

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 99/100 (1932)
Heft: 7

Artikel: Die Hoover-Steinmauer am Colorado Riv. U.S.A.
Autor: Noetzli, F.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-45454>

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: 30.01.2025

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

INHALT: Die Hoover-Staumauer am Colorado Riv. U. S. A. — Das Haus Ch. Rudolph, im „Düggel“, Küsnacht. — Versuche an den hydraulischen Maschinen des Kraftwerkes Wäggital. — Mitteilungen: Zum Schutz des Alt-Basler Stadtbildes. Elektrodynamische Schwingungseinrichtungen zur Prüfung von Leitungseilen. Gedenktafel für Prof. G. Narutowicz in der E. T. H. Der Reibungswiderstand der Lauf-

räder von Dampfturbinen und Kompressoren. Wissenschaftliche Grundlage oder Spezialkenntnisse. Ein aus Rohren geschweisster Steg. Basler Rheinhafenverkehr. Eidgen. Kommission für Kunstdenkmäler. Vom Panamakanal. Gaserzeugung in der Schweiz im Jahr 1931. — Nekrologe: W. Stauffacher. E. Schlatter. — Wettbewerbe: Frauenspital der kant. Krankenanstalt Aarau. — Mitteilungen der Vereine.

Band 99

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 7

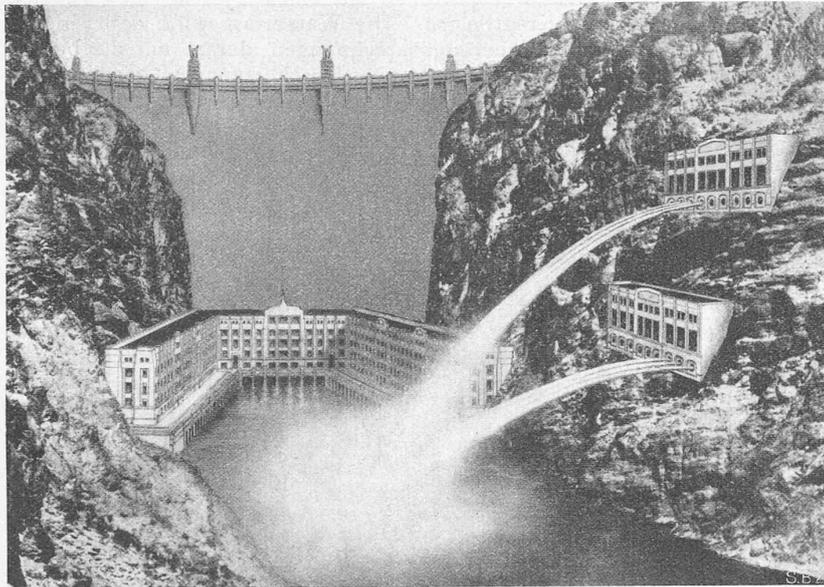


Abb. 2. Hooverdamm-Kraftwerk in der Colorado River - Schlucht; rechts die „Auslass-Werke“.

Die Hoover-Staumauer am Colorado Riv. U. S. A.

Von Dr. Ing. F. A. NOETZLI, beratender Ingenieur, Los Angeles.

Der Bau der grossen Hoover-Staumauer am Colorado-Fluss an der Arizona-Nevada-Grenze (U. S. A.) ist letztes Jahr in Angriff genommen worden. Diese Talsperre wird bei einer maximalen Höhe von 222 m einen Stausee von 160 km Länge und 37 Milliarden m³ Inhalt 1) bilden und soll dem vierfachen Zweck von Hochwasserschutz, Kraftgewinnung, Bewässerung gegenwärtiger Wüstengebiete und zur Wasserversorgung der Stadt Los Angeles dienen. Die

1) d. h. rd. 250 mal mehr als der Wäggitalsee. Red.

die Regierung den Bau einer Staumauer rd. 300 km flussabwärts des vielbesuchten Grand Canyon (Abb. 1). An dieser Stelle hat der Fluss im Laufe der Jahrtausende eine fast 1500 m tiefe Schlucht eingeschnitten. Der Fels ist andesitische Tuff Breccie, sehr hart und undurchlässig, vorzüglich geeignet für eine Talsperrenanlage (Abb. 2).

Die Staumauer, zu Ehren des gegenwärtigen Präsidenten der Union Hoover-Staumauer benannt, ist eine Gewölbe-Betonmauer. Die relative Enge der Schlucht ermöglichte eine sehr günstige Anlage, sodass nach Berechnung der Regierungsingenieure ungefähr zwei Drittel des Wasserdruckes durch horizontale Gewölbewirkung, und nur

rund ein Drittel durch die vertikalen Elemente auf die Felsfundamente übertragen wird. Im Querschnitt (Abb. 3) nähern sich die Abmessungen trotzdem denen einer gewöhnlichen Gewichtsmauer, was hauptsächlich den für eine so hohe Mauer wohlver-

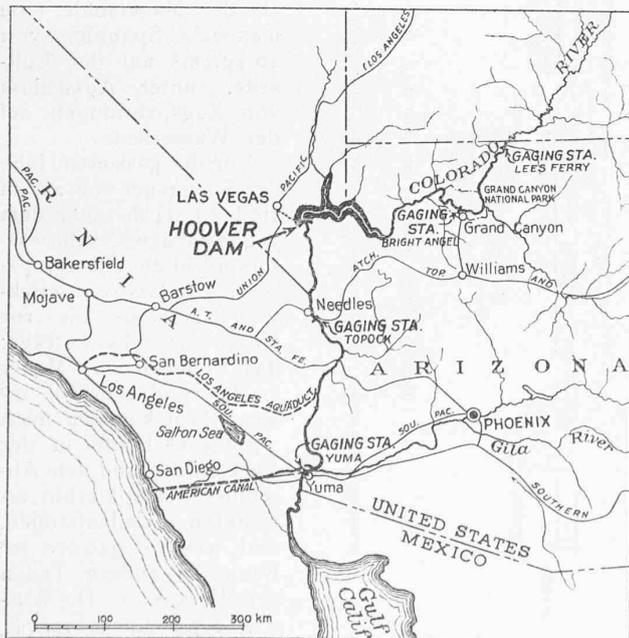


Abb. 1. Hooverdamm-Stausee und davon abhängige Anlagen. — 1 : 1000000.

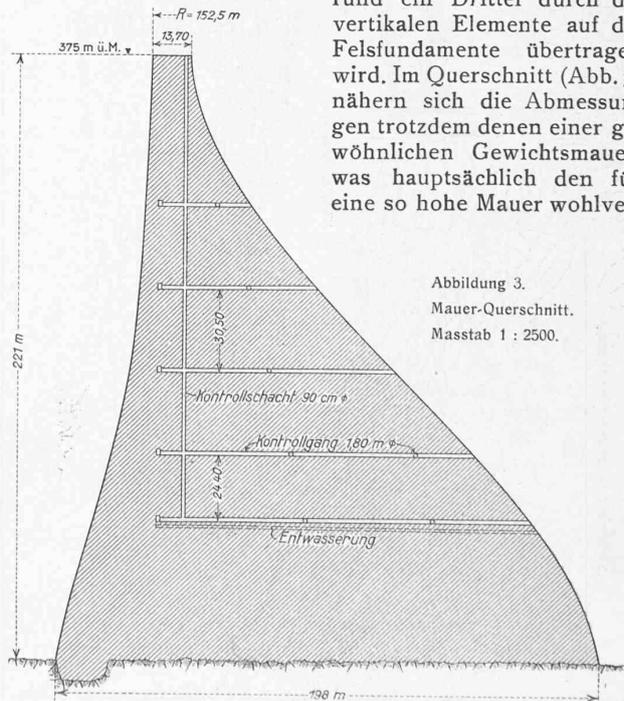


Abbildung 3. Mauer-Querschnitt. Masstab 1 : 2500.

ständlichen konservativen Berechnungsannahmen zuzuschreiben ist.

Die Staumauer ist 222 m hoch, an der Krone 360 m lang, und hat am Fundament eine maximale Dicke von 198 m. Der Krümmungsradius an der Krone beträgt 152 m und nimmt nach unten zu, entsprechend dem wasserseitigen Anzug der Mauer, bis auf 186 m an der Sohle. In dieser

Beziehung unterscheidet sich diese Mauer vom Typus der modernen Gewölbesperren, in denen der Krümmungsradius der horizontalen Gewölbelemente gewöhnlich nach unten abnimmt. Hier aber war infolge der grossen Höhe und Dicke der Mauer ein nach unten zunehmender Krümmungsradius durch die örtlichen Verhältnisse bedingt.

Die statische Berechnung erfolgte auf Grund der Annahme der Zusammenwirkung eines Systems von elementaren Horizontalgewölben mit einem System von vertikalen radialen Kragträgern. Die Wasserlast wird dabei durch sukzessive Näherungsberechnungen derart auf die beiden Systeme verteilt, dass die Durchbiegungen gemeinsamer Punkte beider Systeme so genau wie möglich einander gleich sind. Im Prinzip sind diese Berechnungsannahmen

ähnlich den von Dr. Ing. A. Stucky in der Berechnung der Jogne-Gewölbe-mauer angenommenen²⁾. Die Ingenieure des „Bureau of Reclamation“ haben Verfeinerungen eingeführt durch die Berücksichtigung des Einflusses der elastischen Deformation der Felsfundamente sowohl für die Gewölbe wie für die vertikalen Elemente, ferner der Schub- und Drehspannungen sowie der tangentialen Schubspannungen zwischen den horizontalen Gewölbeelementen, einer nicht linearen Verteilung der Spannungen, usw. Die auf Grund dieser Annahmen berechneten grössten Betonspannungen in der Mauer sind 32 kg/cm² Druck und 8 kg/cm² Zug in einem der Gewölbe. Für eine geradlinige Staumauer von gleichem Querschnitt, unter Berücksichtigung von Auftrieb und Erdbenenwirkung, ergäbe sich an der Mauersohle eine maximale Spannung von 46 kg/cm² auf der Luftseite, unter Abschluss von Zugspannungen auf der Wasserseite.

Von der gesamten Höhe der Staumauer von 222 m sind rd. 44 m unter dem gegenwärtigen Niederwasserspiegel des Flusses gelegen, sodass die effektive Stauhöhe bis zur Krone nur 178 m beträgt; das Volumen der Mauer macht rund 2,6 Mill. m³ aus. Dazu kommen noch 330 000 m³ Beton in der Verkleidung und dem Abschluss der späterhin erwähnten Umlaufstollen, und weitere 340 000 m³ Beton in andern Teilen des Werkes. — Die Aus-

²⁾ Etude sur les barrages arqués, „Bulletin Technique de la Suisse Romande“, 1922.

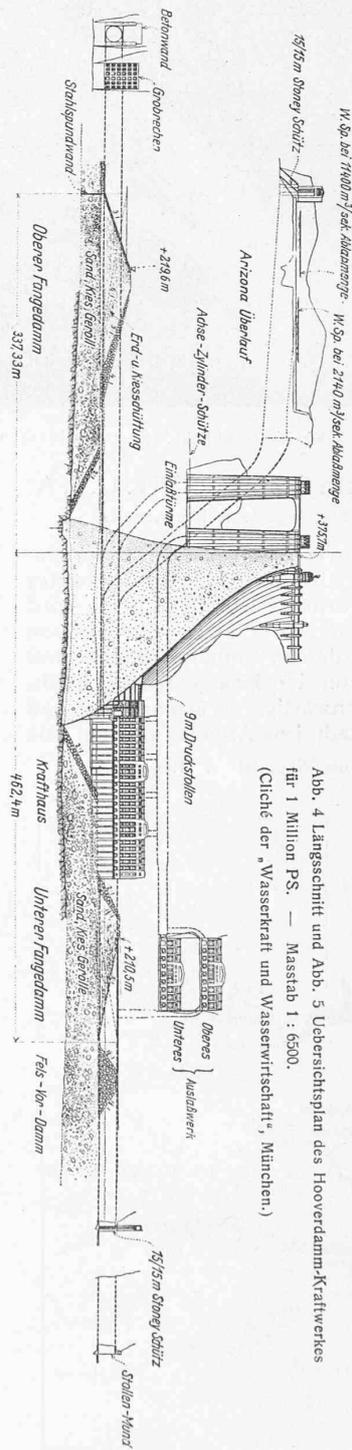
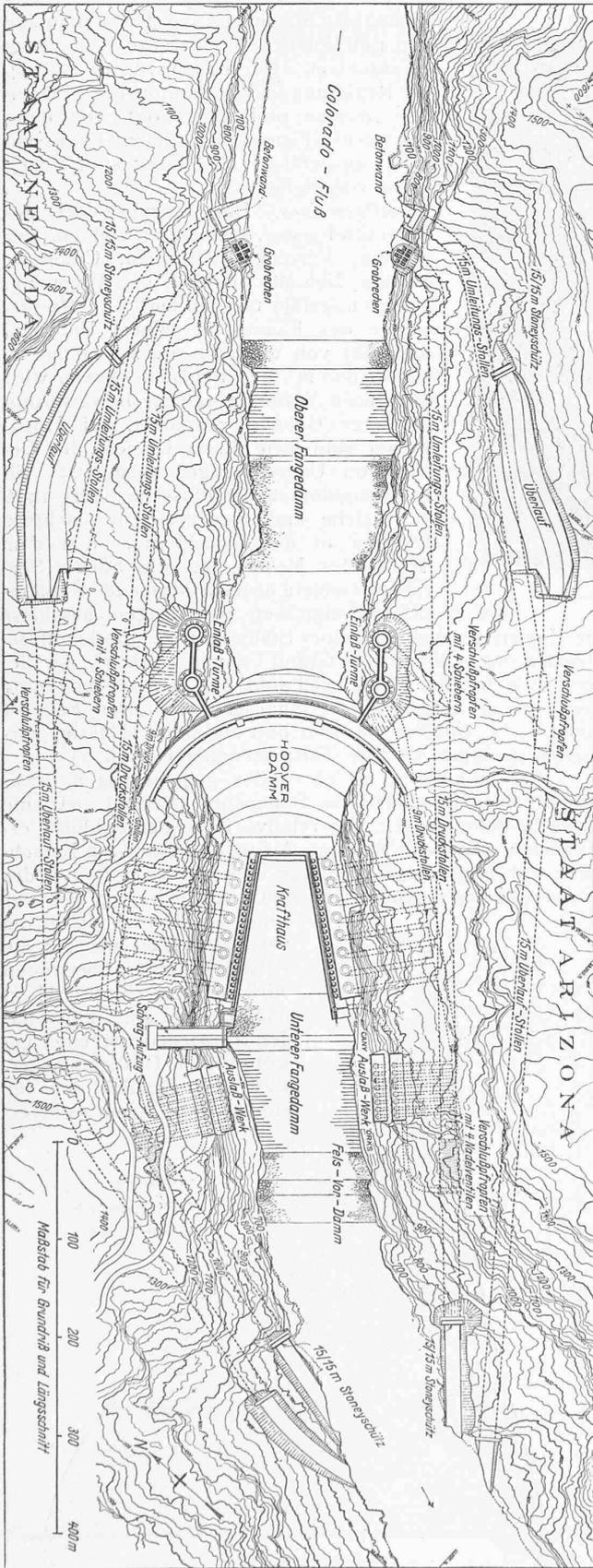


Abb. 4 Längsschnitt und Abb. 5 Uebersichtsplan des Hooverdamm-Kraftwerkes für 1 Million PS. — Massstab 1: 6500. (Cliché der „Wasserkraft und Wasserwirtschaft“, München.)

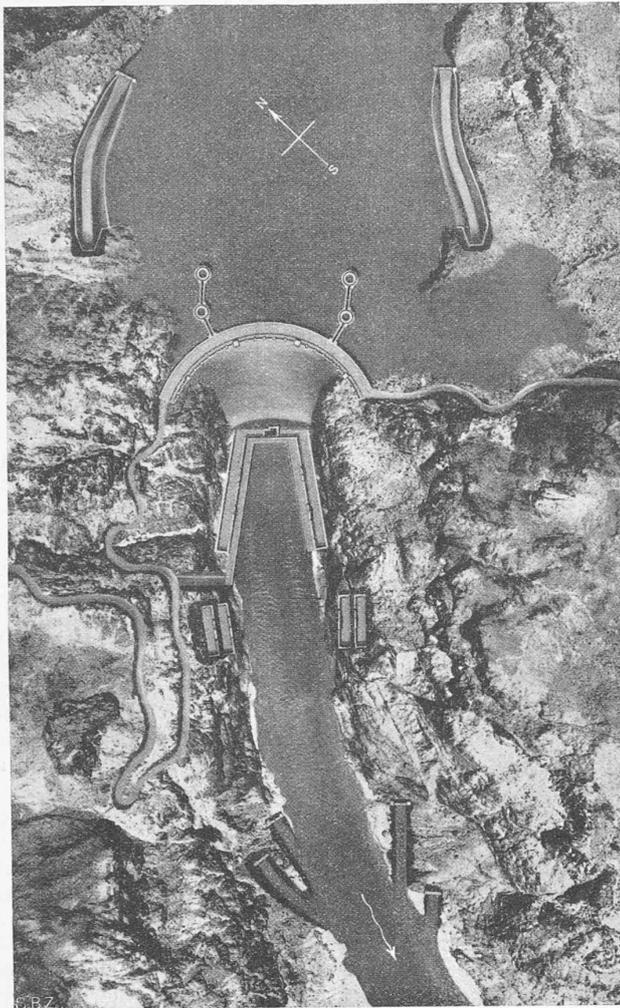


Abb. 6. Draufsicht auf das Modell. — Masstab etwa 1 : 10 000.

hubmassen betragen rd. 4,6 Millionen m³, wovon 1,5 Millionen m³ in den Umlaufstollen.

Nebenanlagen. Für Hochwasserabfluss bei vollem Stausee sind zwei Ueberläufe vorgesehen mit je einer 15 × 15 m Stoney-Schütze und einem 210 m langen freien Ueberfallwehr. Jeder Ueberlauf geht über in einen schief abfallenden, mit Stahlplatten ausgekleideten Stollen von 21 m oberem und 15 m unterem Durchmesser. Jeder Stollen ist für rd. 5500 m³/sec berechnet bei einer maximalen Wassergeschwindigkeit von rd. 50 m/sec (Abb. 4 bis 6). Am Fusse der Staumauer ist ein Maschinenhaus vorgesehen für eine Installation von 1 Million PS in Einheiten von je 100 000 PS. Ausserdem dienen „Auslasswerke“ mit einem System von Abschlusschiebern zur weiteren Regulierung des Wasserabflusses für Bewässerungs- und andere Zwecke stromabwärts. — Im Innern der Mauer befinden sich zwei Lifts für Personen- und Materialbeförderung.

Vorgeschriebene Baumethode (Abb. 7). Besonders erwähnenswert ist, dass die ganze Mauer durch Fugen sowohl in der Längs- wie in der Querrichtung eingeteilt ist in vertikale Blöcke oder Säulen von je rd. 15 × 15 m Seitenlänge. Diese Säulen sollen wechselweise in 1,50 m hohen Tagesschichten rd. 30 m hoch aufgeführt werden, wobei 72 h vergehen müssen, bevor eine weitere 1,50 m Schicht folgen darf. Ferner darf innert 30 Tagen nicht mehr als 10,5 m hoch betoniert werden. In jeder Tagesschicht sind eine Anzahl 2" Eisenröhren eingebettet, durch die frühestens sechs Tage nach Einbringen des Beton, anfangs durch Wasser mit Aussentemperatur, später mit künstlich gekühltem Wasser, der Beton auf 22° C abgekühlt wird. Man rechnet mit einer durchschnittlichen Kühlungsdauer von

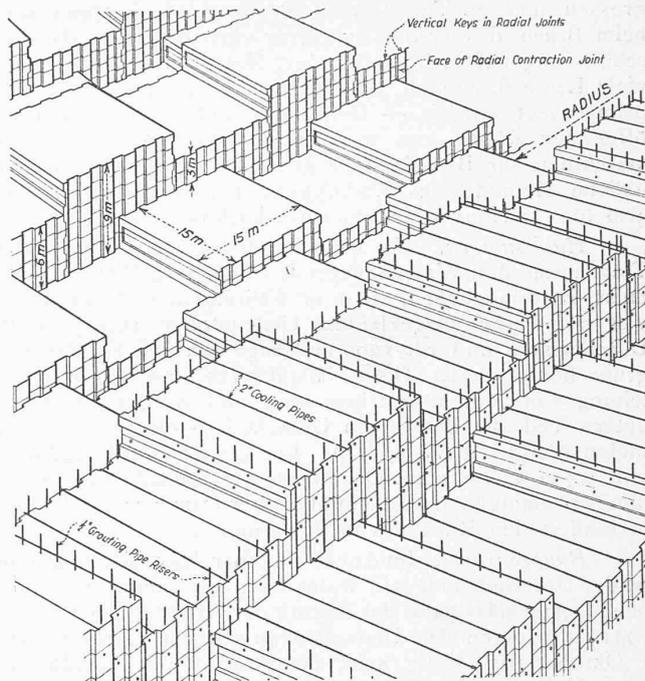


Abb. 7. Betonierungsschema mit Verzahnungen, Kühlröhren (Cooling Pipes) und Injektionsröhren (Grouting Pipes) zum spätern Vergiessen der Schwindfugen.

54 Tagen in jeder Röhre, um die Abbindewärme in der betreffenden Schicht abzuführen. Für die ganze Mauer braucht es etwa 250 km solcher Kühlröhren.

Infolge dieser künstlichen Kühlung wird sich das Schwinden des Beton, das sonst im Innern einer Staumauer selbst von nur mittlerer Grösse erfahrungsgemäss mehrere Jahre in Anspruch nimmt, innert weniger Monate vollziehen. Die Fugen zwischen den einzelnen Säulen sind verzahnt mit Berührungsflächen normal zu den Hauptspannungen. Ausserdem werden diese Fugen, nachdem sie sich der Kühlung des Beton entsprechend geöffnet haben, mit Zementinjektionen durch ein besonderes Röhrensystem in 30 m hohen Einheiten ausgegossen. Dadurch soll die Mauer möglichst monolithischen Charakter erhalten.

Es ist von Interesse, dass die Ingenieure der Hoover-Staumauer auf unabhängigem Wege im Prinzip zu einer ähnlichen Lösung der Unterteilung einer Staumauer gekommen sind, wie sie ihre Schweizer Kollegen beim Bau der Grimselsperre schon in Praxis mit Erfolg angewandt haben. Es ist zwar fraglich, wie Ing. A. Kaech mit Recht anführte, ob das künstliche Kühlen des Beton in der Hoover-Mauer dem gedachten Zweck genügen wird, oder ob das Schwinden des Beton beim Austrocknen die Fugen nach dem Injizieren nicht doch wieder etwas öffnen wird. Falls die Verzahnungen in den Fugen im wesentlichen normal zur Richtung der Hauptspannungen sind, was bei der Hoover-Mauer der Fall ist, wird ein leichtes Öffnen der Längsfugen ohne wesentlichen Einfluss auf die Stabilität der Mauer sein. Ausserdem werden ja, wie bereits angeführt, ungefähr $\frac{2}{3}$ der Wasserlast durch horizontale Gewölbewirkung aufgenommen, sodass die durch die Verzahnungen zu übertragenden vertikalen Schubkräfte relativ klein sind. Unterteilung langer Betonmauern zur Vermeidung von Schwindrissen, wobei die Fugen parallel und normal zu den Hauptspannungen angeordnet sind, ist übrigens bereits in mehreren Talsperren aufgelöster Bauweise mit Erfolg angewendet worden: Coolidge-Mauer in Arizona, Big Dalton-Gewölbereihenmauer in Californien, Pfeilerstaumauern in Brasilien, Chile und Mexico.

Für den Beton der Staumauer ist eine Prismenfestigkeit von 175 kg/cm² vorgeschrieben. Im Laboratorium in Denver ist eine Maschine installiert, in der Beton-Prismen Druckversuchen bis zum Bruch unterworfen werden können. Bei den ersten Druckversuchen an 90 × 180 cm

grossen und 28 Tagen alten Probezylindern ergab sich beim Bruch des ersten Zylinders eine derart starke Erschütterung auf mehrere hundert Meter im Umkreis, dass viele Leute fürchteten, die Stadt sei von einem Erdbeben heimgesucht worden. — Der Beton soll in am Boden zu öffnenden Kübeln von je rd. 6 m³ Inhalt von den Mischmaschinen zur Betonierstelle gebracht werden; die früher übliche Methode des Einbringens mittels Gussrinnen ist also für die Hoover-Mauer ausdrücklich untersagt.

Hilfsanlagen. Um die Fundierung, die bis auf 44 m Tiefe unter den Wasserspiegel des Flusses geführt werden muss, zu ermöglichen, wird er während des Baues durch vier mit Beton ausgekleidete Umleitstollen von je 15 m Durchmesser und rd. 1200 m Länge um die Fundamentgrube herumgeleitet. Diese Umlaufwerke sind für eine Ableitung von 7000 m³/sec bemessen und werden in ihrem untern Teil die definitiven Ueberlauf- bzw. Druckstollen bilden (vergl. Abb. 4 und 5). Ein geschütteter Fangdamm von 25 m Höhe staut das Wasser stromaufwärts gegen die Tunneleingänge und ein ähnlicher Damm stromabwärts verhindert den Rückfluss in die Baugrube.

Bauprogramm. In Anbetracht der langen Bauperiode ist der Unternehmung ein festes Bauprogramm vorgeschrieben. Demgemäss hatte der Beginn der Arbeiten am 1. April 1931 zu erfolgen. Die Umlaufstollen müssen spätestens am 1. Oktober 1933 fertig sein, die geschütteten Fangdämme am 1. Mai 1934. Die Betonarbeiten an der Staumauer sollen am 1. Dezember 1934 beginnen und am 1. August 1937 fertig sein. Für das gesamte Bauwerk, komplett, stehen der Unternehmung 2565 Kalendertage (7 Jahre) zur Verfügung. Für Verzug in der Fertigstellung der einzelnen angeführten Teile des Werkes oder der gesamten Anlage werden 3000 \$ pro Tag verrechnet. Andererseits erhält die Unternehmung keine Prämien für Beendigung der Arbeit vor dem Termin.

Da die Baustelle in einer weltabgeschiedenen Gegend liegt, ist in Anbetracht der siebenjährigen Bauzeit ein Dorf, genannt Boulder City, für die Ingenieure, Arbeiter und Angestellten samt Familien gebaut worden, mit Schule, Bibliothek, Kirchen und Spital. Auch Kino und andere Unterhaltungslokale fehlen nicht. Baustelle und Dorf sind durch neue Bahn und Strasse mit der 40 km entfernten nächsten Ortschaft Las Vegas in Nevada verbunden.

Verwendung des aufgestauten Wassers. Gegenwärtig werden vom Coloradofluss rd. 160 000 ha Land im Imperial Valley in Californien und 80 000 ha in Mexico bewässert (vergl. Abb. 1). Gleichzeitig mit dem Bau der Hoover-Staumauer wird ein neuer, 180 km langer Kanal angelegt zur künstlichen Bewässerung von weiteren 160 000 ha gegenwärtigen Wüstenlandes. Die Kosten dieser neuen Bewässerungsanlage, des *All American Canal*, sind auf rd. 45 Mill. \$ veranschlagt. Die Kosten des ganzen Unternehmens, Hoover-Staumauer, Kraftanlage und *All American Canal*, sind also 165 Mill. \$, wobei die Verzinsung des Baukapitals während der siebenjährigen Bauzeit, nämlich rd. 18 Mill. \$, in den genannten Bausummen inbegriffen ist.

Coloradofluss-Aquädukt der Stadt Los Angeles. Im September 1931 bewilligte die Stadt Los Angeles gemeinsam mit zwölf benachbarten Orten in Südkalifornien die Summe von 220 Millionen \$ für einen Aquädukt vom Colorado-Fluss. Die Bevölkerungszahl in Südkalifornien hat in den vergangenen zehn Jahren über eine Million zugenommen, sodass in absehbarer Zeit die heutige Wasserversorgung nicht mehr ausreichen würde. Der neue Aquädukt hat die Wasserfassung im Coloradofluss rd. 200 km talabwärts von der Hoover-Staumauer (vergl. Abb. 1). Er ist ungefähr 400 km lang und sein Tracé geht grösstenteils über fast unbewohnte und vorläufig weglose Wüstengebiete. Das Wasser muss in verschiedenen Stufen rd. 450 m hoch gepumpt und in einem 21 km langen Tunnel durch eine Bergkette geführt werden. Der Aquädukt wird von Anfang an auf seine volle Leistung von 53 m³/sec ausgebaut und soll zur Trinkwasserversorgung dienen von weiteren fünf Millionen Einwohnern in Südkalifornien.

Nachschrift der Redaktion. Regelmässige Nachrichten über den Gang der Arbeiten findet man in „Eng. News Record“. Einem Berichte unseres gelegentlichen Mitarbeiters P. E. Baumann (Los Angeles) in der „N. Z. Z.“ entnehmen wir noch folgende Einzelheiten über die Bauausführung:

Vor anderthalb Jahren war eine Vermessungsexpedition einer europäischen Gesellschaft in der Steinwüste des Boulder-Canyon tätig, die eine terrestrische stereophotogrammetrische Kartenaufnahme der Baustelle durchgeführt hat. Es war dies bei der ausserordentlichen Steilheit und Unzugänglichkeit der Schluchtwände die einzige Aufnahmemöglichkeit.

Von den Bauvorbereitungen sind in erster Linie zu erwähnen die Strassenbauten, sodann 42 km normalspurige Eisenbahn (17,5 Promille max. Steigung), wovon die Hälfte elektrisch betrieben werden wird. Ein Kies- und Sand-Aufbereitungslager von 500 t/h ist in Erstellung begriffen; die Kiesfundstätte liegt 14 km entfernt auf der andern Seite des Flusses im Staate Arizona; der Fluss wird auf einer Holzbrücke übersetzt und es ist damit zu rechnen, dass diese Brücke zwei- oder dreimal vom Hochwasser weggerissen werden wird. Zwei weitere Brücken, starke Hängebrücken, dienen dem Lastautobetrieb. Vom Kieslager wird eine Normalspureisenbahn bis zur Dammstelle vorgefahren werden, deren Linienführung mit derjenigen der Gotthardbahn von Brunnen bis Flüelen zu vergleichen ist. Diese Linie muss innerhalb von sieben Jahren 35 Millionen t befördern (Güterverkehr S. B. B. in Basel 5 Mill. t jährlich) bzw. 640 Millionen tkm leisten; nachher wird das Wasser sie zudecken. Die 4¹/₂ Millionen Tonnen Tunnel-Ausbruch dürfen nicht in den Fluss geworfen, sondern müssen an gewissen Stellen abgelagert werden.

Zu den grössten Hindernissen, die beim Bau zu überwinden sind, gehören die klimatischen Schwierigkeiten; bezeichnend dafür ist die Tatsache, dass die Arbeiter wohl gegen Unfall, nicht aber gegen Hitzschlag versichert sind. Im letzten Sommer wurden während dreier Monate folgende Temperaturen festgestellt: absolut höchste Temperatur 53°C, maximaler Tagesdurchschnitt 43°C, maximaler 24-Stunden-Durchschnitt 36°C. (Die Baustelle liegt unter dem 36. Breitengrad, d. h. etwa in der Breite von Malta.) Aus diesem Grunde verfügt Boulder-City auch über eine vorbildliche Wasserversorgung mit zirkulierendem gekühltem Trinkwasser. In einer Grosspeisehalle für 1100 Mann wird jede zweite Stunde eine Mahlzeit serviert. Der Unterkunft dienen sieben Kleinkasernen für je 172 Mann, 136 Bungalows mit drei und 175 mit zwei Räumen. Im ganzen sind zur Zeit rd. 3500 Mann beschäftigt.

Haus Ch. Rudolph, im „Düggel“, Küsnacht.

Von LUX GUYER, Architektin, Zürich.

(Mit Tafeln 5 bis 8.)

Wie Urkunden berichten, ist der „Düggel“, Sitz der Familie Düggelin, die älteste, schon im IX. Jahrhundert erwähnte Ansiedlung ausserhalb Zürichs am untern Ende des Zürichsees. Er umfasst ein sehr bewegtes Gelände: Gegen Nordosten ein steiles Bachtobel des Düggelbaches, südwärts ein schmales Plateau auf der Höhe der alten Landstrasse und gegen Westen seewärts abfallendes Reb-gelände. Die Situation für das neue Haus ergab einige Schwierigkeiten. Es konnte dafür nur der Platz über dem alten Bauernhaus mit seinen Ställen und Scheunen in Frage kommen, das Ganze etwas nach Süden abgedreht, unter Berücksichtigung einer weithin sichtbaren Pappel, sowie der alten natürlichen Zufahrtstrasse, die sich am Rande des Tobels nordöstlich des Hauses hinzieht (Tafel 8). Diese natürliche Zufahrt liegt fast 4 m tiefer als das Erdgeschoss, was die Baulage wesentlich bestimmte (vergl. Grundrisse und Schnitt, S. 85).

Der nördliche Teil des Kellergeschosses wurde demnach als Eingangshalle ausgebaut mit überdecktem Vorplatz für die Zufahrt, die wiederum mit der Garage im engsten Zusammenhang steht. Durch das bewegte Gelände