Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 52 (1960)
Heft: 1-2

Artikel: Entwicklung der Installationen für grosse Staumauern
Autor: Schläpfer, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921733

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

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

Citons enfin les coupures étanches réalisées au droit des barrages de

— Serre-Ponçon (France — 1956): surface 3000 m², profondeur max. 110 m, total des produits injectés 28 000 t.
— Senales (Italie — 1956): 18 500 m² — 33 m — 11 400 t.
— Sylvenstein (Allemagne — 1958): 5200 m² — 100 m — 13 000 t.
— Mission-Dam (Canada) en cours d'exécution.

En Suisse, rappelons les travaux plus modestes d'étanchement par injection d'une partie de la masse de terrains éboulés formant l'appui rive gauche du barrage de Marmorera, les écrans d'injection au-dessous et au droit des prises d'eau de Sarneraa, Motec, Löbbia etc. et l'élargissement en cours d'exécution de la base du noyau du barrage de Goescheneralp en attendant que soit commencée cette année encore la première grande coupure étanche, celle du barrage de Mattmark (surface 20 000 m² — profondeur maximum 100 m).

Entwicklung der Installationen für große Staumauern

A. Schläpfer, dipl. Ing., Locarno-Minusio

DK 627.8.005

1. Einleitung

Der Ausbau unserer Wasserkräfte hat den schweizerischen Ingenieur vor große und interessante Probleme gestellt. Es ist der Schriftleitung der WEW zu verdanken, daß sie auch die *Bauunternehmungen* als diejenigen zu Wort kommen läßt, welche schließlich die großen Arbeiten unserer Elektrizitätsgesellschaften durchführen. Die Mechanisierung der Baustellen hat ungeahnte Ausmaße angenommen und zwingt die Unternehmer, immer neuere und wieder verbesserte Maschinen einzusetzen. Sie sind dank des guten Auftragsbestandes in der Lage, an der Spitze der Entwicklung zu stehen und auf ihren Baustellen die modernsten Geräte zu verwenden. Um die enormen Kapitalinvestitionen speziell für Großbaustellen im Sperrenbau zu ermöglichen, bedurfte es einer Gruppe risikofreudiger und tatkräftiger Unternehmungen. Die früher «gewerbetreibenden» Bauunternehmungen haben den Sprung zur Bauindustrie durchgeführt, wenigstens was die Ausrüstung anbelangt. Die weitgehende Mechanisierung der Baustellen bedeutet eine empfindliche Verminderung der Arbeitskräfte und damit, besonders in Zeiten steigender Löhne, eine Kostensenkung. So konnten infolge rationellster Baumethoden die Kosten für Fundamentaushub und Staumauerbeton, um nur einige der wichtigsten Positionen zu nennen, wesentlich gesenkt werden, in einer Zeit, wo der Kostenindex seit 1945 stark gestiegen ist. Eine gesunde Preis- und Marktpolitik hat dies ermöglicht, wobei eine gute Beschäftigungslage natürlich Voraussetzung ist. Selbstverständlich kann eine Unternehmung nur dann die modernsten Maschinen zur Verfügung stellen, wenn es ihr auch ermöglicht wird, die Maschinen in vernünftigen Grenzen abzuschreiben. Dabei mußten sie über eine längere Periode Erfahrungen sammeln, um die Abschreibungen in der Kalkulation auch richtig erfassen zu können. Die übrige Industrie verfügt in dieser Hinsicht über langjährige Erfahrung und sichere Grundlagen. Überhaupt ist zu vermuten, daß viele Unternehmungen heute auf zu schmaler, durch die Mechanisierung aufgezwungener finanzieller Basis arbeiten müssen. Erst die nächsten Jahre, wenn der Auftragsbestand auf den Kraftwerkbaustellen abnehmen sollte, werden zeigen, ob alle beteiligten Unternehmungen finanziell gefestigt dastehen.

Die großen Bauvorhaben der letzten Jahre haben, wie bereits erwähnt, die Geräte und Maschinenparks derart erhöht, daß die Sorge um die Weiterverwendung dieser Investitionen im Denken und Handeln dieser Unternehmer einen breiten Raum einnimmt. Eine übermäßige Anhäufung großer Inventarmengen, von denen ja doch nur ein Teil immer im Einsatz stehen könnte, wäre zudem für unsere Volkswirtschaft nicht tragbar.

Die großen Kapitalinvestitionen — es wurden in den letzten 10 Jahren für etwa 200 Millionen Franken Bauinventar für Staumauern und Staudämme angeschafft — führten daher logischerweise zu einer Konzentration der Kräfte in der Form von Unternehmerkonsortien und Gruppen. Die wichtigen gemeinsamen Interessen sind derart viel stärker als Rivalitäten, Gegensätze und andere menschliche Schwächen, daß sie die verschiedensten Unternehmungen an einen Tisch bringen.

Bild 1 Fundamente der Sandsilos Luzzone: armierte Eisenbetonringe über quadratischem Entnahmestollen

Bild 2
Siloanlage Zervreila; eiserne Silos auf Betonfundamenten mit Entnahmekanälen

Die Neuanschaffungen auf den Staumauerbaustellen werden fast durchwegs durch Konsortien getätigt. Bei der Auflösung der Baustellen können die Installationen nicht an die einzelnen Teilhaber verteilt werden, weil die Anlagen technisch ein Ganzes bilden und nicht ohne weiteres zerlegt werden können. So bleibt nichts anderes übrig, als noch weiter Inventar-Gemeinschaften bestehen zu lassen, bis das Inventar wieder irgendwo eingesetzt werden kann. Auf einer neuen Baustelle will natürlich keine der alten Firmen auf ihren Anteil verzichten, aus regionalen oder anderen Gründen müssen noch weitere Firmen berücksichtigt werden, so daß die Konsortien einen immer größeren Umfang annehmen. Zugleich ist die Schweiz für die Bildung einer größeren Zahl umfangreicher Konsortien zu klein, so daß ein Bauherr für eine große Arbeit nur sehr wenige Offerten von Schweizer Unternehmungen erwarten kann. Trotz gelegentlich höherem Arbeitsvolumen sind es auch in den großen Nachbarstaaten meist nur wenige Unternehmungen, welche an Großausschreibungen konkurrieren. Diese Entwicklung ist nicht sehr erfreulich. Die Unternehmungen sind sich darüber einig, daß eine gewisse Entflechtung durchgeführt werden muß, damit das Spiel der freien Marktwirtschaft gewahrt bleibt.

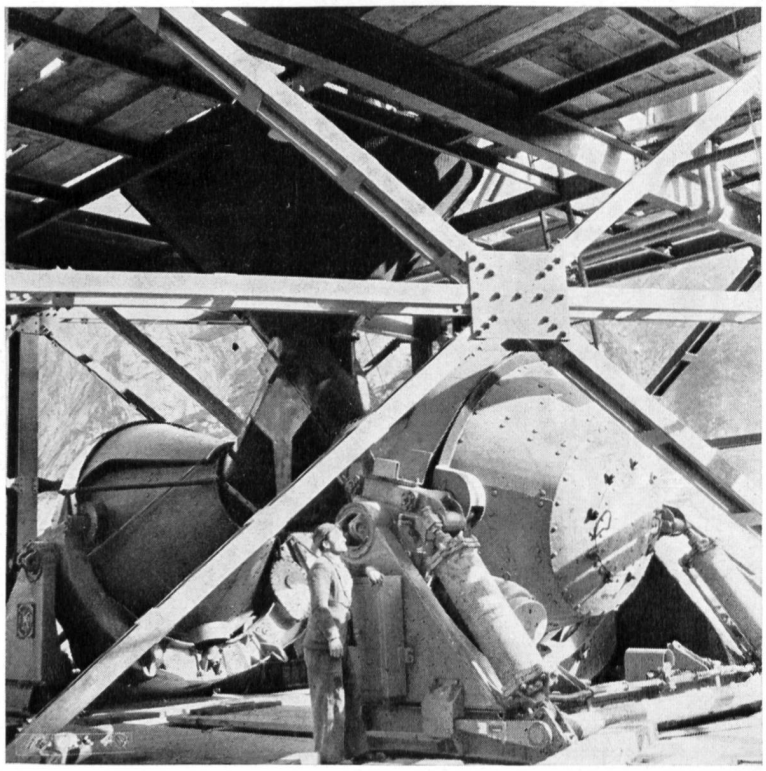

Bild 3
Betonmischer amerikanischer Provenienz: Inhalt 3 m³ Beton, konzentrisch angeordnet; Beschickung durch drehbaren Trichter, Entleerung durch Kippen der ganzen Mischer

Trotzdem muß mit aller Deutlichkeit gesagt werden, daß die Auswirkungen der Arbeitsgemeinschaften positiv waren und in hohem Maße den Elektrizitäts-Gesellschaften zu gute gekommen sind. Diese Gesellschaften, die unter sich ebenfalls die besten Querverbindungen besitzen, sind absolut in der Lage, die Preisbildung zu überprüfen. Unter den heutigen Verhältnissen scheint es daher unmöglich, andere Preise als marktgerechte zu offerieren. Auf jeden Fall werden durch den Beizug ausländischer Unternehmungen die Verhältnisse nicht verbessert, besonders wenn deren Ausrüstung unserer schweizerischen nicht in irgend einer Form überlegen ist. Aber diese Tatsache könnte zur Abwanderung unserer, zum Teil abgeschriebenen, modernen Einrichtungen ins Ausland führen.

Die Interpretation der Offerten und die Art und Weise der Kalkulation geben oft zu Diskussionen Anlaß, die vermieden werden könnten, wenn die Bauherren und deren Organe über die Schwierigkeiten bei der Berechnungsarbeit auf dem laufenden wären. Tatsächlich sind die Offerten für größere Arbeiten im Kraftwerkbau das Resultat von Berechnungen, die auf einer möglichst genauen *Abschätzung der Kosten* basieren. Zuviele Größen sind variabel, als daß die Rechnung aufgehen könnte; Schwankungen von 3—5% sind innerhalb der Genauigkeitsgrenzen, 5—10% sind möglich. Die Amortisationsquoten der Maschinen, die Beschaffenheit des Gesteins, die Granulometrie der Zuschlagsstoffe, der Sprengstoffbedarf, die Abnützung der Verschleißteile, die Witterung, die Lawinengefahr, das Bauprogramm, die Zusammenarbeit mit den Organen der Bauleitung, um nur einige Punkte zu erwähnen, sind Faktoren, die nur *schätzungsweise* berücksichtigt werden können. Dazu kommt noch, daß die genaue Kostenermittlung für Baumaschinen sehr schwierig ist, und überhaupt nur mit speziell geschultem Personal und einem entsprechenden administrativen Apparat zu richtigen Resultaten führt. Wird eine Offerte gründlich, bis in alle Details studiert, wird sie höher ausfallen als eine oberflächlich ausgeführte, wo wesentliches vergessen geht oder mit Vorbehalt wegbedungen wird. Die Einschätzung der Risiken, wie sie eben aufgeführt worden sind, können eher pessimistisch oder optimistisch erfolgen. Es ist also abwegig, den Unternehmungen unseriöse Kalkulation vorzuwerfen, da in guten Treuen große Unterschiede auftreten können.

Bis jetzt habe ich nur Maschinen und Kapital als wesentliche Merkmale der Entwicklung unserer Großbaustellen angeführt. Sind aber vielleicht nicht die Menschen, die eingespielten Teams der Baustellen, mit ihren Ingenieuren, Bauführern, Polieren und Spezialisten aller Art einerseits, die Bauleitung mit ihrer Organisation und die projektierenden Ingenieur-Büros anderseits, das wertvollste Kapital, das uns befähigt, diese großartigen Arbeiten überhaupt auszuführen? Es ist bedeutsam, wie sich auf allen Großbaustellen spezialisierte Arbeitsgruppen gebildet haben, Arbeitsgruppen, zusammengesetzt aus Leuten der verschiedensten Unternehmungen. Auch hier hat sich die Konzentration der Kräfte außerordentlich günstig ausgewirkt, indem die besten Spezialisten aus allen Unternehmungen den Arbeitsgemeinschaften zur Verfügung stehen. Diese Arbeitsgruppen verdienen es, dauernde Beschäftigung zu haben. Es ist eine harte Arbeit, die diese Leute in sehr abgelegenen Gebirgsgegenden, fern ihrer Familien

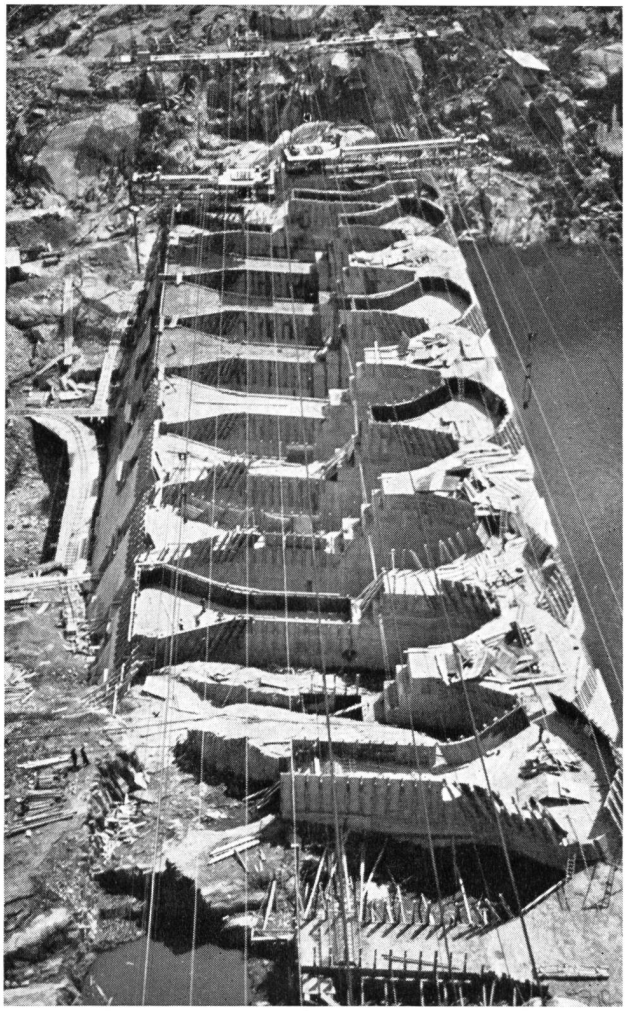

Bild 4 Staumauer Lucendro: feste Kabelkrane bedienen je eine Betonierbühne wasserseits und luftseits

und Angehörigen, jahraus, jahrein vollbringen. Diese Leute begreifen auf jeden Fall die Vergebung von Arbeiten an ausländische Firmen nicht.

Diese Ausführungen scheinen mir nötig, um in den Entwicklungstendenzen der Baustellen-Installationen klarzustellen, daß wir in der Schweiz eine ausländische Konkurrenz nicht als notwendig erachten, so wenig es unsere Maschinenindustrie verstehen könnte, wenn unsere Elektrizitätswerke die Generatoren und Turbinen im Ausland bestellen würden.

2. Die allgemeinen Installationen

Eine Staumauerbaustelle braucht die Ausrüstung eines Gebirgsdorfes, um den Arbeitern und Angestellten das Leben auf der Baustelle zu ermöglichen. Der Bau dieser Barackendörfer hat eine große Entwicklung vom primitiven Massenlager zur modernen Wohnbaracke durchgemacht. Da diese Anlagen nur wenige Jahre ihren Zweck erfüllen, wird man nie über das Stadium der Improvisation herauskommen. Die Kosten würden in keinem Verhältnis zum Nutzen anwachsen. Die Belegschaften haben sich mit diesem Zustand irgendwie abgefunden. Trotzdem sind beachtliche Fortschritte erzielt worden. Für den Ausbau der Schlaf- und Eßbaracken, der Wasch- und WC-Anlagen, werden vom Bauherrn, teils auch von den Kantonen ausführliche,

Bild 5 Staumauer Rätherichsboden: fester Kabelkran bedient Betonierbühne in der letzten Betonierphase der Staumauerkrone

in die Details gehende Vorschriften aufgestellt. Vom Standpunkt der gleichen Wettbewerbs-Bedingungen aus sind diese Vorschriften zu begrüßen. Sie gehen in einigen Fällen zu weit, zudem sind sie von Baustelle zu Baustelle derart verschieden, daß die Baracken nicht ohne weiteres auf einer neuen Baustelle wieder aufgestellt werden können. In ästhetischer Hinsicht sind ebenfalls große Fortschritte festzustellen. Die Baracken kommen möglichst von den übrigen Anlagen getrennt zur Aufstellung, der vorhandene Baumbestand wird geschont, mit Blumen und Sträuchern wird eine wohnliche Atmosphäre geschaffen.

Die Kosten für die Einrichtungen, die zum Leben der Belegschaft gebraucht werden, wie Schlaf- und Eßbaracken, Küche, sanitäre Einrichtungen, Trinkwasserversorgung, Kanalisation und Klärgrube, Winterschutzdächer, Heizung und Beleuchtung, Verbindungswege, Anlagen für die Unterhaltung der Arbeiter wie Kino, Fernsehen, Sportplatz usw. belaufen sich heute je nach Größe der Baustelle auf ungefähr Fr. 3000.— pro Arbeiter. Sind die Zufahrten zur Baustelle günstig, muß neuerdings auch an die Erstellung von genügend Parkraum gedacht werden; die Motorisierung hat auch unter den Angestellten und Arbeitern einer Bauunternehmung bereits stark Fuß gefaßt. Sie ist zu begrüßen, da sie stark mithilft, das Leben auf diesen Baustellen zu normalisieren. Dem Ausbau der Zufahrten ist daher genügend Aufmerksamkeit zu schenken, die Straßen sollten zweispurig angelegt werden. Befinden sich im Umkreis von 5—15 km bewohnte Gebiete, so kann damit gerechnet werden, daß ein Teil der Arbeiter und vor allem die Angestellten dort Wohnsitz nehmen können. An den Unterkunftsbaracken der Baustellen können Einsparungen erzielt werden, indem nur noch für etwa 80% der Belegschaft Betten bereitgestellt werden müssen. Sofern an die auswärts Wohnenden Beiträge zur Verbesserung der Wohnverhältnisse ausbezahlt werden, so bedeuten diese Ausgaben Beiträge an die Sanierung von Gebirgsdörfern, was vielleicht im Interesse der Konzessionsbehörden liegt. Es scheint mir richtig, diese Möglichkeiten näher zu prüfen, denn die Auslagen für die Unterkunft auf der Baustelle sind sehr hoch und auch für die schönsten Baracken am Ende der Bauzeit vollständig verloren. In Olivone z. B. wurden 11 Wohnungen ausgebaut mit total 47 Zimmern. Die Aufwendungen pro Zimmer belaufen sich im Durchschnitt auf Fr. 1160.—, ohne die vom Benützer zu bezahlende Miete.

Die Weiterentwicklung provisorischer Unterkünfte und Verpflegungseinrichtungen ist noch möglich. Die Aufwendungen für Heizung, sanitäre Einrichtungen und Beleuchtung sind derart hoch, daß es sich lohnen sollte, zu normalisierten Inneneinrichtungen überzugehen, die mehrmals aufgestellt und abgebrochen werden können. Die Dächer der Baracken werden normalerweise mit Dachpappe als Klebedächer ausgebildet. Diese Ausführung ist sehr praktisch, hat aber den großen Nachteil, beim Abbruch verloren zu gehen. Für die Isolation

Bild 6 Staumauer Sambuco: parallel fahrbare Krane auf hohen Eisenkonstruktionen; die großen Horizontalkräfte sind auf Höhe der Fahrbahn im Fels verankert. Darunter Betonaufgabepodest mit Geleisebetrieb

Bild 7 Staumauer Albigna: 3 parallel fahrbare Krane mit Gegenwagen auf großer Brücke; Gewicht der Eisenkonstruktion 290 t. Fester Kran auf etwa 75 m hohem Turm für die Betonierung der obersten Mauerpartie; Gewicht des Turmes 77 t

der Dächer ist Dachpappe schlecht, bei intensiver Sonnenbestrahlung wird der Aufenthalt in solchen Baracken oft unerträglich. Ziegeldächer sind für die Bewohner ideal; neben den wesentlich höheren Kosten zählt aber auch das Transportgewicht und der Anfall an Bruch bei den manchmal schwierigen Transport- und Lagerungsverhältnissen. So bleiben noch Eternit, Metall- und Kunststoffdächer, die in Zukunft wahrscheinlich vermehrt zur Anwendung kommen werden.

Zu den allgemeinen Anlagen sind auch Werkstätte, Kompressorenstation, Zimmerei, Magazine und Büroräume zu rechnen. Die starke Mechanisierung der Baustellen erfordert eine entsprechend gut eingerichtete *Werkstätte*. Die Werkstätte muß befähigt sein, alle wesentlichen Reparaturen an den vorhandenen Maschinen auszuführen. Revisionen von Diesel- und Benzinmotoren werden normalerweise nicht auf Baustellen durchgeführt, ebensowenig sind die Baustellen mit einer Wicklerei für Elektromotoren ausgerüstet. Hingegen werden in der eigenen Werkstätte größere Eisenkonstruktionen, Blecharbeiten und konstruktive Änderungen an Maschinen ausgeführt. Das *Ersatzteillager* ist in den letzten Jahren innerhalb der Unternehmungen zu einem erstrangigen Problem geworden. Die Lagerbestände haben durch ihr stetiges Ansteigen angefangen, das ganze Preisgefüge zu beeinflussen. Bei der Liquidation der Baustellen mußten die Unternehmungen auf dem Ersatzteillager große Verluste in Kauf nehmen. In letzter Zeit konnten endlich die wichtigsten Maschinenimporteure verpflichtet werden, genügende Ersatzteillager zu halten. Es wäre wünschenswert, daß die Unternehmungen nur noch solche Maschinenhändler berücksichtigen, die sich verpflichten, in der Schweiz für jede von ihnen zum Verkauf kommende Maschine ein vollständiges Ersatzteillager zu unterhalten. Die *Zimmerei* muß befähigt sein, einerseits alle Holzkonstruktionen für die Aufbereitungs- und Betonierungsanlagen selber durchzuführen und anderseits die Staumauerschalung und alle Schalungen der übrigen Bauwerke vorzubereiten. Sie muß mit den neuesten Holzbearbeitungsmaschinen ausgerüstet sein. Die *Büros* sollen möglichst konzentriert, in betrieblich günstiger Lage aufgestellt werden. Die Telefonzentrale muß großzügig gewählt werden, damit alle Betriebsteile und Baustellen angeschlossen werden können; dies ist für einen reibungslosen Betonierbetrieb wichtig. Sehr oft werden für den Winter noch Winterbüros eingerichtet. Sie sind in vielen Fällen unbedingt zu empfehlen, auch wenn gewisse organisatorische Schwierigkeiten damit verbunden sind. Sind die Zufahrten zur Baustelle ganzjährig sehr günstig, kann darauf verzichtet werden.

3. Die Gewinnung und Aufbereitung der Zuschlagsstoffe

Sozusagen bei allen Staumauern werden, wenn immer möglich, für die Zuschlagsstoffe natürliche Kiesvorkommen aus Moränen oder Flußablagerungen verwendet. Nur selten, wenn es nicht anders geht, werden Steinbrüche eingerichtet. Wenn wir uns zuerst mit den Anlagen für natürliche Kiesvorkommen befassen, so können wir feststellen, daß sich im Laufe der Zeit eine «Standard»-Lösung herausgebildet hat; sie besteht aus Grobbrecherei — Wasch- und Sortieranlage für Kies, separate Sandaufbereitungsanlage — Nachkörnungsanlage — und den Stocks für die verschiedenen, verwendungsbereiten Materialkomponenten.

Die Zusammensetzung der Baggerfelder ist sehr verschieden; je nachdem das Material grobblockig, plattig,

lehmig oder feinkörnig ist, müssen die Maschinen entsprechend gewählt werden. Sandüberfluß verlangt andere Einrichtungen als Sandmangel. Die Beurteilung des Materials, auch wenn die Bauleitung gute Resultate über Sondierungen zur Verfügung stellt, ist schwierig. Die Projektierung der Aufbereitungsanlage braucht große Erfahrung; sie bestimmt später das Tempo des Betonierbetriebes.

In der *Grobbrecherei* machen sich große Typen von Schlagbrechern und Kreiselbrechern Konkurrenz. Für großblockiges Material ist der Schlagbrecher vorzuziehen, für plattiges Material der Kreiselbrecher. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, hinter dem Grobbrecher sofort einen zweiten, sogenannten Nachbrecher einzuschalten, der so eingestellt wird, daß die mittleren Korngrößen, die ja meistens fehlen, in der nötigen Quantität hergestellt werden. Gleichzeitig zertrümmert er die Gesteinsplatten, welche den großen Brecher passieren und später den Materialfluß empfindlich stören können. Die Materialreinigung in der *Wasch- und Sortieranlage* wird mittels Waschtrommeln ausgeführt, sobald die Verschmutzung einen gewissen Grad erreicht. Weniger verschmutztes Material kann auch direkt über den Siebstraßen abgespritzt werden. Die Trennung in die verschiedenen Kornabstufungen wird mit an Waschmaschinen angebauten Siebzylindern und für die feineren Kornstufen mit Vibrationssieben vorgenommen. Die derart getrennten Zuschlagsstoffe werden mit Förderbändern den Lagern zugeführt. Der Rückstand, in der Form eines Wasser-Sandgemisches, gelangt zur *Sandaufbereitungsanlage*. Dieser Anlageteil hat infolge der neuen Erkenntnisse der Betontechnik die größte Entwicklung durchgemacht und ist auch heute noch weiter entwicklungsfähig, indem die Entwässerung des Sandes noch nicht vollständig gelöst ist. In den modernen Vertikal-Schlämmanlagen ist es möglich, den Sand bei etwa 1,0 mm zu trennen. Es ist weiter möglich, den Feinsand unter 0,1 mm in Horizontalschlämmanlagen zu entfernen. Das Trennen von Wasser und Grobsand (1,0—3 mm) ist mit der Inbetriebnahme der sogenannten Vibrationsrinnen technisch gelöst. Hingegen stößt die Entwässerung des Feinsandes von 0,1—1 mm weiterhin auf Schwierigkeiten. Die Bauleitungen schreiben deshalb in Kenntnis dieses Sachverhaltes eine größere Anzahl von Sandsilos vor, damit der Sand Zeit zum Abtropfen erhält. Diese Siloanlagen sind baulich sehr kostspielig. In den geschlossenen Silos ist das Ableiten des Tropfwassers zudem schwierig. Es wäre daher der Vorschlag zu prüfen, ob nicht der Sand besser an offene Haufen gelegt werden sollte, wo er sich auf einfachste Weise selbst entwässern kann. Sand für einen Tagesbedarf könnte in ein gedecktes Silo angefüllt werden. Diese Disposition braucht allerdings mehr Platz, was auf Gebirgsbaustellen nicht immer einfach zu lösen ist. Allzu große Depots getrennter Komponenten sind nicht zu empfehlen. Die Aufbereitungsanlagen sind für Betriebsunterbrüche nicht sehr anfällig, sind doch für den Materialfluß 2—4 parallele Siebstraßen vorhanden. Es ist vorteilhafter und billiger, *vor* der Aufbereitungsanlage eine größere Deponie für vorgebrochenes Material einzurichten.

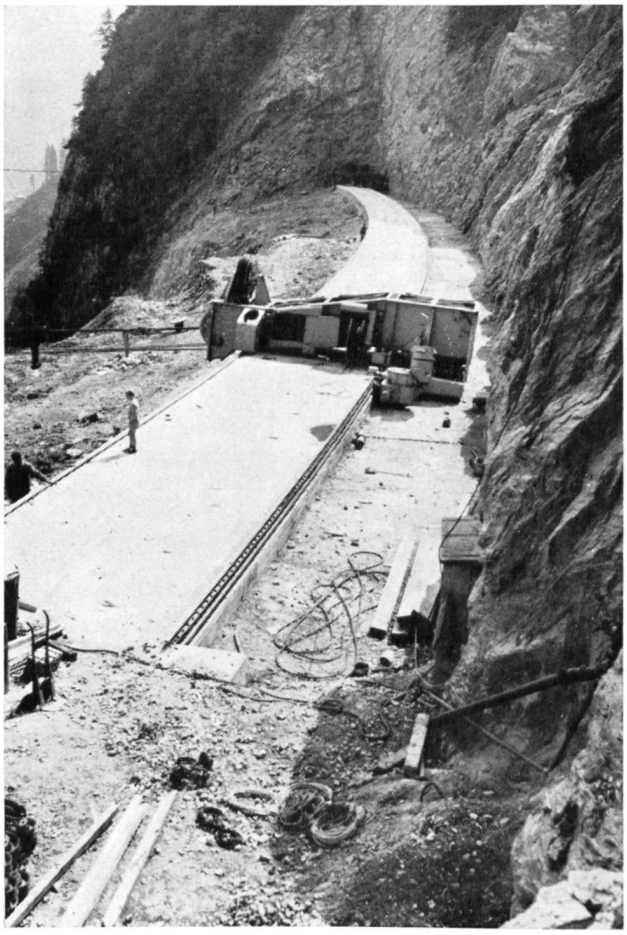

Bild 8 Staumauer Luzzone: Fahrbahn der radial-fahrbaren Kabelkrane in tiefem Felseinschnitt. Länge der Bahn etwa 200 m; Felsaushub etwa 40 000 m³

Damit die verschiedenen Depots der Kies- und Sandkomponenten immer gleichmäßig gefüllt bleiben, ist die Aufbereitungsanlage noch mit einem *Körnungsausgleich* ausgerüstet. Er besteht aus Feinbrechern, Sandmühlen und ähnlichen Maschinen zur Herstellung von Mittel- und Feinkorn und Sand.

Der Materialtransport zu den Deponien und von dort zur Betonfabrik wird durchwegs mit *Förderbändern* gelöst. Diese haben sich in jeder Hinsicht als das leistungsfähigste Transportmittel bewährt. Heute lassen sich auch größere Steigungen mittels sogenannten Höckerbändern überwinden.

Die Anlage für die Aufbereitung von Material aus Steinbrüchen hat wesentlich andere Merkmale. Die Steinbrecher sind für gleiche Leistung stärker zu dimensionieren. Für die künstliche Sandaufbereitung sind ebenfalls wesentlich größere Anlagen nötig. Die Frage, ob trocken oder naß aufbereitet werden soll, ist heute eindeutig zu Gunsten der Naßaufbereitung zu entscheiden. Die Staubplage, der die Belegschaft früher in stärkstem Maße ausgesetzt war, sollte heute vermieden werden. Die technischen Voraussetzungen dazu sind heute geschaffen.

4. Die Betoniereinrichtungen

Sie bestehen zur Hauptsache aus Einrichtungen zur Herstellung von Beton und aus Geräten zur Betonplazierung und der Betonverteilung. Diese Geräte haben eine Entwicklung hinter sich, die auf eine fortwährende Verbesserung und Mechanisierung hinzielt, aber auch der dauernden Leistungssteigerung angepaßt werden

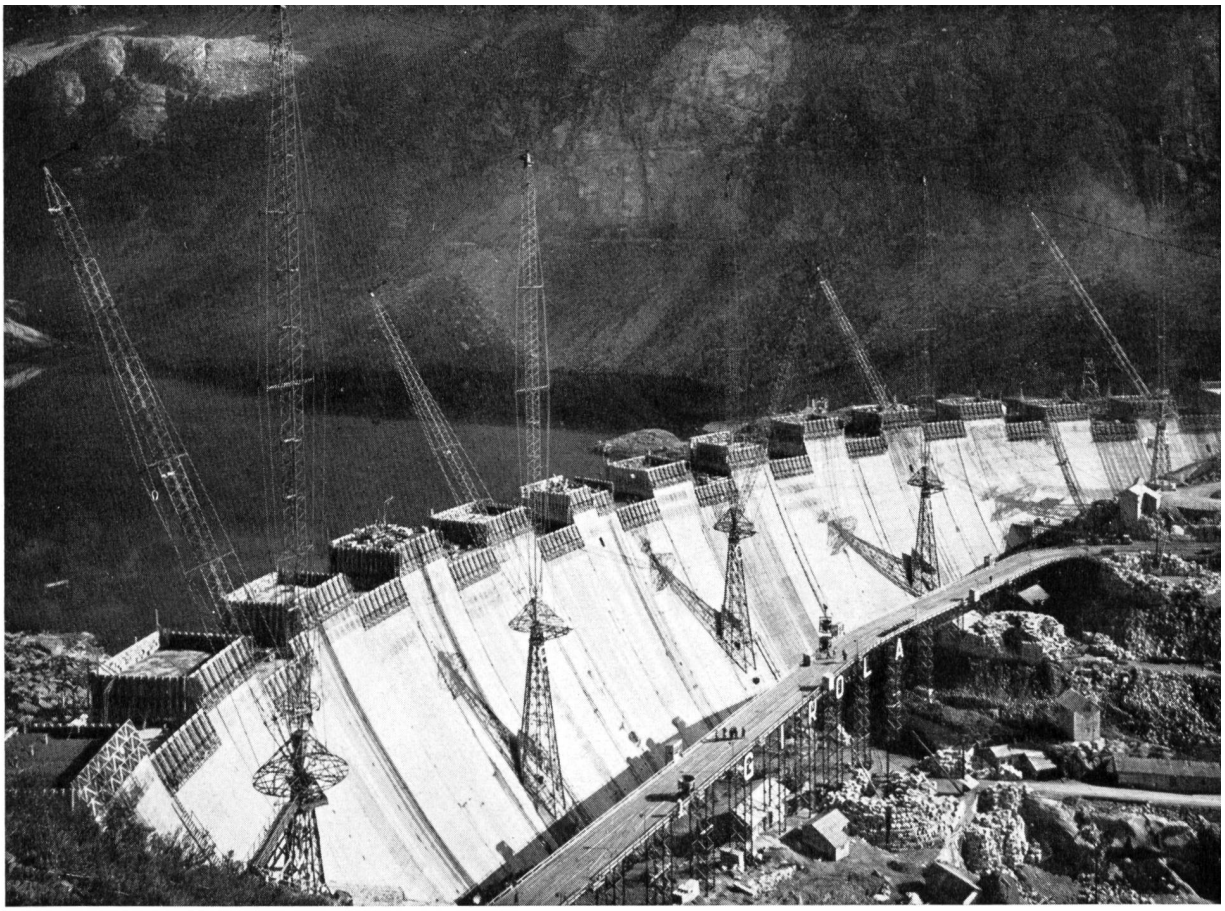

Bild 9 Staumauer Pian Telessio, Italien: Betonplacierung mit Derrikkranen

mußte. Die Fortschritte in der Betontechnik erforderten besonders in der Betonplazierung weitgehende Umstellungen.

Nach dem zweiten Weltkrieg, als die großen Fortschritte der amerikanischen Baumaschinen bei uns bekannt wurden, sind in der Schweiz zum ersten Male auf der Baustelle Rätherichsboden-Grimsel amerikanische Dosieranlagen und Betonmischer zum Einsatz gelangt. Der Erfolg war derart vollständig, daß auf allen folgenden größeren Staumauerbaustellen amerikanische «Betonfabriken» aufgestellt wurden. Sie sind auch heute noch hinsichtlich Montage, Bedienung und Unterhalt vorbildlich einfach. Von der früher üblichen volumetrischen Dosierung der Zuschlagsstoffe ist man mit diesen Betontürmen zur gewichtsmäßigen Zugabe übergegangen. Damit werden normalerweise die Streuungen der Dosierung eliminiert. Wenn aber der Wassergehalt im Sand nicht konstant ist, was bei Verwendung von Sand aus geschlossenen Silos möglich ist, führt die gewichtsmäßige Dosierung zu empfindlichen Schwankungen im Wasserzementfaktor. Die besten Waagen helfen nichts, wenn der verantwortliche Mann am Mischpult seine Aufgabe nicht beherrscht. Eine moderne Dosierungsanlage kann bis zu 12 verschiedene Mischungen in beliebiger Reihenfolge produzieren; die 9 verschiedenen Waagen für Zement, Wasser, Betonzusatzmittel und die verschiedenen Zuschlagsstoffe werden dabei vom Schaltpult aus automatisch gesteuert. Die ganze Anlage läuft mit einem Minimum an Personal.

Das *Beladen der Krankübel* kann mit Pneufahrzeugen oder mit geleisegebundenen Fahrzeugen erfolgen. Für betrieblich einwandfreie Lösungen ist das verschiedentliche Umschütten des Mischgutes nicht zu vermeiden, was nachgewiesenermaßen auf die Qualität des Betons keine Nachteile ergibt.

Der Transport des Mischgutes zur Einbaustelle auf dem Betonierblock wird sozusagen auf allen unseren größeren Staumauerbaustellen mit *Kabelkranen* ausgeführt. Schon im Zeitalter des Gußbetons wurde der Beton mittels Kabelkranen zu den Gießtürmen gefahren. Später wurden die Gießtürme durch Verteilbühnen ersetzt, die ebenfalls an Drahtseilen aufgehängt waren. Der wichtigste Vorteil dieser Anlagen bestand darin, daß sie während der Aushubarbeiten im Staumauerfundament montiert werden konnten, während Dienstbrücken, Turmkrane und Derriks den Sprengarbeiten nicht ausgesetzt sein dürfen. Diese Überlegungen führten zu wesentlichen Terminverkürzungen, die auf den ohnehin kurzen Bauzeiten im Hochgebirge doppelt ins Gewicht fallen. Mit der Zeit entstanden immer kühnere Bauwerke, die Bogenmauern eroberten das Feld. Die Betonplazierung mußte dieser Mauerform angepaßt werden. Die ehemals fest verankerten Kabelkrane wurden beweglich gestaltet, indem sie entweder radial oder parallel fahrbar eingerichtet wurden. Die Fahrbahnen der Krane sind umfangreiche und kostspielige Bauwerke, vor allem wenn die Talflanken beidseits der Mauer ungünstig verlaufen (Dixence, Albigna). Die Tragkraft der Krane beträgt normalerweise 10 oder 20 t, die Fahrgeschwindigkeit der schnellsten Krane 6 m/sec., die Senkgeschwindigkeit bei Vollast 2,2 m/sec. Der Kabelkran ist ein Gerät, das nicht universell auf jeder Baustelle eingesetzt werden kann, er ist für eine bestimmte Baustelle gebaut und bedarf für eine neue Arbeit größerer Änderungen.

Von den neueren Staumauern ist als einzige bedeutendere diejenige von Malvaglia ohne Kabelkrane betoniert worden. Erstmals kamen die in Italien häufig angewendeten Derrikkrane zur Anwendung, sie haben einen Ausleger von 60 m Reichweite und eine Tragkraft

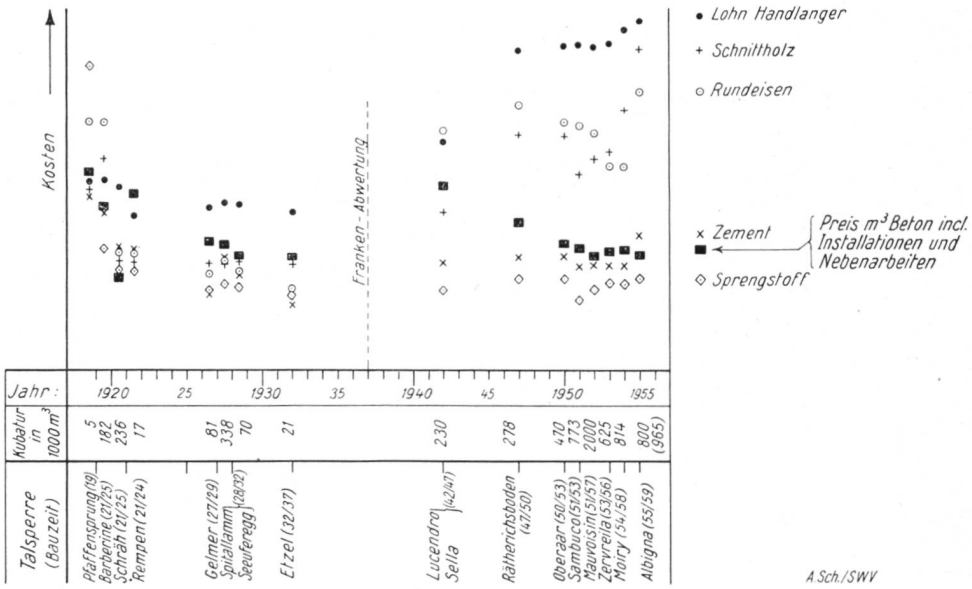

Bild 10
Auf Grund der aufgeführten Beispiele läßt sich die Kostensenkung infolge der zunehmenden Mechanisierung nachweisen. Trotz der stark steigenden Löhne und Materialkosten hat der Betonpreis deutlich sinkende Tendenz. Die stark ins Gewicht fallenden Sprengstoff- und Zementkosten, die nahezu konstant blieben, haben ebenfalls zum günstigen Kostenverlauf beigetragen. Der hohe Zementpreis bei der Staumauer Albigna hängt mit dem hohen Stationspreis St. Moritz zusammen! Die Frankenabwertung ist in den Preisen *nicht* berücksichtigt

von 6 t. Die neuesten Derriks haben bereits eine Reichweite von 80 m und eine Tragkraft von 10 t. (Val di Lei). Turmkrane werden vor allem für das Betonieren von Flügelmauern eingesetzt, wo die schweren und kostspieligen Dienstbrücken nicht gebraucht werden.

Seit dem Jahre 1948 werden alle Staumauerbaustellen mit *Behälterzement* versorgt. Der Transport von der Bahnstation zur Baustelle wird mit Lastwagen oder Seilbahnen ausgeführt, die Transportmittel richten sich nach den Zufahrtsmöglichkeiten. Der Umlad auf den Stationen, das Füllen in die Silos auf der Baustelle und die Entnahme daraus für die Betonfabrik wird mit niedrig komprimierter Druckluft ausgeführt. Hin und wieder leisten auch Transportschnecken und Becherelevatoren gute Dienste. Sie sind im Betrieb wirtschaftlicher.

Mit den Fortschritten in der Betontechnik hat sich auch die Einbaumethode grundlegend geändert. Bis ungefähr zum Jahre 1930 standen die Betonarbeiter mit hohen Stiefeln ausgerüstet noch über die Knie im Zementschlamm, heute kann man mit Pneu- und Raupenfahrzeugen auf dem unverdichteten und frischen Beton herumfahren. Es ist also möglich geworden, die Verteilung des Betons auf dem Block mit mechanischen Mitteln auszuführen. Noch im Jahre 1940 wurde das Vibrieren des Betons nur für speziell wichtige Bauteile vorgeschrieben und in der Abrechnung speziell vergütet. Heute braucht der Maurer zum Einbetonieren eines Pfahles oder für ein Barackenfundament einen Vibrator. In seinen Anfängen war er ein Mittel zur Verbesserung der Betonqualität, heute ist er das Werkzeug zur Betonverarbeitung geworden. Die Vibratoren sind durch die Anforderungen an ihre Leistung im Gewicht immer schwerer geworden, so daß sie heute an kleinen Traktoren befestigt und maschinell betätigt werden.

Zum Schluß darf auf Grund dieser Ausführungen festgestellt werden, daß die Installationen für Staumauern einen beachtenswerten Stand der Vollkommenheit erreicht haben. Fortschritte haben nicht nur geholfen, die Preise in erträglichem Rahmen zu halten, sie haben auch gleichzeitig zu einer ganz erheblichen *Qualitätsverbesserung* geführt.

Bild 11 Staumauer Sambuco: Vibratoren Notz GF 125 beim Vibrieren gröbsten Betons

Bildernachweis:

1, 4, 8 Photos Borelli, Airolo
2 Photo Bauunternehmung Staumauer Zervreila
3 Photo Bysäth, Innertkirchen
6 Photo Steinemann, Locarno
7 Photo Rutz, St. Moritz
9 Photo Chiolini, Pavia
11 Photo Maggia Kraftwerke AG