Der Entwurf der Bogenstaumauer Monticello des United States Bureau of Reclamation

Autor(en): **Schnitter, N.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **74 (1956)**

Heft 18

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-62617

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

AUREL STODOLA

Anlässlich des hundertjährigen Jubiläums der Eidgenössischen Technischen Hochschule ist im Maschinenlaboratorium eine Porträtbüste von Aurel Stodola, dem unvergesslichen Meister des Maschinenbaues, zur Aufstellung gelangt. Damit hat sich ein Anliegen vieler Ehemaliger erfüllt. War doch unter Stodolas Initiative um die Jahrhundertwende der seither erweiterte Bau das Maschinenlaboratoriums entstanden, in dessen Räumen er als Lehrer, als Forscher und als Mensch von seltener Bannkraft gewirkt hatte.

Weit über ein Vierteljahrhundert ist nun schon seit seinem Amtsrücktritt, und mehr als zehn Jahre sind seit seinem Tode vergangen; seine Schüler sind über die Länder der Erde verteilt; aber allen, die ihn kannten, blieb sein Vorbild und das unauslöschliche Bild inneren Adels in Haltung, Blick und Stirne dieses grossen Mannes.

Die Schweizerische Bauzeitung freut sich, zum 10. Mai — dem Geburtstage Stodolas — ihren Lesern ein Bild seiner Porträtbüste wiederzugeben, die sein Amtsnachfolger, Prof. Dr. G. Eichelberg, geschaffen hat.

Der Entwurf der Bogenstaumauer Monticello des United States Bureau of Reclamation

Von **N. Schnitter**, Dipl. Ing. ETH, J. M. ASCE, Motor-Columbus AG., Baden Schluss von S. 234 DK 627.824.7

V. Betontechnologie

A. Zuschlagstoffe

Da der Kiessand bei weitem den Hauptteil des Betons ausmacht, ist es nur natürlich, dass dieser — als Vorbedingung zu jedem Mischungsentwurf — besonders gründlich untersucht wird. Den eigentlichen Laboratoriumsuntersuchungen geht selbstverständlich die Feststellung der möglichen Gewinnungsstellen durch Geologen und Materialingenieure voraus sowie eine Abschätzung ihrer gegenseitigen, hauptsächlich wirtschaftlichen Vor- und Nachteile. Vor allem mit Sondierungen ist man dabei mit Recht, und wie zahllose unerfreuliche Erfahrungen immer wieder gelehrt haben, nicht knauserig.

Die Laboratoriumsuntersuchung beginnt am USBR bei dem auf die besonderen Probleme der Betonherstellung spezialisierten Petrographen [15]). Dessen Aufgabe besteht vornehmlich in einer statistischen Feststellung der verschiedenen Mineralien und Gesteine, des physischen Zustandes der Körner, wie Form, Härte, Verwitterung, Verunreinigungen und Ueberzüge, und der potentiell chemisch schädlichen Komponenten. Letzteres bezieht sich auf die besonders im Westen der USA aufgetretene chemische Reaktion zwischen den im Zement enthaltenen Alkalien (Na_2O und K_2O) und gewissen Zuschlagstoffen, hauptsächlich sauren Ergussgesteinen. Diese Reaktion bewirkt im Beton eine Expansion und nachfolgende Gefügezerrüttung. Wohl das bekannteste Beispiel einer solchen Reaktion ist die Staumauer Parker des Bureau of Reclamation selbst, wo die lineare Expansion 0,1 % übersteigt. Zemente mit einem aequivalenten Alkaliengehalt, d. h. Na_2O + 0,658 K_2O, von unter 0,6 % werden als gegen übermässige Wirkungen dieser Reaktion gefeit betrachtet. Die Schlussfolgerungen des Petrographen geben den eigentlichen Betoningenieuren bereits wertvolle Hinweise auf eventuelle kritische Punkte, die besondere Aufmerksamkeit erheischen und einer über das Uebliche hinausgehenden versuchstechnischen Abklärung bedürfen können.

Die materialtechnische Untersuchung im engern Sinn fusst selbstverständlich auf der Feststellung von natürlicher Granulometrie, spezifischem Gewicht, Absorption und für den Sand im speziellen Schluffgehalt (unter 0,074 mm) und organischer Verunreinigung. Die Kieskomponenten werden auch noch einem mechanischen Abnützungsversuch in der Kugelmühle unterzogen, welcher ein Bild über den bei der Aufbereitung zu erwartenden Kornzusammenbruch zu geben vermag. Die Integrität und Witterungsbeständigkeit der Zuschlagstoffe werden durch ein zyklisches Eintauchen in Natriumsulfat-Lösung mit nachfolgender Austrocknung untersucht. Die Ergebnisse all dieser Versuche werden nach notwendigerweise mehr oder minder willkürlichen Kriterien beurteilt, welche an sich nur relative Bedeutung besitzen, aber durch Erfahrung und Statistik mit der Wirklichkeit korreliert werden können. Wesentlich erscheint dabei vor allem, dass immer nach der selben, standardisierten Methode vorgegangen wird, auch wenn diese nicht jedem Einzelfall optimal gerecht zu werden vermag. Eine gute Korrelation zeigt sich so z. B. zwischen den Ergebnissen des Natriumsulfat-Versuchs an den Zuschlagstoffen und der Frostbeständigkeit des Betons. Die gleiche statistische Analyse zeigt übrigens auch, dass zwischen der

[15]) R. *Rhoades* und *R. C. Mielenz:* Petrographic and Mineralogic Characteristics of Aggregates. Symposium on Mineral Aggregates, American Society for Testing Materials, Special Technical Publication No. 83, 1948, p. 20.

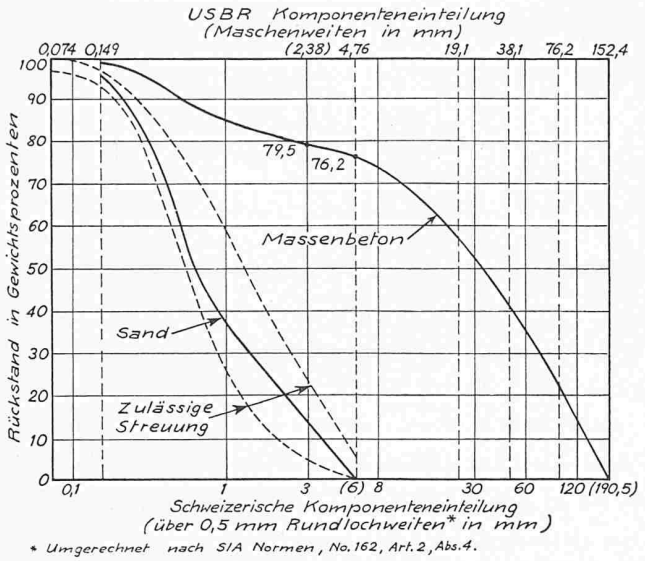

Bild 10. Granulometrie der Zuschlagstoffe für den Massenbeton der Staumauer Monticello

Frostbeständigkeit — wenigstens von Luftporenbeton — und der eigentlichen Zementdosierung kein unmittelbarer Zusammenhang besteht. Anders verhält es sich natürlich bezüglich des in allen Betoneigenschaften massgebenden Wasserbindemittelfaktors. Um die relative Güte der Zuschlagstoffe festzustellen, werden jedoch meist auch noch direkte Frostversuche an standardisierten Mischungen unternommen. Seit einigen Jahren verfügt das Bureau of Reclamation über eine umfängliche automatische Frostmaschine, welche pro Woche 50 Frostwechsel zwischen —12 und +21° C erlaubt. Die Proben bleiben dabei durchgehend unter Wasser. Als Kriterium für die Frostbeständigkeit gilt der Gewichtsverlust der Proben, allenfalls noch deren Expansion. Anhand der standardisierten Vergleichsmischungen lassen sich ferner die mit den verschiedenen Zuschlagstoffen erreichbaren Druckfestigkeiten ermitteln. Da dabei Granulometrie, Luftgehalt und Konsistenz konstant gehalten werden, gewinnt man auch Anhaltspunkte über den Wasseranspruch der untersuchten Kiessande. Schliesslich liefert der ebenfalls normierte Wasserbindemittelfaktor die erforderliche Dosierung und gibt so zusammen mit den erreichten Festigkeiten ein Bild über die mögliche Bindemittelausnützung. Schon diese kurz skizzierte Prozedur zeigt typisch die Grundauffassung der Betontechnik des Bureau of Reclamation [16]). Diese steht konsequent im Zeichen des Wasserbindemittelfaktors und weniger von bestimmten Dosierungen.

Auf Grund solcher extensiver Untersuchungen, und natürlich mit Einbezug der wirtschaftlichen Gesichtspunkte, wird dann die endgültige Gewinnungsstelle der Zuschlagstoffe festgelegt. Man scheut dabei nicht davor zurück, geeignete Materialien nötigenfalls aus erheblichen Distanzen herantransportieren zu lassen. So auch hier im Falle der Staumauer Monticello, wo sowohl der Kiessand aus dem Putah Creek selbst als auch Steinbruchmaterial aus der näheren Umgebung als minderwertig verworfen wurden. Die Zuschlagstoffe sollen nun aus einem nördlichen Paralleltal über 40 km herbeigeführt werden, der Sand eventuell sogar bis aus 80 km Entfernung.

B. Mischungsentwurf

1. Granulometrie

Bild 10 zeigt die für den Massenbeton der Staumauer Monticello vorgesehene Siebkurve der Zuschlagstoffe. Zur Auswahl der Siebkurven verwendet das Bureau of Reclamation weniger eine feste, z. B. parabolische Leitkurve, sondern empirisch festgelegte Bereiche des Gewichtsanteils der einzelnen Komponenten, in die die natürliche Granulometrie der Zuschlagstoffe möglichst wirtschaftlich, d. h. mit minimalem Nachbrechen oder Ausscheiden, eingepasst wird. Auch Komponenteneinteilung und Maximalkorn sind weitgehend standardisiert. Auffallend ist in Bild 10 der Knick in der Siebkurve beim Uebergang zur Sandkomponente. Dieser entsteht dadurch, dass Kies und Sand eigentlich unabhängig abgestuft werden, und hernach in einer speziellen Versuchsserie der von den Standpunkten der Verarbeitbarkeit und Betonqualität aus günstigste Sandgehalt bestimmt wird. Es zeigt sich, dass dieser Prozentsatz des totalen Sandgehalts die Betoneigenschaften vornehmlich beeinflusst, während eine Variation der eigentlichen Sandgranulometrie in den vom Bureau of Reclamation vorgeschriebenen Grenzen (siehe Bild 10) von untergeordneter Bedeutung zu sein scheint. Bild 11 gibt hiezu Resultate von Vergleichsversuchen, wobei allerdings entsprechend der erwähnten Grundkonzeption Konsistenz und Wasserbindemittelfaktor konstant gehalten wurden. Dadurch veränderten sich naturgemäss Wasseranspruch (Bild 11) und somit Zementbedarf. Die Variationen in den Betoneigenschaften sind in bezug auf die verschiedenen Sandgranulometrien unbedeutend und werden durch die, bei der Frostbeständigkeit besonders auffallenden aber typischen Wirkungen der künstlichen Lufteinführung vollkommen überschattet.

Neben diesen zulässigen Streugrenzen für die Kornabstufung des Sandes muss auch das bei den einzelnen Kieskomponenten zulässige Ueber- und Unterkorn beschränkt werden, soll die theoretisch für optimal befundene Granulometrie überhaupt einigermassen in die Wirklichkeit übertragen werden können. Bei der Staumauer Monticello gelten diesbezüglich folgende Vorschriften (Maschenweiten in mm):

Komponente (nominal)	Untere Grenze (von 98 % überschritten)	Aufbau	Obere Grenze (von 100 % unterschritten)
4,76 ÷ 19,1	4,0	mindestens 50 % über 9,5	22,2
19,1 ÷ 38,1	15,8	mindestens 25 % über 31,7	44,5
38,1 ÷ 76,2	31,7	mindestens 25 % über 63,4	88,9
76,2 ÷ 152,4	63,4	mindestens 25 % über 127,0	203,2

Zur Einhaltung dieses Erfordernisses wird der Unternehmung eine Nachsiebung unmittelbar vor oder auf der Mischanlage vorgeschrieben.

2. Vorgeschlagene Mischung

Nach der Festlegung der Granulometrie und des Sandgehaltes im besonderen erfolgt in weitern Vergleichsversuchen die Abschätzung des optimalen Wasserbindemittelfaktors. Es ist zu beachten, dass sich Wasseranspruch und somit Wasserbindemittelfaktor beim Bureau of Reclamation auf sog. «gesättigt-oberflächentrockene» Zuschlagstoffe beziehen, das Absorptionswasser derselben also ausschliessen. Nach schweizerischer Konzeption sind diese Betone tatsächlich wasserreicher als die angegebenen originalen Wasserbindemittelfaktoren annehmen lassen könnten. Die vorgeschlagene Zusammensetzung des Betons für die Staumauer Monticello lautet:

Portlandzement	98 kg/m³
Puzzolan	42 kg/m³
Anmachwasser	80 kg/m³
Kies (gesättigt-oberflächentrocken)	1680 kg/m³
Sand (gesättigt-oberflächentrocken)	530 kg/m³
Luftgehalt	3,8 %

Der Wasserbindemittelfaktor stellt sich demnach nach der Definition des Bureau of Reclamation auf 0,57, nach schweizerischer Definition jedoch, bei einer Absorption der Zuschlagstoffe von 1,1 %, auf 0,75. Das Setzungsmass (slump) beträgt 5,8 cm.

Der Portlandzement ist vom amerikanischen Standardtyp II (modified). Der anlässlich des Baues der Hoover-Sperre entwickelte «low heat cement» (Typ IV), mit reduzierter Wärmeentwicklung bei der Hydratation, wird nicht mehr verwendet. Puzzolane erlauben dessen massenbetontechnische Vorteile besser und wirtschaftlicher zu erreichen. Wie aus vorstehenden Angaben ersichtlich, ersetzt im Falle der Staumauer Monticello der Puzzolan den Zement zu 30 %, welcher Prozentsatz sich allgemein als optimal erwiesen zu haben scheint. Die Auswahl einer bestimmten Puzzolanart wurde dabei der Unternehmung überlassen, welche in der Folge die Verwendung eines Kieselgurs (diatomaceous clay) aus der Umgebung vorschlug. Die Beimengung desselben wird wie meist beim Bureau of Reclamation auf der Baustelle selbst — als zusätzliche Mischkomponente — erfolgen.

[16]) Concrete Manual, Bureau of Reclamation, Sixth Edition 1955.

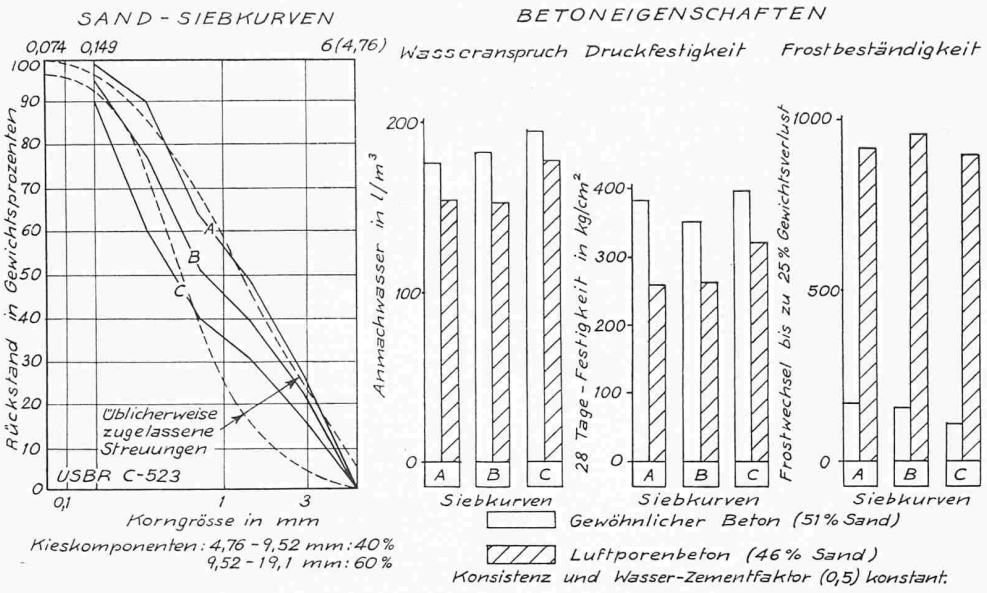

Bild 11. Einfluss der Sandgranulometrie auf die Betoneigenschaften

Selbstverständlich enthält auch die vorliegende Mischung künstlich eingeführte Luft. Seit 1949 verwendet das Bureau of Reclamation Lufteinschlussmittel in all seinem Beton, da deren vielfältige Vorteile die Nachteile stark überwiegen. Was die Vielzahl der auf dem Markt erschienenen Lufteinschlussmittel anbelangt, so geht die Erfahrung des Bureau of Reclamation dahin, dass sie sich — soweit sie nur der reinen Lufteinführung dienen — nicht stark in ihrem Einfluss auf die Betoneigenschaften unterscheiden, wohl aber in ihrer Ausgiebigkeit. Die Auswahl eines bestimmten Produktes richtet sich somit hauptsächlich nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Das Optimum des totalen Luftgehalts liegt für Massenbeton bei 3 bis 4 %. Die neueren Theorien[17]), welche die vornehmlich bei der Frostbeständigkeit frappanten Wirkungen solcher im Vergleich zum gewöhnlichen Beton nur unerheblich gesteigerten totalen Luftgehalte des Luftporenbetons erklären, gehen dahin, da es weniger auf diesen Luftgehalt als vielmehr auf die Form und insbesondere den gegenseitigen Abstand der Luftbläschen ankomme.

Mit Rücksicht auf die im Sommer zu erwartenden relativ hohen Einbringungstemperaturen und eine gewisse Neigung des spezifischen Portlandzementes zu verfrühtem Abbinden wurde obiger Mischung für die Staumauer Monticello auch noch ein plastifizierender Verzögerer beigegeben. Um — im Winter — die gegenteilige Wirkung zu erzielen, d. h. das Abbinden zu beschleunigen, verwendet das Bureau of Reclamation meist eine Beimengung von Calcium-Chlorid bis zu höchstens 2 % des Bindemittelgewichts. Puzzolane (Flugasche) scheinen die Wirksamkeit des Calcium-Chlorids zu beeinträchtigen.

Dieser Beton für die Staumauer Monticello zeigt nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit von 200 kg/cm², bestimmt nach der massgebenden Methode an verschlossen und bei der erwarteten Mauertemperatur gelagerten 45 × 90 cm-Zylindern. Damit wird also die verlangte Jahresfestigkeit (siehe IV, C) bereits überschritten, und alles Weitere ist eigentlich unnötiges Zuviel. Es ist deshalb verständlich, dass das Bureau of Reclamation weiterhin noch magerere Mischungen anstrebt und auch als durchaus erzielbar erachtet. Das vorläufige Endziel ist die «two sack mix» von 110 kg/m³ Bindemittelgehalt, wie sie vom Corps of Engineers an der Staumauer Pine Flat bereits verwendet wurde. Ferner zeigt sich wiederum, dass für den Entwurf einer Massenbetonmischung — mindestens bei relativ schwach beanspruchten Mauern — die Festigkeit nicht massgebend ist. Da im Innern von massiven Betonteilen zudem auch die Frostbeständigkeit unwesentlich wird, bleiben wohl als Hauptkriterien Verarbeitbarkeit, Wärmeentwicklung und Dichtigkeit.

Angesichts der günstigen klimatischen Bedingungen und der relativ beschränkten Dimensionen weist die Staumauer Monticello keinen besonderen Vorsatzbeton auf. Doch Versuche für die Staumauern Hungry Horse und Canyon Ferry lassen auch für solch magere Mischungen, eben dank der künstlichen Lufteinführung, durchaus genügende bis gute Frostbeständigkeit erwarten.

C. Puzzolane und ihr Einfluss auf die Betoneigenschaften

Puzzolane[18]) werden definiert als kiesel- oder kiesel- und alaunartige Materialien, welche an sich nur geringen oder gar keinen Bindemittelwert besitzen, in fein verteilter Form und in Gegenwart von Feuchtigkeit jedoch mit dem Kalkhydrat, wie es bei der Hydratation des Portlandzementes frei wird, bei normalen Temperaturen chemisch reagieren und Verbindungen mit Bindemittelcharakter bilden. Kalkhydrat ist wasserlöslich und verursacht z. B. an Staumauern die bekannten, unschönen «Ausblühungen», meist an den Arbeitsfugen. Die Verbindung von Kalkhydrat und Puzzolan ist hingegen viel schwerer löslich und trägt zur Dichtigkeit und Festigkeit des Betons bei. Obige Definition weist auch auf die zwei Grunderfordernisse für das Zustandekommen einer puzzolanischen Wirkung hin, d. h. Feinheit des Puzzolans und Feuchthaltung des Betons, wie dies im Massenbeton selbstredend der Fall ist.

Der Begriff Puzzolan umfasst eine Vielzahl verschiedener Materialien, wobei die Abgrenzungen noch nicht eindeutig festgelegt zu sein scheinen. Die natürlichen Puzzolane umfassen sowohl vulkanische Aschen und Gesteine, wie Pumizit oder die originale italienische Puzzolanerde (in Deutschland Trass), als auch Kieselgur und gewisse Schiefertone. Die puzzolanischen Eigenschaften vor allem letzterer werden oft durch Kalzinierung — bis unter die Schmelztemperatur — verbessert. Zu den künstlichen Puzzolanen werden Flugasche und gelegentlich auch Hochofenschlacke gerechnet, obschon letztere von sich aus leichten Bindemittelcharakter aufweist. Flugasche fällt in geeigneter Form in den Rauchfängen einiger Staubkohle verfeuernder thermischer Zentralen an.

Angesichts der Vielgestaltigkeit der unter dem Begriff Puzzolan zusammengefassten Materialien ist es verständlich, dass diese in ihren Einflüssen auf die Betoneigenschaften weit auseinandergehen und sich sogar gegensätzlich auswirken können. Eine eingehende versuchstechnische Abklärung des in Aussicht genommenen Puzzolans in Verbindung mit dem spezifisch gegebenen Zement und Kiessand ist deshalb in jedem einzelnen Fall unumgänglich. Im folgenden soll immerhin versucht werden, einige der allgemeinen Tendenzen aufzuzeigen, vornehmlich am Beispiel der anlässlich des Baues der Staumauern Hungry Horse und Canyon Ferry erschöpfend studierten Flugasche.

Mit Ausnahme einiger Flugaschen, welche den gegenteiligen Effekt haben, erhöht ein Puzzolanersatz den Wasseranspruch einer Betonmischung bei konstant gehaltener Konsistenz. Anderseits wird aber die Verarbeitkeit des Frischbetons erheblich verbessert und die Neigung zu Entmischung und Wasserausscheidung vermindert. Diese Wirkungen sind vor allem bei mageren Mischungen ausgesprochen, wie überhaupt alle Vorteile eines Puzzolanersatzes hauptsächlich erst bei diesen zur vollen Geltung kommen. Schwache Dosierung und Puzzolanersatz gehen also Hand in Hand.

Der Ersatz eines Teils des Portlandzementes durch Puzzolan vermindert die im Massenbetonbau ausschlaggebende Wärmeentwicklung bei der Hydratation. Zwar setzen beim binden auch die Puzzolane eine gewisse Wärmemenge frei, doch macht diese z. B. bei Flugasche nur 40 bis 50 % derjenigen des entsprechenden Zementgewichtes aus. Doch empfehlen sich vor allem auch in dieser Beziehung besondere Versuche

[17]) *T. C. Powers:* Void Spacing as a Basis for Producing Air-Entrained Concrete. «Journal of the American Concrete Institute», Volume 50, May 1954, p. 741, Title 50÷46.

[18]) Symposium on Use of Pozzolanic Materials in Mortars and Concretes, American Society for Testing Materials, Special Technical Publication No. 99, 1950.

mit dem spezifischen Puzzolan, da dessen Wärmeentwicklung je nach Art stark unterschiedlich sein kann und teilweise auch vom Zement, mit dem er kombiniert wird, abhängig zu sein scheint. Puzzolanersatz erhöht den Wärmeausdehnungskoeffizienten des Betons leicht; die übrigen thermischen Eigenschaften werden hingegen nicht merklich beeinflusst.

Eine unerwartete aber nicht weniger wünschenswerte Nebenerscheinung des Puzzolanzusatzes ist die erhebliche Verminderung der Durchlässigkeit des Betons, welche die gegenteilige Wirkung der schwachen Dosierung mehr als wettzumachen vermag. Als Beispiel hiezu mögen folgende Ergebnisse von Versuchen an der vollen Massenbetonmischung der Staumauer Canyon Ferry dienen (Durchlässigkeiten in cm/sec):

Bindemittelgehalt in kg/m³	Wasserbindemittelfaktor	Flugascheersatz 0 %	Flugascheersatz 30 %
224	0,40	$2{,}2 \cdot 10^{-9}$	$4{,}5 \cdot 10^{-10}$
168	0,51	$2{,}9 \cdot 10^{-9}$	$1{,}8 \cdot 10^{-10}$

Bild 12 veranschaulicht den Einfluss des Puzzolangehalts auf die Frostbeständigkeit des Betons, sowie beiläufig nochmals den primordialen der künstlichen Lufteinführung. Demnach vermindert ein Puzzolanersatz die Frostbeständigkeit von relativ noch jungen Betonen. Bei höheren Betonaltern ist jedoch das Gegenteil der Fall. Wie die angeführten hohen Bindemittelgehalte vermuten lassen, handelt es sich beim gegebenen Beispiel um einen Versuchsbeton. Doch auch der entsprechende Massenbeton — für die Staumauer Hungry Horse — zeigt ähnlich günstige Ergebnisse. Bei einem Bindemittelgehalt von 168 kg/m³ und mit 40 % Flugascheersatz waren nach 28 Tagen 800 Frostwechsel bis zu 25 % Gewichtsverlust notwendig, nach 180 Tagen sogar deren 3000. Letzteres Resultat ist ausgesprochen hoch und entspricht etwa dem Zweifachen des gewöhnlich mit Massenbetonmischungen Erreichbaren. Es kann hier noch darauf hingewiesen werden, dass Flugasche die Ausgiebigkeit von Lufteinschlussmitteln beeinträchtigen kann.

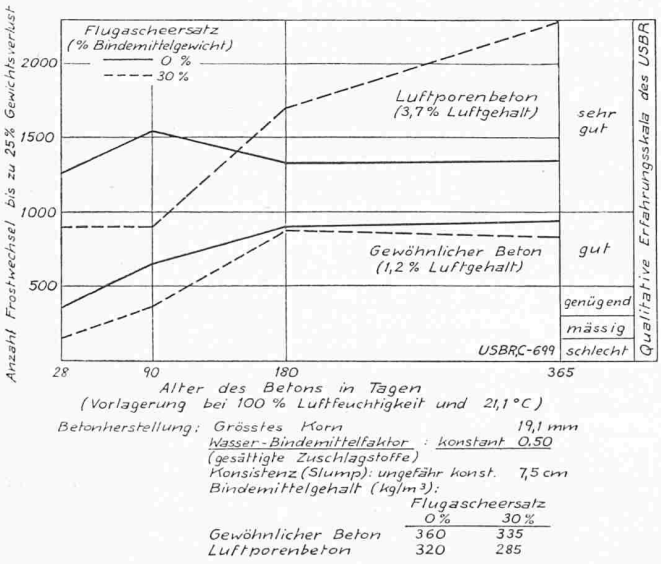

Bild 12. Einfluss des Flugascheersatzes auf die Frostbeständigkiet des Betons

Auch die Volumenänderungen des Betons werden durch einen Puzzolanersatz beeinflusst. Doch hängt dieser Einfluss sehr weitgehend von der spezifisch verwendeten Puzzolanart ab. Einige Puzzolane (Flugasche) vermindern z. B. das Austrocknungsschwinden — wie es für Massenbeton nur an der Oberfläche in Frage kommen kann —, während hinwiederum andere es zu verstärken scheinen. Doch auch im Innern von grossen Betonmassen sind, unabhängig von den primordialen thermischen, auch noch sog. autogene, sich ohne äussere Wasseraufnahme bzw. -abgabe vollziehende Volumenänderungen zu erwarten. Diese scheinen mit der über viele Jahre fortdauernden Hydratation des Zementes in Zusammenhang zu stehen und können sich sowohl als ein Schwellen als auch ein Schwinden auswirken. Puzzolanersatz scheint ein autogenes

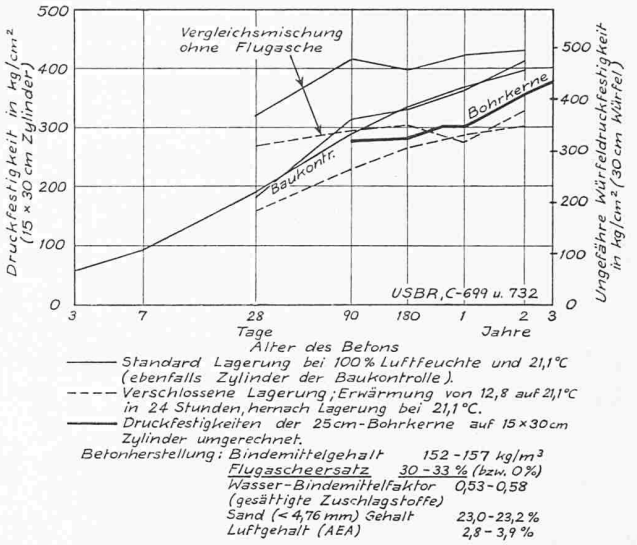

Bild 13. Festigkeitsentwicklung des Betons der Staumauer Hungry Horse

Schwinden zu bewirken bzw. zu verstärken. Dieses wurde z. B. für die Staumauer Hungry Horse als einer zusätzlichen Abkühlung von etwa 5 °C gleichkommend geschätzt.

Bild 13 zeigt den Einfluss eines Puzzolanersatzes auf die Festigkeitsentwicklung des Betons am Beispiel der Staumauer Hungry Horse, und zwar für die beiden am Bureau of Reclamation üblichen Lagerungsarten der Probezylinder. Interessehalber sind auch noch die Mittelwerte der Kontrollversuche auf der Baustelle selbst aufgetragen, sowie die Festigkeiten der zu verschiedenen Zeiten aus dem Mauerkörper selbst entnommenen Bohrkerne. Auffallend ist, wie letztere durch die Laboratoriumsversuche mit den zwei verschiedenen Lagerungsarten eng eingeschnitten werden. Typisch für die Festigkeitsentwicklung des Flugasche enthaltenden Betons im Vergleich zur reinen Portlandzementmischung ist dessen geringere Anfangsfestigkeit, aber auch eine stärkere und stetigere Festigkeitszunahme. Spezielle Versuche lassen zudem annehmen, dass der Beitrag der Flugasche zur Festigkeit des Betons nicht stetig mit der Zeit zunimmt, sondern im Alter von etwa 14 Tagen ein ausgesprochenes Minimum erreicht. Dies heisst in anderen Worten, dass sowohl die Festigkeit in höheren Altern als auch die Anfangsfestigkeit durch den Flugascheersatz kaum beeinträchtigt werden.

Ein spezieller, aber oft — so auch an der Staumauer Monticello — ausschlaggebender Grund für die Verwendung von Puzzolanen im Beton ist die Kontrolle der Reaktion zwischen gewissen Zuschlagsstoffen und den Alkalien im Zement. Obschon Puzzolane selbst die gleichen chemisch schädlichen Mineralien wie besagte Zuschlagsstoffe enthalten, jedoch im Gegensatz zu diesen eben in fein verteilter Form, können sie die reaktive Expansion auf ein tragbares Mass herabsetzen. Opalpulver, an sich das reaktivste Mineral, ist dabei am wirkungsvollsten. Puzzolane verleihen dem Beton auch eine erhöhte Widerstandskraft gegen natriumsulfat- oder magnesiumsulfathaltige Wasser.

Als letzter aber nicht minder wichtiger Grund für die weitgehende Verwendung von Puzzolanen durch das Bureau of Reclamation und andere muss der oft damit verbundene wirtschaftliche Vorteil genannt werden. So betrug der Tonneneinheitspreis von Flugasche auf den Baustellen Hungry Horse und Canyon Ferry ziemlich genau nur die Hälfte desjenigen für Portlandzement. Gleichzeitig konnte die in jenen Gegenden zurzeit sehr angespannte Versorgungslage von Portlandzement merklich entlastet werden. Bei der Staumauer Monticello ergeben sich jedoch keine solchen wirtschaftlichen Vorteile, da der Gestehungspreis des als Puzzolan vorgesehenen Kieselgurs demjenigen des Zementes gleich ist.

VI. Ausführung und Kosten

Die Arbeiten für die Staumauer Monticello wurden auf Ende Juli 1953 ausgeschrieben und in der Folge einem Konsortium von zwei kalifornischen Unternehmungen übertragen. Die Arbeiten begannen im September des selben Jahres und

sind vertragsgemäss innert 1000 Kalendertagen abzuschliessen. Nachdem sich die Aushubarbeiten durch eine unerwartet notwendig gewordene Vertiefung der Fundation leicht verzögert hatten, konnte am 9. August 1955 mit der Betonierung begonnen werden. Diese erfolgt mit sog. «revolver cranes» (ein aus der Hafeneinrichtung übernommener Drehkran-Typ) von einer luftseitigen stählernen Dienstbrücke aus. Die Betonfabrik gelangte auf Kronenhöhe über dem rechten Widerlager der Dienstbrücke zur Aufstellung. Entgegen der vorstehend beschriebenen (siehe V, B, 2) «vorgeschlagenen Mischung» wurde im tatsächlich verwendeten Beton die Zementdosierung um 20 kg/m³ erhöht. Puzzolanzugabe und Wasserbindemittelfaktor blieben unverändert. Hingegen wurde der Sandanteil an den Zuschlagsstoffen von 23,8 auf 21 % herabgesetzt. Auf das in der Schweiz übliche Trennkorn von 3 mm (Rundlochweiten) bezogen, ergibt sich somit ein Sandanteil von nur noch 18 %.

Nach den Offertpreisen stellt sich der Ueberalles-Einheitspreis der Mauer selbst und ihrer Gründung, d. h. ohne Hochwasserentlastung und Ablass, auf rund 25 $/m³. Der auf die Staumauer entfallende Anteil der bauseitigen allgemeinen Aufwendungen für Voruntersuchungen, Projektierung, Bauleitung, Messinstrumente usw. dürfte nach andern Projekten des Bureau of Reclamation zu urteilen etwa zusätzliche 30 % ausmachen. Der reine Massenbeton-Einheitspreis einschliesslich Installationen (die in den USA nicht gesondert positioniert werden), Kiessand und Schalungen, jedoch ohne Bindemittel, Kühlung und Fugenauspressung, stellt sich auf 17 $/m³. Der Preis der Bindemittel beträgt an der Baustelle Monticello etwa 23.50 $/t, oder bei der vorgesehenen Dosierung 3,30 $/m³ Beton. Die Arbeiterlöhne erreichen ungefähr die gleichen Beträge in Dollars, wie in der Schweiz in Franken, besonders wenn man noch berücksichtigt, dass bei der im Talsperrenbau meist üblichen 60-Stunden-Woche ein Drittel Ueberzeitarbeit ist, welche mit 50 % Zuschlag auf die Grundlöhne entschädigt werden muss.

VII. Schlussbemerkung

Durch die eingehende Darstellung der Entwurfsarbeiten und -kriterien für eine der neuesten amerikanischen Staumauern wurde einerseits versucht, über den heutigen Stand und insbesondere einige der so wesentlichen Einzelheiten der Staumauertechnik in den USA zu berichten. Anderseits sollte gezeigt werden, mit welcher Umsicht und Gründlichkeit deren Probleme besonders auch am Bureau of Reclamation behandelt werden. Man wird sich kaum dem Eindruck verschliessen können, dass hier eine einheitliche, zielbewusste und folgerichtige Auffassung der Projektierung zu Grunde liegt, auch wenn sie in verschiedenen Punkten von der in Europa und der Schweiz im besondern vorherrschenden Konzeption abweicht oder dieser gar entgegentritt.

Der Schreibende ist dem Bureau of Reclamation und seinen Ingenieuren zu grossem Dank verpflichtet für den umfassenden Einblick in die Arbeitsweise der riesigen Organisation, der ihm während eines längeren Aufenthaltes am Assistant Commissioner and Chief Engineer's Office in Denver, Colorado geboten wurde. Der besondere Dank des Schreibenden gilt auch der grosszügigen Erlaubnis, aus den vielfältigen Eindrücken und Erfahrungen Vorstehendes veröffentlichen zu dürfen.

Adresse des Verfassers: *N. Schnitter*, Erbstrasse 14, Küsnacht ZH.

Das Geschäftshaus Kleider-Frey in Olten

DK 725.211

Walter Belart, dipl. Arch. ETH, **Hermann Frey**, Arch. S. I. A., BSA, Olten

Hiezu Tafel 25/26

Der Neubau befindet sich an der wichtigsten Strassenkreuzung im wirtschaftlichen Herzen der aufstrebenden Stadt. Seit Jahren ist der bauliche Bestand Oltens einer bedeutenden masstäblichen Veränderung unterworfen. Grosse Bauten sind erstellt worden, die sich kaum in das Stadtbild einfügen liessen. Auch den Forderungen des Verkehrs wurde insofern Rechnung zu tragen versucht, als eine Höherbaubewilligung erteilt worden war, die mit zurückversetzter Baulinie gepaart eine sogenannte Auflockerung ergeben sollte. Schräg gegenüber dem abgebildeten Gebäude befindet sich das vieldiskutierte und heftig bekämpfte Hochhaus, welches eindeutig mit der Tradition gebrochen hat.

Der Neubau Kleider-Frey nahm im wesentlichen diesen neuen Masstab auf. Es wird noch einige Zeit vergehen müssen, bis die Umgebung mit weiteren Grossbauten gestaltet als Einheit wirken wird. Immerhin ist es erfreulich, dass man nicht krampfhaft versucht hat, das Rad der Zeit zurückzudrehen, wie das in andern Städten etwa der Fall ist. Ueber einem mit dem Verkaufsladen des Bauherrn, einem grossen Lebensmittelladen für Selbstbedienung und einem kleinen Verkaufsraum ausgestatteten Erdgeschoss erheben sich sechs Vollgeschosse mit Büros und ein zurückgesetztes Dachgeschoss mit Wohnungen. Im ersten Stock sind weitere Verkaufsräume des Bauherrn und sein Schneideratelier untergebracht worden. Dieses ist hofwärts in die Tiefe entwickelt.

Das Aeussere des Baus erscheint als aus zwei Kuben zusammengesetzter Baukörper, dessen Erdgeschoss völlig in Glas aufgelöst ist. Eine liegende, von einer Betonumrahmung eingefasste, ruhige Glasfassade steht im Gegensatz zu einer ragenden, stark durch Zickzackfenster gegliederten Vertikalfassade, die die Strassenkreuzung weithin sichtbar betont. Besonders erwähnenswert ist das Bestreben der Architekten, dem überall angewandten Rastersystem mit kleinteiliger Fenstergliederung den klaren Baukubus mit konsequent durchgebildeten Flächen entgegenzusetzen.

Die Hauptfassaden wurden von der Metallbau Koller AG., Basel, entwickelt und aus vorfabrizierten Elementen (ein Ganzmetallelement und ein Metall-, Eternit- und Glaselement) zusammengebaut. Zwischen einer innern und äussern Wand ist eine Isolierschicht fixiert (siehe Spezialbericht der Konstruktionsfirma auf Seite 268).

Die Bauart ist rationell und zeitsparend und weist den Vorteil auf, dass die sonst beim Bau so lästige Feuchtigkeitsaufnahme wegfällt. Die sehr knappen Dimensionen, die dank der hochwertigen Baumaterialien zulässig werden, wirken sich in grundrisslicher Beziehung raumsparend aus und erhöhen die Wirtschaftlichkeit beträchtlich.

Die Konstruktion des Stahlskelettes wurde von der Meto-Bau AG. Zürich ausgeführt. Die Ingenieurarbeiten für die Eisenbetonkonstruktion leistete Ing. *E. Frey* in Olten.

Die Stahlkonstruktion

Von dipl. Ing. **W. Stadelmann**, Direktor der Meto-Bau AG., Zürich

Nachdem die Disposition und Planung dieses modernen Geschäftshauses festgelegt waren, musste die Wahl des Baustoffes getroffen werden. Der Entscheid, dem Stahlskelett den Vorzug gegenüber einer Betonkonstruktion zu geben, beruht auf eingehenden Kostenvergleichen. Neben den wirtschaftlichen Vorteilen fielen auch technische Vorzüge stark ins Gewicht. Für eine Stahlkonstruktion sprechen vor allem die kurze Bauzeit, kleinste Dimensionen für Stützen und Unterzüge, die Ueberbrückung grosser Spannweiten und nicht zuletzt die Anpassungsfähigkeit an eine saubere Lösung und exakte Montage des technischen Innenausbaues.

Da die Vergebung der Stahlkonstruktion lange vor den übrigen Arbeiten, ja sogar vor dem Abbruch und Aushub erfolgte, war die Voraussetzung für eine ideale Zusammenarbeit zwischen den Architekten und dem Stahlbauingenieur gegeben. Sämtliche Details konnten frühzeitig in gemeinsamer Arbeit gestaltet werden, so dass alle Vorteile des Baustoffes Stahl voll ausgenützt werden konnten. Die Trennung zwischen der Stahlkonstruktion als tragendem Skelett, den Füllbaustoffen als isolierender Haut und den Leitungen als Nervensystem wurde konsequent durchgeführt, so dass eine der markantesten Stahlkonstruktionen der Schweiz entstanden ist.