

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 83 (1965)
Heft: 42: Prof. G. Schnitter zum 65. Geburtstag, 1. Heft

Artikel: Projektierung von Hoch- und Tiefbauten unter dem Gesichtswinkel der betriebswirtschaftlichen Ausführungsprobleme
Autor: Koechlin, Raymond
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-68289>

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: 17.05.2025

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

Da notare che, poichè non è noto lo stato assoluto di spostamento della struttura nella situazione assunta come origine delle misurazioni (maggio 1960), i valori calcolati degli spostamenti sono stati convenzionalmente riferiti ciascuno al valore omologo del maggio 1961; e, quota per quota, i diagrammi misurati e calcolati sono stati fatti coincidere (con una traslazione verticale) in corrispondenza di tale data. Questa operazione contiene elementi di arbitrarietà in quanto si sarebbe potuto scegliere come origine qualsiasi altro mese; e, inoltre, non è a priori giustificabile l'assunzione che i due tipi di diagrammi debbano a tutte le quote avere un punto in comune, posto che lo abbiano a una data quota z . Comunque è evidente che, se la concordanza fosse perfetta, sarebbe indifferente scegliere un mese piuttosto che un altro, e sarebbe anche lecito far coincidere i punti iniziali dei due tipi di diagrammi a tutte le quote. Se non vi fosse alcuna concordanza, nessuna scelta potrebbe portare a confronti significativi e anche qui vi sarebbe indifferenza nel criterio di partenza.

Perciò in prima analisi ci atterremo al criterio alquanto empirico sopra detto, ricavandone la fig. 7. Un esame di questa figura rivela subito una spiccata e – per la quota 1897,28 – addirittura sorprendente concordanza tra modello matematico e realtà.

Per le quote progressivamente più vicine alla fondazione, gli scarti tendono ad aumentare in misura via via più sentita; ma ciò è almeno in parte da ascrivere alla scelta dell'origine comune (maggio 1961). E' evidente infatti che assegnando ad ogni quota l'origine più opportuna gli scarti possono essere ridotti a valori pressochè uniformi in valore assoluto max (circa 2 mm). E questo procedimento potrebbe ben essere lecito, se si considera che la situazione origine delle misure deve essere stata, dal punto di vista statico, perturbata da numerosissime coazioni dovute ai procedimenti di costruzione, e quindi sfugge completamente al calcolo, diventando un dato di riferimento inducibile solo a posteriori. Inoltre le origini degli spostamenti, scelte arbitrariamente per le diverse quote, potrebbero non essere coerenti fra loro.

Altre numerose considerazioni scaturiscono dall'esame del diagramma, e ne esponiamo alcune che si possono ritenere particolarmente significative. A quasi tutti i livelli – ma in misura più accentuata per le parti più alte e le parti più basse della diga – è evidentissima la tendenza dell'opera a seguire con buona fedeltà le variazioni teoriche lente, a seguire invece con sensibile ritardo le variazioni teoriche rapide. Questo fatto non è sorprendente ove si ponga mente all'elasticità differita del calcestruzzo. Nella stessa luce può anche trovare parziale spiegazione la discrepanza notata, per l'arco a quota 1928,90, al punto precedente. Questa elasticità differita si manifesta in misura tanto più evidente laddove gli sforzi sono maggiori (base) o dove il modulo elastico è più basso (coronamento).

Nel centro della struttura, viceversa, si hanno le condizioni ottime per una rispondenza con la teoria, ed ivi si risentono anche

in minor misura le condizioni al contorno, che – come si sa – sono imposte, nel modello matematico, in modo alquanto approssimato.

Anche nelle parti che presentano i maggiori scarti, tuttavia, si può agevolmente riscontrare che le variazioni lente – sia di invaso che di temperatura – producono variazioni di spostamenti estremamente prossime ai valori teorici; nè si dovrebbe chiedere di più ad una analisi elastica di una struttura altamente iperstatica in calcestruzzo.

Riteniamo pertanto lecito riferire (a parte fenomeni di deriva che solo una analisi pluriennale potrebbe evidenziare in modo completo) le curve teoriche relative alle varie quote ad origini determinate empiricamente a posteriori col criterio di minimizzare, ad es. lo scarto quadratico medio tra ogni curva teorica e la corrispondente curva sperimentale (il che equivale ad imporre l'eguaglianza delle rispettive ordinate medie).

6. Conclusioni

Le analisi condotte ed espone nel presente studio devono intendersi come preliminari; esse nè esauriscono la grande massa di dati accumulati in diversi anni di misura, nè, per le limitate situazioni esaminate, considerano tutti gli aspetti della questione: così si sono lasciati da parte gli spostamenti tangenziali, le deformazioni unitarie (misure estensimetriche) ecc. Tutto questo dovrebbe, in uno studio completo, essere ripreso da un punto di vista più ampio e con strumenti di indagine più adeguati (ad esempio, con un programma di calcolo per dighe – o situazioni di carico – non simmetriche). Il lavoro svolto, però, costituisce una utile base per ulteriori sviluppi e permette già di indirizzare le linee fondamentali di un'interpretazione razionale delle misure.

In particolare, si è constatato come lo schema di calcolo adottato, pur nella sua limitazione derivante dall'ipotesi di perfetta simmetria della diga e delle azioni esterne, è atto ad interpretare fedelmente il comportamento normale della diga, tanto nella sua componente statica quanto in quella termica. D'altra parte si può concludere che le disposizioni e le procedure di misura predisposte funzionano soddisfacentemente, fornendo un quadro coerente e dettagliato dello stato di deformazione della diga. Si può anche osservare che l'opera funziona, fondamentalmente, nel modo che si era previsto in sede di progetto.

In una prospettiva più generale i presenti risultati incoraggiano circa la possibilità di trovare una interpretazione razionale e quantitativa dei fenomeni che reggono l'effettivo regime statico delle dighe a volta, e spronano a perfezionare i mezzi ed i metodi sin qui impiegati.

Indirizzo dell'autore: Dott. Ing. Claudio Marcello, Milano, Via Visconti di Modrone 18.

Projektierung von Hoch- und Tiefbauten unter dem Gesichtswinkel der betriebswirtschaftlichen Ausführungsprobleme

Von Raymond Koechlin, dipl. Ing. ETH, Delegierter des Verwaltungsrates der Aktiengesellschaft Conrad Zschokke

DK 624.003

Als Prof. Schnitter seinerzeit Dr. Kaech mitteilte, er sei berufen worden, an der Eidg. Technischen Hochschule die Nachfolge von Prof. Meyer-Peter zu übernehmen und er somit seine aktive Unternehmer-Laufbahn bald werde aufgeben müssen, bemerkte Dr. Kaech: «s'isch einersyts doch schad!»! Ja «einerseits», weil Dr. Kaech aus seiner reichen Erfahrung erkannt hatte, wie wichtig es ist, bei grossen Bauvorhaben auf technisch bestens befähigte Unternehmer rechnen zu können, und dass rationelles Bauen und leistungsförderndes Arbeitsklima nur bei enger Zusammenarbeit zwischen projektierendem Ingenieur, Bauleitung und Unternehmer zu erzielen sind. Aber gerade weil es «einerseits» schade war, nicht mehr direkt mit Prof. Schnitter als Unternehmer rechnen zu können, so war es «andererseits» für das gesamte schweizerische Bauwesen von grösster Bedeutung, die Direktion der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau sowie die Professur für Wasserbau und Grundbau an der ETH einem eminenten Ingenieur anzuvertrauen, der sich seine vielseitige Erfahrung als Unternehmer inmitten der Realitäten der Baustelle angeeignet hatte.

In der Tat war niemand besser als Prof. Schnitter in der Lage, der aufkommenden jungen Ingenieur-Generation aus eigener Quelle darzulegen, wie geplant, organisiert und ausgeführt werden muss, um sowohl technisch einwandfrei als auch sparsam zu bauen.

Diese Aufgabe ist für das schweizerische Bauwesen um so wichtiger, als die offenbar in weiten Kreisen unseres Landes herrschende vorgefasste Meinung, unsere Ingenieure und Techniker seien «durch Studium und Praxis zu ökonomischem Bauen erzogen» worden, wie dies vom Bundesrat in seinem Bericht vom 26. Januar 1965¹⁾ angenommen wird, leider bei weitem nicht zutrifft.

Der qualifizierte Unternehmer muss im Gegenteil immer wieder feststellen, dass viele unserer Architekten und Ingenieure – worunter auch solche, die bestens ausgewiesen sind – schöne Bauwerke projektieren, welche im fertigen Zustande ihrer Bestimmung ausgezeichnet entsprechen, deren Ausführung aber, infolge ihrer Gestaltung und der Programmierung oft zu aufwendig ist und unnötig viele Arbeitskräfte erfordert.

Dieser Umstand, welcher die schweizerische Wirtschaft schon Hunderte von Millionen gekostet und den Fremdarbeiterbedarf nicht unwesentlich gesteigert hat, erscheint unter dem Gesichtspunkte der Konjunkturdämpfung und des Fremdarbeiterabbaues als besonders

¹⁾ Bericht des Bundesrates an die ständerätliche Kommission über die Entwicklung der Kosten des Nationalstrassenbaues, veröffentlicht im «Bundesblatt» Nr. 7, 117. Jahrgang, 19. Februar 1965.

bedauerlich. Selbstverständlich wurden zahlreiche Bauten auch unter Berücksichtigung ihrer rationellen Ausführung projektiert, insbesondere im Gebiete des Kraftwerkbaues, dessen Vertreter dieser Frage stets besondere Aufmerksamkeit geschenkt haben, wie bereits eingangs am Beispiel von Dr. Kaech erwähnt. Ganz allgemein wären jedoch in dieser Hinsicht in der Schweiz noch erhebliche Fortschritte zu erzielen.

Eine Ausnahme bilden allerdings die Gebiete des Stahlbaues und des vorfabrizierten Betonbaues, in welchen unsere Architekten und Ingenieure bereits zur Erkenntnis gelangt sind, dass die Werkstatt, bzw. die Baustelle, in weitem Masse vorzuschreiben hat, wie geplant und wie die Ausführung zeitlich gestaffelt werden muss, um zur optimalen Wirtschaftlichkeit zu gelangen.

Im übrigen Hoch- und Tiefbau hat ebenfalls eine ähnliche Entwicklung zu erfolgen, sofern die Ausführung der entsprechenden Bauwerke fortan mit einem Minimum von Kosten und Arbeitskräften ermöglicht werden soll. Sämtliche Industrien und Unternehmungen sind aufgefordert worden, sich an der Konjunkturdämpfung und am Fremdarbeiterabbau zu beteiligen. Auch Architekten, Ingenieure und Bauherren der öffentlichen und privaten Bereiche können hiezu einen wesentlichen Beitrag leisten, indem sie mehr dafür sorgen, dass die Planung und die Aufstellung der Bauprogramme einen flüssigen und arbeitskräftesparenden Werdegang auf der Baustelle ermöglichen und dass die Vergebungspraxis den rationellen und kontinuierlichen Einsatz des in der Schweiz vorhandenen materiellen und menschlichen Potentials gewährleistet. In der heutigen Wirtschaftslage sollten insbesondere folgende Misstände, welche während der letzten Jahre unermessliche Zeit-, Energie- und Geldverschwendungen zur Folge gehabt haben, ausgemerzt werden:

- Fragmentweise und zu späte Anlieferung der Ausführungspläne. Dieses in der Schweiz so verbreitete Übel verhindert den Unternehmer, die verschiedenen Arbeitsvorgänge zum voraus genau zu planen mit dem Ziel, den kontinuierlichen und rationellen Einsatz der Arbeiter, Geräte, Schalungen usw. zu ermöglichen und die notwendigen Bestellungen zeitgerecht, nach genauem Ausmass (insbesondere für die Armierungen) und zu den günstigsten Bedingungen aufgeben zu können. In dieser Beziehung sind die Verhältnisse in den letzten Jahren vielerorts für den Unternehmer zur Kalamität geworden, weil infolge fehlender Planunterlagen nicht mehr rechtzeitig disponiert werden konnte, sondern ständig in letzter Stunde improvisiert werden musste. Nebenbei sei bemerkt, dass im Gegensatz dazu z. B. in den USA und in Kanada in der Regel sämtliche Ausführungspläne bereits bei der Auftragserteilung zur Verfügung stehen; es ist deshalb verständlich, dass dort schon aus diesem Grunde entsprechend rascher und rationeller gebaut werden kann.
- Bauwerke, deren Gestaltung die Ausführung unnötig komplizieren, wie dies leider noch zu oft der Fall ist, oder bei denen sich wiederholende Elemente verschieden geformt werden und deshalb einen übermässigen Aufwand an Arbeitskräften und Bauhilfsmitteln, insbesondere infolge der Vielfalt an Schalungen, benötigen.
- Bauprogramme, welche den stossweisen und diskontinuierlichen Einsatz von Geräten oder Belegschaften, das simultane Einschalen mehrerer gleichartiger Elemente ohne rationelle Wiederverwendungsmöglichkeit der Ausführungshilfsmittel erfordern, mit Leerläufen für spezialisierte Maschinisten-, Schaler-, Eisenleger- und Betonieréquipen usw.

Zur Veranschaulichung der vorstehenden Ausführungen sei folgendes vorbildliche ausländische Beispiel erwähnt:

Objekt: Unterbau eines Binnenschiffahrtskanals mit 70 Pfeilern von rd. je 20 m Höhe. Angestrebtes Ziel: Erstellen sämtlicher Pfeiler mit Hilfe einer einzigen, also 70mal wiederverwendeten Schalung und einer beschränkten Arbeiter-Equipe mit optimaler Leistung auf Grund eines bis in alle Einzelheiten zum voraus durchstudierten und sich ständig wiederholenden Arbeitsvorganges. Dies bedingte als erstes gleichgeformte Pfeiler und deren aufeinanderfolgende Erstellung. Bauprogramm: Der sukzessive Bau der Pfeiler war jedoch innert nützlicher Frist nur bei Betonierung eines vollständigen Pfeilers pro Arbeitstag zu erzielen. Diese Bedingung war mittels der üblichen Methoden nicht zu erfüllen; ihre Einhaltung wurde aber schliesslich dank einer zweckentsprechenden Planung sowohl des gesamten Bauwerkes, insbesondere der Pfeilerbewehrung, als auch dessen Ausführung (Schalung, Betoniervorgang, Arbeitsorganisation usw.) ermöglicht.

Selbstverständlich eignet sich nicht jeder Bau in so vorzüglicher Weise für eine solch kontinuierliche Folge gleichartiger Arbeitsvorgänge. Ganz allgemein hängt aber ökonomisches Bauen nicht nur vom Geschick des Ausführenden, sondern in hohem Masse auch vom Projekt selbst und dessen Ausführungsprogramm ab, wie dies unternehmerseits schon wiederholt betont worden ist. Für jeden grösseren Bau – und noch viel mehr für ausgedehnte Bautenkomplexe (grosse Wohnsiedlungen, Schaffung unseres Nationalstrassennetzes usw.) – sollte deshalb die Projektierung bereits weitgehend auf die betriebswirtschaftlichen Erfordernisse einer zum voraus rationell geplanten Ausführung eingestellt werden. Die unter diesem Gesichtswinkel erzielbaren Einsparungen könnten dabei oft ein Vielfaches der bei der heutzutage üblichen Projektierungs- und Vergebungspraxis auftretenden Differenzen zwischen den preiswürdigsten Konkurrenzofferten erreichen.

Es wäre deshalb äusserst wichtig, wenn unsere jungen Bauingenieure, deren Ausbildung bisher fast ausschliesslich auf technisches Wissen ausgerichtet war, sich diese Denkweise schon während ihres Studiums aneignen könnten; Anregungen dazu erhalten sie bereits in gewissen Vorlesungen, insbesondere von Prof. Schnitter. Es ist daher sehr erfreulich, dass der Gedanke, die Studenten der Abteilungen I und II an der ETH mehr als bisher in die betriebswirtschaftlichen Ausführungsprobleme einzuführen, in den zuständigen Kreisen wachsendes Interesse erweckt. Diese Ausbildung sollte unbedingt in das zukünftige obligatorische Studien- und Prüfungsprogramm eingebaut werden.

So wertvoll eine solche Einführung in das wirtschaftliche und betriebliche Denken durch Vorlesungen und Übungen während des Studiums auch sein mag, so kann sich aber der zukünftige Architekt und Ingenieur dadurch allein noch nicht die Erfahrung aneignen, wie projektiert werden muss, damit der geplante Bau mit einem minimalen Aufwand an Mitteln und Arbeitskräften ausgeführt werden kann. Die Zusammenhänge der sich bei grossen Bauten oder Bautenkomplexen stellenden, mannigfaltigen und untereinander eng verflochtenen technischen, wirtschaftlichen und menschlichen Probleme können schliesslich in ihren praktischen Auswirkungen nur an der Baufont, d. h. auf der Baustelle erkannt werden. Einstweilen erhalten die meisten unserer Baufachleute in ihrer Praxis nur wenig Anreiz, sich in die wirtschaftlichen und betrieblichen Probleme der Ausführung hineinzudenken, mit Ausnahme derjenigen, welche selbst Gelegenheit gehabt haben, sich in einer Bauunternehmung mit den Fragen der Ausführungsmittel und -methoden, der Arbeitsorganisation und der Personalführung auf der Baustelle oder in der Werkstatt direkt auseinanderzusetzen. Solange sich die Mehrheit unserer Architekten und Bauingenieure dieser Probleme nicht bewusst wird und unsere Behörden nicht Hand dazu bieten, die Projektierungs- und Vergebungspraxis von bestehenden Routinen loszulösen, wird das menschliche und materielle Potential unserer Baubranche weiterhin unvollständig und nicht mit der anzustrebenden Wirtschaftlichkeit ausgenützt werden können.

Gewiss kann man bei der ständig zunehmenden Spezialisierung nicht von jedem projektierenden Architekten oder Ingenieur erwarten, dass er selbst zum voraus bei der Planung und der zeitlichen Ausführungsstaffelung grosser Bauten oder Bautenkomplexe den Einfluss erkennt, den die Wahl zwischen verschiedenen Gestaltungs- und Programmelementen auf den Kostenaufwand und den Bedarf an Arbeitskräften für die Ausführung haben mag; aber gerade deshalb und um so mehr drängt sich heutzutage die Zusammenarbeit zwischen projektierenden und ausführenden Organen schon in der Planungsphase auf.

Wenn z. B. das betriebswirtschaftliche Denken, das dem vorher angeführten Beispiel zu Grunde liegt, auf die Gesamtplanung und -ausführung unseres Nationalstrassennetzes ausgedehnt werden könnte, so wären nicht nur die jetzt vorgesehenen Einsparungen durch Normalisierung und Vereinfachung gewisser Strassenelemente oder Kunstbauten möglich, sondern es könnten zusätzliche Einsparungen von noch weit grösserer Bedeutung erzielt werden. Die Erfahrung für eine solche Gesamtprojektierung und -ausführung und die dazu benötigten Kader und Mittel sind in den grossen Ingenieurbüros und den industriell eingerichteten Bauunternehmungen unseres Landes vorhanden; man muss hingegen zugeben, dass der zur Verfügung stehende legislative und administrative Apparat sich für die rationelle Lösung einer solchen Gesamtaufgabe schlecht eignet.

Diese Tatsache wurde angesichts unserer modernen Wirtschaftsprobleme auch anderweitig festgestellt. So finden wir z. B. folgende

Äusserung in einem Artikel, den Nationalrat Dr. O. Reverdin unter dem Titel «Répit et non satisfecit» unmittelbar nach der Volksabstimmung vom 28. Februar 1965 im «Journal de Genève» veröffentlichte: «Marier le libéralisme et la programmation n'est pas chose facile; mais le libéralisme est en bien plus grand danger encore quand il fait de l'anarchie sa compagne, et l'on en peut dire autant du fédéralisme: la Suisse ne rétablira une situation compromise que si, au prix d'un effort d'imagination comparable à celui qu'elle a fait en 1848, elle adapte courageusement ses méthodes et ses institutions aux exigences de l'époque.»

Der Bericht des Bundesrates über seine Geschäftsführung im Jahre 1964 enthält in folgender Erklärung eine ähnliche Feststellung: «Die ungeahnt stürmische Entwicklung der Technik in allen Bereichen und die Schwierigkeiten, die damit für ein Schritthalten des Bundes in seinem heutigen Aufbau und mit den zur Verfügung stehenden Mitteln verbunden sind, zwingen zu einer Überprüfung der Leistungsfähigkeit unserer staatlichen Einrichtungen».

Vielleicht wird sich der eine oder andere Leser fragen, weshalb im Rahmen dieser, Professor Schnitter gewidmeten Sondernummer

vom engeren beruflichen Gegenstand des vorliegenden Artikels abschliessend auf dieses viel allgemeinere Thema hingewiesen wird.

Der Schreibende hat sich zu diesem Ausblick von der beruflichen Ebene auf dieses generelle Problem nicht nur in der Überzeugung verleiten lassen, dass dessen Lösung für die Zukunft der schweizerischen Wirtschaft von grösster Bedeutung ist, sondern vor allem im Bewusstsein, dass auch Professor Schnitter seine Besorgnis darüber teilt. Während einer bereits 24-jährigen Zusammenarbeit hatte er Gelegenheit, die hervorragende und vielseitige Begabung, sowie das weitblickende und sichere Urteilsvermögen von Professor Schnitter in ganz besonderer Weise zu schätzen. Wir können uns alle freuen, in der Schweiz so eminente Persönlichkeiten zu finden. Soll aber unser Land wirklich, im Sinne der vorerwähnten Äusserung von Nationalrat Reverdin, mit Mut («courageusement») und Vorstellungskraft («effort d'imagination») seine Methoden und Institutionen den Anforderungen unserer Zeit anpassen, so muss es sich auf solche Persönlichkeiten nicht nur zur Lösung von beruflichen Spezialaufgaben stützen, sondern auch auf ihre Ratschläge, wenn, wie heute, Probleme höherer Ordnung im Spiele sind.

Verformungsmessungen in der Felsunterlage der Staumauer Albigna

DK 627.824.7:624.131.25

Von **Walter Zingg**, dipl. Ing. ETH, Zürich

Die Stadt Zürich baute in den Jahren 1955 bis 1960 die Bergeller Kraftwerke mit dem hoch gelegenen Stausee Albigna südlich von Vicosoprano, nahe dem schweizerisch-italienischen Grenzkamm. Das Projekt wurde vom Büro für Wasserkraftanlagen der Stadt Zürich ausgearbeitet, welches auch die Bauleitung ausübte und die Überwachung der Anlagen besorgte.

Die *Staumauer Albigna*, eine Gewichtsmauer von 115 m grösster Höhe und 760 m Kronenlänge, weist eine Betonkubatur von 940 000 m³ auf; die Dicke ihres höchsten Mauerblockes misst am Fuss 83,5 m, an der Krone 7 m (Bild 1). Die Trennfugen zwischen den 20 m langen Mauerblöcken sind zu Hohlräumen von 5 m lichter Breite erweitert. Die Mauerkrone liegt auf 2165 m ü. M. Der Wasserspiegel des Stausees schwankt jahreszeitlich zwischen den Koten 2065 und 2162,6 m ü. M., entsprechend einem energiewirtschaftlich nutzbaren Inhalt von 67 Mio m³, welchem ein Hochwasser-Rückhalteraum von 2,5 Mio m³ überlagert ist.

Die Mauer wurde in den Jahren 1957/59 erstellt. Im Sommer 1959 erfolgte ein Teilstau bis Kote 2112, im Jahre 1960 erstmals der Vollstau.

Die Talsperre ruht auf einem quer zum Tal liegenden markanten Riegel aus gesundem, meist grobkörnigem Granit, den frühere Vorstösse des Albignagletschers auf grossen Flächen glatt gescheuert

haben. Der Bergeller Granit ist das frischeste und unversehrteste Gestein der schweizerischen Alpen. Der Fundamentaushub beschränkte sich zur Hauptsache auf die Beseitigung der vereinzelt Schuttüberlagerungen und auf das Aussprengen je eines 2÷3 m tiefen Sporns am seeseitigen und am talseitigen Mauerfuss. Der Granit ist vorwiegend massig, aber von vielen, ganz regellos verlaufenden, feinen Klüften und feinsten Rissen durchzogen. Seeseits und talseits der Sperrstelle fällt die Oberfläche des Felsriegels steil ab. Das mit Gestein und Sand ausgefüllte alte Seebecken reicht bis 120 m tief unter den Talboden. Die Klüfte und feinen Risse im Felsuntergrund wurden in der heute bei grossen Talsperren gebräuchlichen Weise mit Zementinjektionen abgedichtet. Die Menge eingepressten Zementes betrug 3600 t, im Mittel 50 kg je m² Abdichtungsschirm, oder 110 kg je m² Fundament-Grundfläche.

Die *Verformungskontrollen an der Mauer* umfassen die heute bei den meisten grossen Talsperren üblichen Pendel- und Klinometermessungen, Präzisionsnivelemente über die ganze Länge des Bauwerkes und geodätisch-trigonometrische Kontrollen der Krone und des talseitigen Mauerfusses. An sechs Mauerblöcken sind in den Fugenhohlräumen Pendel angebracht, die vom obersten Kontrollgang (12 m unter der Mauerkrone) bis zur Felsoberfläche reichen und in Höhenabständen von je 18 m Ablesestellen aufweisen. Die interes-

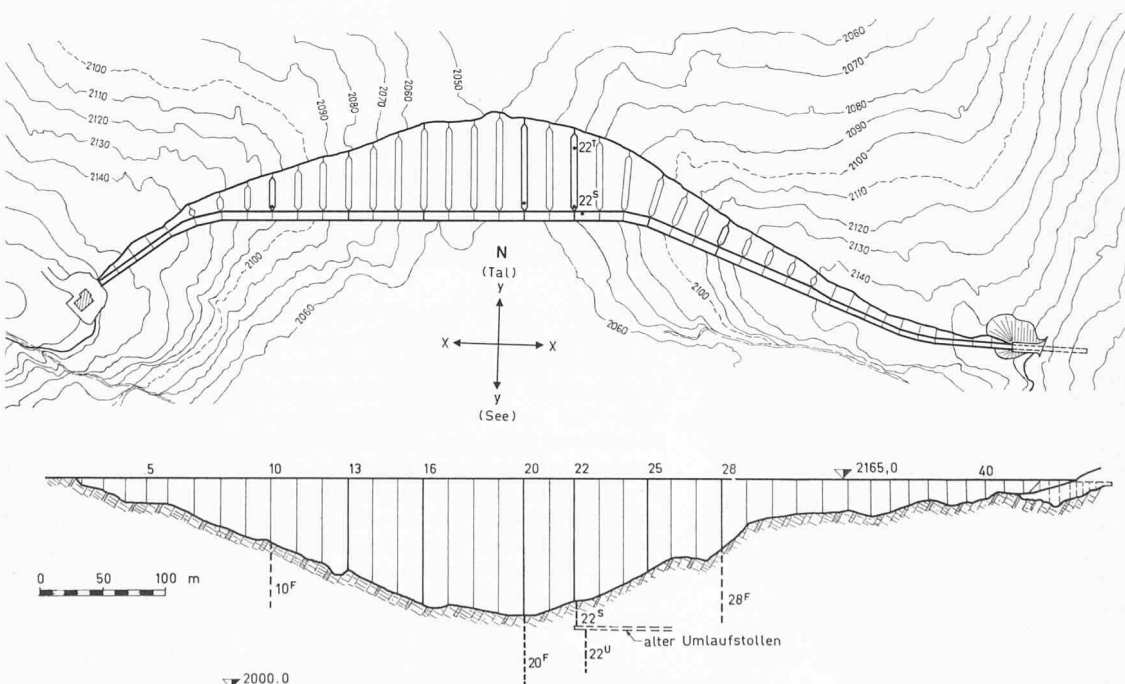


Bild 1. Ansicht und Grundriss der Staumauer Albigna, Massstab 1:6000