Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 71 (1953)
Heft: 29

Artikel: Pozzolan als Bindemittel und Zusatzstoff (Neue Forschungsergebnisse)
Autor: Parissi, Fernando / Straub, Hans
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-60588

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: 15.07.2025

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

dem Geiste der Zürcher Reformation entspricht. Die Fassaden erhielten einen graugestrichenen, körnigen Kalkputz, auf dem die hellen Kunststeineinfassungen der Fenster, das weiss- und graugestrichene Dachgesims und die grünen, geschliffenen Kunststeinplatten der Sockelverkleidung leicht abstechen.

Technische Angaben und Baukosten

Das Fassadenmauerwerk ist aus Normalbacksteinen 39 cm stark gemauert, teilweise wurden 32 cm-Isoliersteine verwendet. Die Decken sind Eisenbeton massiv, die Dachbinder Holzfachwerk mit Differdinger-Untergurt, die Dachhaut besteht aus Schindelunterzug und engobierten Lodowicipfannen. Die Baukosten betrugen einschliesslich Umgebungsarbeiten, Mobiliar und Honorar 1 265 000 Fr., woraus der Kubikmeterpreis (ohne Umgebung und Mobiliar, jedoch mit Honorar) von 119 Fr. abgeleitet wird. Die Ingenieurarbeiten lagen in den Händen von E. Rathgeb † und seinen Nachfolgern *Henauer & Lee,* Ingenieure, Zürich.

Pozzolan als Bindemittel und Zusatzstoff (Neue Forschungsergebnisse)

Von Dr. FERNANDO PARISSI und Ing. HANS STRAUB, Rom

DK 666.95

A. Allgemeines

Bis zur Erfindung des hydraulischen Kalks und des Romanzements (Mitte bzw. Ende des 18. Jahrhunderts) und vor allem des Portlandzements (1824) bildeten die mit gelöschtem Kalk versetzten vulkanischen Erden (Pozzolan, Trass, Santorinerde) das hauptsächlichste, praktisch beinahe das einzige hydraulische Bindemittel für die Ausführung von Unterwasserbauten. Vor allem die bei Rom und in der Gegend von Neapel (Pozzuoli, Bacoli) gewonnene Puzzolan- oder Pozzolanerde (die zweite Schreibweise ist vorzuziehen) wurde seit der Römerzeit in weitestem Umfang verwendet. Dank seiner Billigkeit und seiner Unempfindlichkeit gegenüber der chemischen Aggressivität des Meerwassers hat sich der Kalk-Pozzolan-Mörtel, bzw. -Beton auf der Apenninenhalbinsel auch gegenüber dem Portlandzement bis in die Gegenwart erfolgreich behauptet: Noch heute werden in Italien Quaimauern, Wellenbrecher und dgl. sowie Bruch- und Backsteinmauern im Hochbau ohne Verwendung von Zement hergestellt. Daneben gewinnt das Material auch als Zusatz zum Portlandzement stets steigende Bedeutung.

Die Anfänge der wissenschaftlichen Erforschung des Pozzolans reichen in das vergangene Jahrhundert zurück [1]*); sie beschränkten sich jedoch in der Hauptsache auf die chemische Analyse der verschiedenen Pozzolane und pozzolanähnlichen Stoffe und wurden von der Baupraxis wenig beachtet.

Für das Gebiet des reinen Kalk-Pozzolan-Mörtels, bzw. -Betons ist in jüngster Zeit die systematische Erforschung des Baustoffs vor allem nach zwei Richtungen entscheidend gefördert worden, nämlich 1. um das günstigste Mischungsverhältnis von Kalk zu Pozzolan genauer festzustellen, und 2. um den Einfluss der Kornfeinheit, bzw. der Mahlfeinheit eingehender zu bestimmen.

B. Mischungsverhältnis Kalk : Pozzolan

Für Kalk-Pozzolan-Mörtel bzw. -Beton, ohne Zementzusatz wurde bis vor wenigen Jahren und wird teilweise auch heute noch das traditionelle, schon von Vitruv angegebene [1]) Mischungsverhältnis von einem Raumteil Kalkteig auf zwei Raumteile Pozzolan angewandt. In vereinzelten Fällen, wo Pozzolan schwer oder nur zu hohem Preis zu beschaffen ist, wurde sogar der Ersatz eines Teils Pozzolan durch einen entsprechenden Raumteil Sand zugelassen, also ein Kalk-Pozzolan-Sand-Mörtel im Verhältnis 1:1:1 (z. B. Blöcke für den Hafen von Algier [2])). Es versteht sich, dass bei einem solchen Mörtel die hydraulischen Eigenschaften des Pozzolans nur in geringem Grade zur Geltung kommen und die Mischung z. T. wie ein Luftmörtel erhärtet.

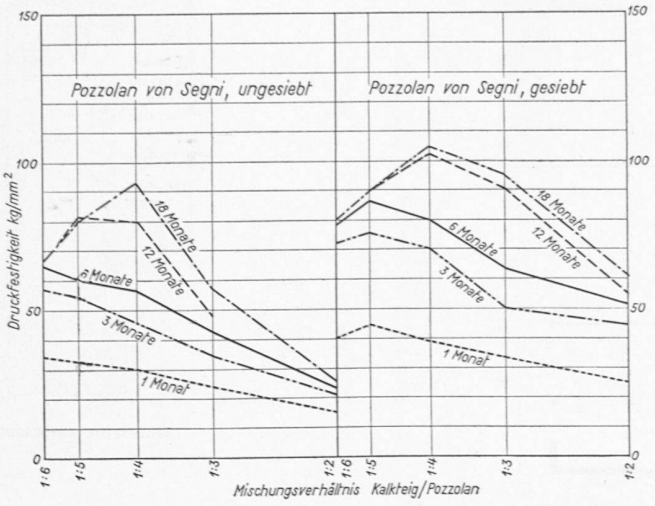
Um die praktische Anwendung des Materials auf eine wissenschaftliche Basis zu stellen, hat der erstgenannte Verfasser vor mehr als 15 Jahren begonnen, in dem von ihm geleiteten Forschungslaboratorium der Gesellschaften Ferrobeton und SILM in Rom eine grossangelegte Reihe von systematischen Versuchen durchzuführen [3]). Im Gegensatz zu den künstlichen Bindemitteln liegen beim «natürlichen» Bindemittel Kalk-Pozzolan-Mörtel die Verhältnisse reichlich verworren, indem eine viel grössere Anzahl von Variablen zu berücksichtigen ist als etwa beim Portlandzement. Die den Ingenieur hauptsächlich interessierenden Grössen, Erhärtungsgeschwindigkeit und Festigkeit, hängen ab von der

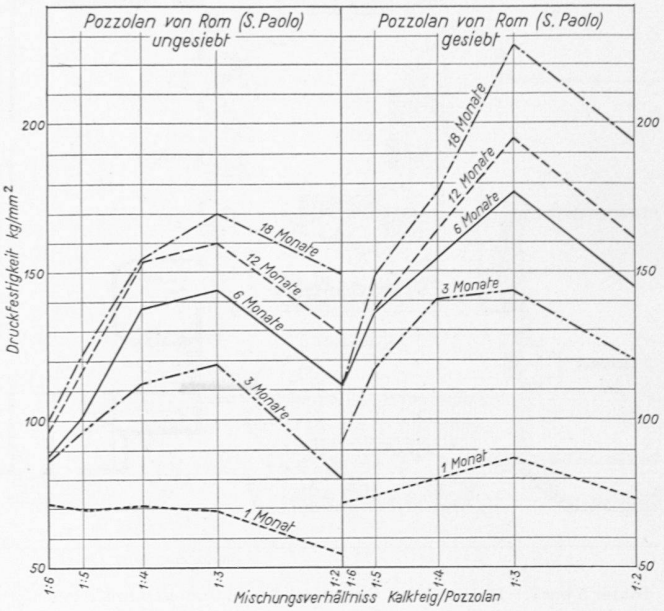
*) Die Zahlen in eckigen Klammern weisen auf das Literaturverzeichnis am Schlusse hin.

1) «Ein Mauerwerk aber, das im Wasser andauern soll, dürfte man in der Art am geeignetsten herrichten, dass man sich Sandmasse (pulvis) aus den Landstrichen, die sich von Cumae bis zu dem Vorgebirge der Minerva erstrecken, beschafft und diese in der Kalkpfanne so bearbeitet, dass der Mörtel aus zwei Teilen jenes Sandes und einem Teil Kalk besteht» (Vitruv, Buch V, Kap. 12).

2) Vgl. Schulze, Seehafenbau, Berlin 1911, Bd. 1, S. 243.

3) Der erste Anstoss zur systematischen Untersuchung der Frage des Mischungsverhältnisses geht auf einen Zufall zurück, der beinahe humoristisch wirkt und daher dem Leser nicht vorenthalten werden soll: Für den Bau einer Quaimauer in einem Hafen der italienischen Mittelmeerküste wurden grosse Betonblöcke benötigt, wobei von der Unternehmung gewissenhaft das im Pflichtenheft vorgesehene Mischungsverhältnis Kalkteig: Pozzolan: Sand = 1:1:1 eingehalten wurde. Der Beton wollte nicht erhärten, während ähnliche Blöcke, die vorher von einem anderen Unternehmer, doch auf Grund desselben Pflichtenheftes, hergestellt worden waren, stets normal erhärteten. Das Geheimnis klärte sich auf, indem festgestellt wurde, dass der frühere Unternehmer an dem im Verhältnis zum Pozzolan viel teureren Kalk gespart und so ungewollt eine bessere Betonqualität erzielt hatte.





Bilder 1 und 2. Aenderung der Druckfestigkeiten in Funktion des Mischungsverhältnisses Kalkteig : Pozzolan, für verschiedene Erhärtungszeiten und Pozzolansorten

Sorte bzw. Herkunft des Pozzolans, der Qualität des Weisskalks, vom Mischungsverhältnis der beiden, von der Korngrösse des Pozzolans, der Lagerungsart, der Lagerungsdauer, der Temperatur usw. (Verarbeitung und Wasserzusatz als konstant bzw. optimal vorausgesetzt.) Da die Erhärtung des Mörtels zudem sehr langsam vor sich geht und die Festigkeit noch nach Monaten, ja nach Jahren zunimmt, müssen die Versuchsreihen nicht nur in verschiedenen Kombinationen durchgeführt, sondern auch über eine möglichst lange Zeitdauer ausgedehnt werden, was mit ein Grund dafür sein mag, dass das Gebiet bis heute verhältnismässig wenig erforscht geblieben ist.

Die Ergebnisse der ausgedehnten Versuche sind in einer Anzahl Veröffentlichungen des erstgenannten Verfassers niedergelegt [2, 3, 4]. Die für die Praxis wichtigsten Daten sind in den Bildern 1 und 2 enthalten. In Worten lassen sich die Ergebnisse etwa wie folgt zusammenfassen: Für wenig aktive Pozzolane und kurze Erhärtungsdauer ergeben sich die grössten Festigkeiten bei einem Mischungsverhältnis von Kalkteig zu Pozzolan von 1:6, bei längeren Erhärtungszeiten (bis 18 Monate) nimmt das optimale Verhältnis sukzessive grössere Werte an, 1:5 bis 1:4. Für aktive Pozzolansorten, im besonderen wenn die groben Bestandteile durch Sieben ausgeschieden worden sind, erhöht sich dieses Verhältnis weiter und nähert sich dem traditionellen Wert, ohne ihn jedoch ganz zu erreichen. Aehnlich wie beim Zementmörtel hat auch beim Kalk-Pozzolan-Mörtel, wie Bild 3 zeigt, die Menge des Anmachwassers einen nicht unbeträchtlichen Einfluss auf die Festigkeit.

Die Druckproben wurden mit Mörtelwürfeln von 7 cm Seitenlänge durchgeführt. Die erzielten Bruchfestigkeiten gehen aus den Bildern 1 und 2 hervor. Druckversuche mit Betonwürfeln von 20 cm Seitenlänge haben gezeigt, dass die Festigkeit des Betons (1 Teil Mörtel auf 2 Teile Schotter von max. 5 cm) annähernd die Mörtelfestigkeit erreicht oder jedenfalls nur wenig darunter bleibt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen erwiesen sich für die Baupraxis von grosser Bedeutung und sind u. a. beim Bau des grossen Trockendocks im Hafen von Neapel [4]) berücksichtigt worden.

C. Einfluss der Korn- bzw. Mahlfeinheit

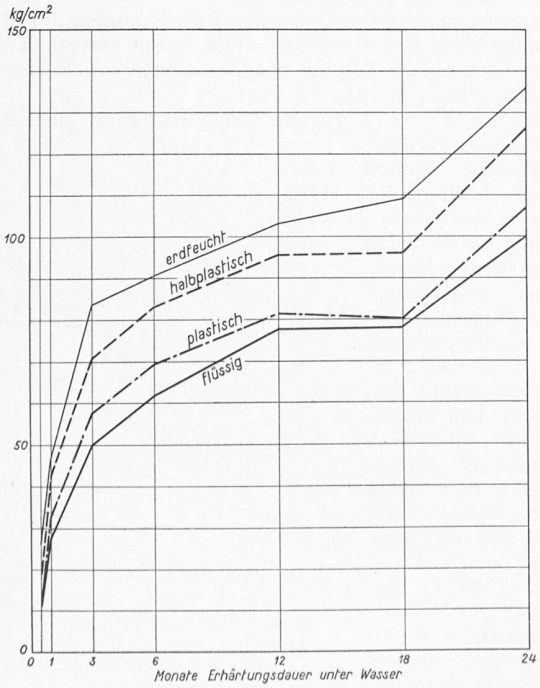
Der grösste praktische Nachteil des Kalk-Pozzolan-Betons besteht in seiner geringen Erhärtungsgeschwindigkeit. Um diesem Nachteil zu begegnen, wird in der Praxis vielfach dem Kalk-Pozzolan-Beton ein beschränktes Quantum Portlandzement beigemischt. Beim so erzielten Mörtel, in Italien «malta bastarda» genannt, spielt der Zement lediglich die Rolle eines Zusatzmittels, das die Anfangserhärtung beschleunigen soll. Später, wenn die Reaktion zwischen dem Kalk und dem Pozzolan in Fluss kommt, verhält sich die Mischung wie ein Kalk-Pozzolan-Mörtel.

Es lag nun nahe, den selben Zweck durch eine Steigerung der chemischen Reaktionsfähigkeit des Pozzolans selber mittels Vergrösserung seiner spezifischen Oberfläche zu erreichen, ohne auf einen artfremden Zusatz, wie ihn der Zement in diesem Fall darstellt, zurückgreifen zu müssen. Der erstgenannte Verfasser hat eine Reihe von Versuchen unternommen, indem er den Zementzusatz durch einen solchen von auf Zementfeinheit gemahlenem Pozzolan ersetzt hat [5]. Ueberraschenderweise hat sich dabei gezeigt, dass schon eine verhältnismässig geringfügige derartige Beimengung (schon etwa 5 bis 15 % der gesamten Pozzolanmenge) genügt, um eine ganz erhebliche Wirkung zu erzielen.

Die Versuche wurden wie die früheren mit verschiedenen Pozzolansorten, mit variablem Mischungsverhältnis Kalk: Pozzolan, mit Kalkteig und mit hydriertem Kalk in Pulverform durchgeführt. Bei Anwendung des Kalks in der letztgenannten Form ist die günstige Wirkung des Pozzolanpulver-Zusatzes besonders ausgesprochen. Bild 4 zeigt die Ergebnisse einiger Versuche bei Verwendung von gelöschtem Kalk in Teigform, die Bilder 5, 6 und 7 von solchen mit hydriertem Kalk in Pulverform. Die Versuchskörper wurden in allen Fällen während den ersten sieben Tagen in feuchter Luft, nachher in Wasser gelagert. Die auf den Bildern 3 bis 7 aufgetragenen Werte entsprechen dem Mittel aus je vier Versuchswerten. Die unteren Kurvenpaare auf den Bildern 6 und 7 zeigen besonders deutlich, wie der festigkeitsteigernde Einfluss des Pozzolanpulver-Zusatzes am stärksten zu Beginn der Erhärtungszeit, vor allem in den ersten Wochen, zum Ausdruck kommt. Auf längere Dauer verringert sich der anfängliche Vorsprung der Pulver enthaltenden Mischungen gegenüber den ohne derartigen Zusatz hergestellten Proben, doch scheinen auch bei langer Erhärtungszeit die Erstgenannten immer noch eine, wenn auch weniger ausgesprochene Ueberlegenheit aufzuweisen. Durch diesen auch auf die Dauer günstigen Einfluss unterscheidet sich, wie Bild 8 zeigt, die Wirkung des Pozzolanpulverzusatzes vorteilhaft von jener eines Zementzusatzes, dessen festigkeitssteigernder Einfluss ganz deutlich nur auf die erste Zeit, etwa 2 bis 3 Monate, beschränkt bleibt.

Da, wie oben schon gesagt, die Praxis aus bauorganisatorischen Gründen vor allem an einer Beschleunigung der Anfangserhärtung interessiert ist, genügt im allgemeinen ein Zusatz von Pozzolanpulver im Ausmass von 10 bis 15 % der gesamten Pozzolanmenge. Ausser der Abbindebeschleunigung wird mit dieser Massnahme gleichzeitig die Verarbeitbarkeit der Mischung erhöht, und es wird ein kompakterer,

[4]) Vgl. Wiederaufbauarbeiten im Hafen von Neapel in SBZ 1947, Nr. 32, S. 435*.



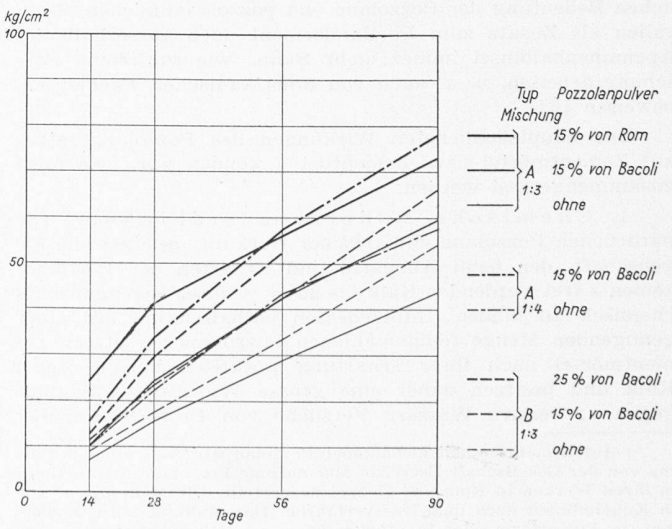
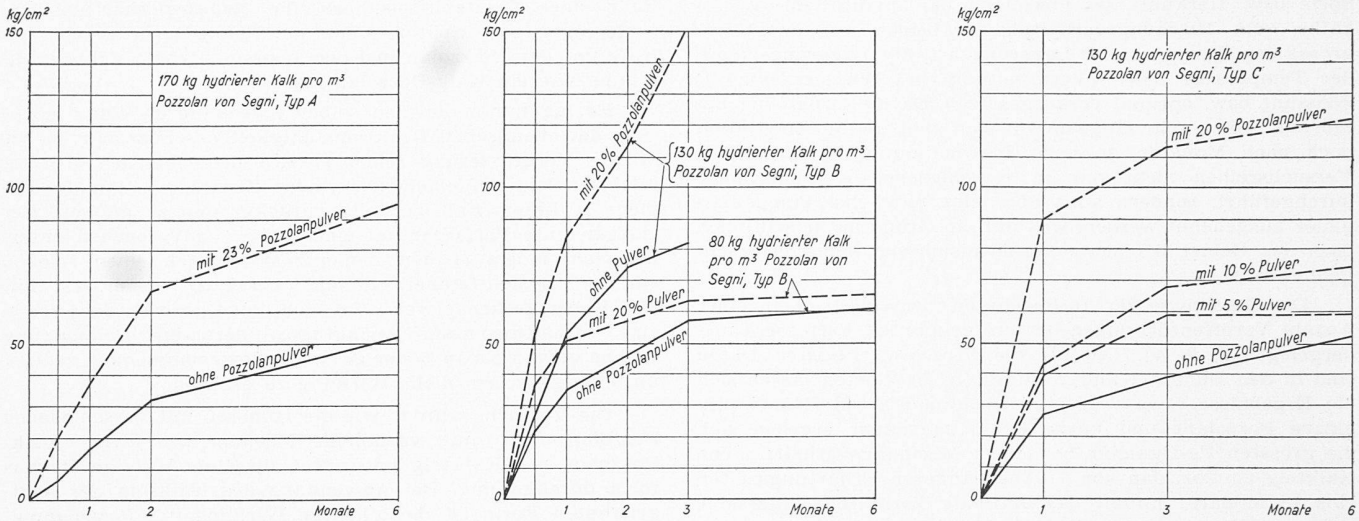


Bild 4. Würfelfestigkeiten von Kalk-Pozzolan-Mörtel mit verschiedenem Mischungsverhältnis Kalkteig: Pozzolan, mit und ohne Pozzolanpulverzusatz (in % der Gesamtpozzolanmenge)

Bild 3 (links). Druckfestigkeiten von Mörtelwürfeln, Mischungsverhältnis Kalkteig : Pozzolan = 1:3, Pozzolan von Rom.



Bilder 5 bis 7. Würfelfestigkeiten von Kalk-Pozzolan-Mörtel mit verschiedenen Pozzolansorten und variablem Gehalt an hydriertem Kalk, jeweils mit oder ohne Pozzolanpulverzusatz

dichterer Mörtel, bzw. Beton erzielt, was bei Wasserbauten besonders erwünscht ist.

Diese Vorteile haben dazu geführt, dass sich das Verfahren innerhalb weniger Jahre im italienischen Meer- und Hafenbau auf breiter Basis eingebürgert hat. Die Pflichtenhefte der die Hafenbauten vergebenden Behörden pflegen heute für die Herstellung der grossen Blöcke aus Kalk-Pozzolan-Beton für Quaimauern und Wellenbrecher meist einen Zusatz von 15 % von auf Mehlfeinheit gemahlenem Pozzolan vorzuschreiben. Auch bei dem oben erwähnten Bau des neuen Trockendocks in Neapel wird dem Beton gemahlener Pozzolan im Ausmasse von 75 kg/m³ Beton zugesetzt [5]).

D. Pozzolan als Zusatzstoff zum Zementbeton

Während die Bedeutung des Pozzolans als Bindemittel in der Form von Kalk-Pozzolan-Mörtel, bzw. -Beton der Transportkosten halber mehr oder weniger auf die nähere und weitere Umgebung der Fundstellen beschränkt bleibt, für das in Latium und Campanien gewonnene Material also in der Hauptsache auf Mittelitalien und die Tyrrhenische Küste, so fällt diese Einschränkung bei der Verwendung als Zusatzmaterial dahin, indem bei den verhältnismässig kleinen in Frage kommenden Mengen die Transportkosten viel weniger ins Gewicht fallen. In Italien haben sich mit Pozzolanpulver versetzte Portlandzemente («cemento pozzolanico») schon seit Jahrzehnten mit bestem Erfolg eingebürgert [6]), doch bricht sich die Erkenntnis der ausserordentlichen Bedeutung der Pozzolane und pozzolanähnlichen Mineralien als Zusatz zum Portlandzement auch ausserhalb der Apenninenhalbinsel immer mehr Bahn, wie zahlreiche Forschungsarbeiten, u. a. auch von amerikanischen Fachleuten, beweisen [6].

Die hauptsächlichsten Wirkungen des Pozzolanzusatzes auf Zementmörtel bzw. Zementbeton können kurz wie folgt zusammengefasst werden:

1. Chemische Widerstandsfähigkeit. Die natürlichen Pozzolane vulkanischer Herkunft besitzen die Eigenschaft, den beim Abbinden und Erhärten des Portlandzements frei werdenden Kalk bis zu 50 % ihres Eigengewichts chemisch zu binden. Infolgedessen enthalten die mit einer genügenden Menge feingemahlenen Pozzolans versetzten Zementmörtel nach ihrer Erhärtung praktisch keinen freien Kalk und besitzen daher eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen aggressive Wasser. Versuche von Prof. Sestini [7] haben gezeigt, dass ein Zementmörtel, der 25 % feingemahlenen Pozzolan enthält, nach 90tägiger Lagerung in ständig erneuertem destilliertem Wasser weniger als ein Sechstel an Kalk verliert als ein unter gleichen Bedingungen hergestellter und gelagerter Mörtel aus reinem Portlandzement. Neuere, ähnliche Versuche von Santarelli und Cesareni [8] haben erwiesen, dass der günstige Einfluss des Pozzolanzusatzes besonders wirksam ist bei Verwendung von eisenhaltigem Zement («cemento ferrico»), mit einem Verhältnis

$$Al_2O_3/Fe_2O_3 \leq 0{,}64.$$

2. Wasserundurchlässigkeit. Diese wird durch einen Zusatz von Pozzolanpulver in günstigem Sinn beeinflusst, nicht nur weil der grössere Gehalt an Feinmaterial die Anzahl und Weite der Poren vermindert, sondern hauptsächlich indem die chemische Reaktion des Pozzolans mit dem Kalk die Bildung von gelatinösen Verbindungen bewirkt, durch welche eventuell noch vorhandene Poren verstopft werden und das Gefüge des Mörtels verdichtet wird. Da die chemischen Reaktionen sich über einen längeren Zeitraum erstrecken, erhöht sich die Undurchlässigkeit sukzessive. Dadurch unterscheidet sich die durch Pozzolanzusatz erzielte Wirkung grundsätzlich von jener anderer, nur mechanisch wirkender dichtender Zusätze, deren günstiger Einfluss sich mit der Zeit auf keinen Fall erhöht, sondern im Gegenteil eher rückläufige Tendenz zeigt. Versuche von R. E. Davis, Direktor der Materialprüfungsanstalt der California-Universität, haben gezeigt, dass Pozzolanpulverbeimischungen die Wasserdurchlässigkeit von 6 Monate altem Beton auf einen Fünftel des entsprechenden Wertes von pozzolanfreiem Beton herabzusetzen vermögen [6].

3. Festigkeit. Da die Würfelfestigkeit eines Mörtels oder Betons vom Wasser - Zement - Faktor abhängt, bedingt der Ersatz eines Teiles Zement durch eine gleiche Menge Pozzolan im allgemeinen eine anfängliche geringe Festigkeitseinbusse. Diese wird jedoch bald wieder aufgeholt in dem Masse, wie die chemische Reaktion des Pozzolans mit dem Kalk zur Auswirkung kommt. Auf die Länge bewirkt der Pozzolanzusatz, selbst bei gleichzeitiger entsprechender Reduzierung des Zementgehaltes, im allgemei-

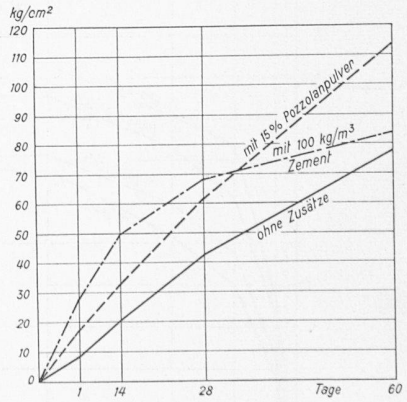


Bild 8. Wirkung des Pozzolanpulverzusatzes im Vergleich zu jener eines Zementzusatzes: Festigkeiten von Kalk-Pozzolan-Mörtel mit 15 % Pozzolanpulverzusatz, mit 100 kg/m³ Zementzusatz und ohne Zusätze

[5]) Auf Zementfeinheit gemahlener Pozzolan wird seit einigen Jahren von der Gesellschaft Esercizio Macinazione Pozzolane Affini, Rom, in ihren Werken in Rom und Neapel hergestellt. Die Mahlung erfolgt in Kugelmühlen nach dem Nassverfahren. Das Mahlgut wird in Säcken, in Pulverform oder in offenen Last- oder Eisenbahnwagen versandt, im letztgenannten Fall in leicht zusammengebackenen Stücken («zolle»), die sich mit Leichtigkeit zerdrücken lassen und sich bei der Betonbereitung mit den übrigen Zuschlagstoffen vollkommen mischen. Die Herstellerin besitzt einen Patentanspruch auf das Verfahren, die Erhärtungsgeschwindigkeit des Kalk-Pozzolan-Betons durch einen geringen Zusatz von gemahlenem Pozzolan zu beschleunigen.

[6]) Vgl. beispielsweise die Staumauern Lumiei und Pieve di Cadore, SBZ 1951, Nr. 2 und 3.

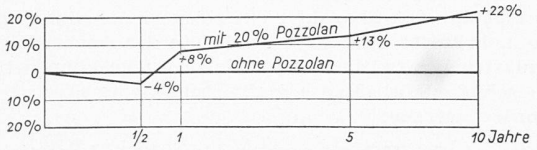


Bild 9. Einfluss des Pozzolanzusatzes auf Zementmörtel: Verlauf der Normenfestigkeit von Pozzolan mit $^1/_5$ Pozzolan und $^4/_5$ Zement im Verhältnis zu jener von pozzolanfreiem Mörtel

nen eine Festigkeitssteigerung. Diese günstige Wirkung zeigt sich besonders ausgeprägt bei verhältnismässig mageren Mischungen. Der auf die Dauer ausgesprochen günstige Einfluss des Pozzolanzusatzes ist unter anderem durch Versuche von R. L. Davis, W. C. Hann und E. H. Brown [6; S. 131 ff] nachgewiesen worden. Bild 9 zeigt z. B. den Verlauf der Druckfestigkeit der von diesen Forschern nach amerikanischen Normen hergestellten Würfel mit $^1/_5$ Pozzolanpulver und $^4/_5$ Zement im Verhältnis zu jener von entsprechenden Proben ohne Pozzolan. A. Cereseto und A. Rio [9] haben mit nach schweizerischen und italienischen Normen hergestellten Mörtel- und Betonproben analoge Ergebnisse erzielt.

4. Abbindewärme. Wie zu erwarten, bewirkt der Ersatz eines Teils Zement durch Pozzolan eine Verminderung der Abbindewärme, die nach Sestini [7] ein Ausmass bis zu 50 % erreichen kann. Auf der anderen Seite erstreckt sich bei Pozzolan enthaltenden Mörteln die Wärmeerzeugung über eine längere Zeitdauer, entsprechend der längeren Dauer der chemischen Reaktion. Doch bleibt die Gesamtmenge der erzeugten Abbinde- und Erhärtungswärme auf alle Fälle geringer als bei reinem Zementmörtel. Nach Davis [6; S. 12] kann diese Verminderung roh auf etwa die Hälfte des relativen Pozzolangehaltes geschätzt werden, mit anderen Worten: der Ersatz von z. B. 20 % des Zementgehaltes durch Pozzolan bewirkt eine Herabsetzung der Abbinde- und Erhärtungswärme von etwa 10 %. Nach Cereseto und Rio [9] ist die wärmevermindernde Wirkung noch stärker.

5. Schwinden. Bei sonst gleichen Verhältnissen bewirkt der Pozzolangehalt im allgemeinen eine leichte Erhöhung des Schwindens. Diese Erhöhung hält sich jedoch in engen Grenzen und konzentriert sich auf die erste Zeit des Erhärtens. Bei Ersatz von 20 % des Zements durch Pozzolanpulver haben Cereseto und Rio [9] beispielsweise gefunden, dass nach 28tägiger Lagerung die Proben gegenüber reinem Sand-Zement-Mörtel zwar ein um 7 % höheres Schwindmass aufweisen, doch vermindert sich der Unterschied nach sechsmonatiger Lagerung auf 3 %. Wenn man bedenkt, dass andere Faktoren, wie die Höhe des Wasserzusatzes und überhaupt die Zubereitung und Lagerung des Betons auf das Schwindmass eine ungleich grössere Wirkung ausüben, so erscheint der geringe Einfluss des Pozzolans praktisch ohne Bedeutung.

6. Plastizität, Verarbeitbarkeit. Der leicht ungünstige Einfluss, den der Pozzolangehalt bei sonst gleichen Verhältnissen auf das Schwindmass ausübt, wird mehr als ausgeglichen durch den ausgesprochen günstigen Einfluss, den ein solcher Zusatz auf die Verarbeitbarkeit des Mörtels bzw. Betons besitzt. Die beim Kontakt des Pozzolanpulvers mit dem Kalk entstehenden kolloidartigen Gele verleihen der Gesamtmasse des Mörtels eine beträchtlich erhöhte Plastizität, was sich praktisch vor allem während des Transports des Betons von der Mischanlage und des Einbringens in die Schalungen zeigt. Dieser Umstand erlaubt, den Mischwasserzusatz herabzusetzen, was sich wiederum auf die Festigkeit und das Schwindmass günstig auswirkt.

*

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein Zusatz von Pozzolanpulver zum Zementbeton eine Reihe von Vorteilen aufweist, die der grössten Beachtung wert sind. Dieses Material vulkanischer Herkunft bietet, ähnlich wie der Trass, in vielen Fällen einen vollwertigen Ersatz für die üblichen porenfüllenden, wasserabweisenden oder die Verarbeitbarkeit fördernden Zusätze. Im Gegensatz zu diesen, die im allgemeinen nur mechanisch wirken, wirkt der Pozzolan durch seine Reaktion mit dem Kalk auch chemisch, wodurch, zu den übrigen Vorteilen, auf die Länge auch eine Festigkeitssteigerung erzielt wird. Diese Vorteile lassen seine Verwendung auch ausserhalb der Apenninenhalbinsel interessant erscheinen, trotz der unter Umständen erheblichen Transportkosten.

Schliesslich sei erwähnt, dass kürzlich ein spanisches Konsortium die Ausbeutung der auf den Kanarischen Inseln reichlich vorhandenen pozzolanähnlichen vulkanischen Aschen in Angriff genommen hat. Das spanische Unternehmen fusst dabei weitgehend auf den in Italien gemachten Erfahrungen, und es hat auch von der italienischen Gruppe die Lizenz für den in Fussnote 5 erwähnten Patentanspruch erworben.

Literaturverzeichnis

[1] *O. Rebuffat:* Analisi di alcune malte a pozzolana, 1893; derselbe: Sull'analisi tecnica delle pozzolane, 1896.

[2] *F. Parissi:* Sui dosaggi delle malte pozzolaniche. «Annali dei Lavori Pubblici», 1937, S. 1024.

[3] *F. Parissi & A. Cereseto:* in «Atti del X Congresso internazionale di Chimica», Roma 1938, Vol. IV.

[4] *F. Parissi & A. Cereseto:* Il controllo delle pozzolane, «Il cemento», 1944, No. 8, 9, 10.

[5] *F. Parissi:* Sistema per accelerare l'indurimento degli impasti di calce e pozzolana. «Giornale del Genio Civile», 1949, S. 534; vgl. auch XVII Congrès International de Navigation, Lisbonne, 1949, Section II, Communication 2, Rapport Greco/Mazzetti/Periani.

[6] Symposium on use of pozzolanic materials in mortars and concretes, San Francisco, October 1949.

[7] *Sestini:* I cementi ferrici e le loro applicazioni, «L'ingegnere», No. 7, Juli 1942.

[8] *Santarelli & Cesareni:* Contributo allo studio della resistenza chimica dei cementi al dilavamento da parte di acque pure. «Industria Italiana del Cemento», No. 4—5, April/Mai 1949.

[9] *A. Cereseto & A. Rio:* Nouvelles recherches sur les ciments pouzzolaniques (XXIV. Congrès International de Chimie, Paris 1951).

MITTEILUNGEN

Persönliches. Prof. Dr.-Ing. H. Maier-Leibnitz, Inhaber des Lehrstuhles für Baustatik und Industriebau an der Technischen Hochschule Stuttgart, der sich durch seine grundlegenden Publikationen aus diesen Fachgebieten und mit seiner Projektierungs- und Beratungstätigkeit auch in der Schweiz viele Freunde gewonnen hat und dem S. I. A. zugehört, wurde von der Technischen Hochschule Darmstadt die Würde eines Doktor Ingenieurs ehrenhalber verliehen. — Unser G. E. P.-Kollege, Dipl. Masch.-Ing. G. Fritschy, ETH 1927 bis 1931, seit 1944 Lehrer an der Gewerbeschule Zürich, hat im Auftrag der UNESCO einen längeren Aufenthalt in Teheran angetreten, wo er sich der Organisation von Gewerbeschulen widmen wird, nachdem er bereits ein Jahr lang in ähnlicher Mission in Syrien tätig war. In entsprechender Stellung hat Prof. Dr. H. Mohler (Zürich) für die chemische Wissenschaft und Industrie zwei Winter in Bagdad verbracht, wohin er im Herbst dieses Jahres zurückkehren wird. — Zum Rektor der ETH für die am 1. Oktober beginnende Amtsdauer wurde Dr. Karl Schmid, Professor für deutsche Sprache und Literatur, gewählt, was man besonders im Hinblick auf die bevorstehende Centenarfeier allgemein begrüsst. — Der Direktor des Vereins Deutscher Ingenieure, Regierungsbaumeister Dipl. Ing. Erich Kothe, feierte am 15. Juli 1953 seinen 70. Geburtstag. Der noch beneidenswert rüstige Jubilar hat sich schon seit 1926, damals als Geschäftsführer der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure (ADB) im VDI, um die Lösung betriebswissenschaftlicher und betriebswirtschaftlicher Probleme bemüht und ist dafür mit Wort und Schrift eingetreten. Die Arbeit an der Leitung des VDI leistet er seit 1948 als Geschäftsführer und seit 1950 als Direktor mit grösster Umsicht. Dabei bemüht er sich namentlich auch um die Förderung aller menschlichen Aufgaben, die mit unserem Beruf zusammenhängen. — Aus Anlass des 40jährigen Jubiläums als Gesellschafter der Maschinenfabrik J. M. Voith G. m. b. H., Heidenheim (Brenz) wurde Dr.-Ing. e. h. Hanns Voith von der T. H. Stuttgart die Würde eines Ehrenbürgers verliehen. Die T. H. Darmstadt ehrte den Jubilaren durch Erteilen der Würde eines Dr. rer. pol. h. c. Die Firma Voith errichtete eine «Hanns-Voith-Stiftung» zur Förderung der Allgemeinbildung von Lehrlingen der Metallindustrie der Stadt Heidenheim und der Fachausbildung bedürftiger, begabter junger Menschen insbesondere der technischen Berufe.

Eine Europäische Föderation für Chemie-Ingenieur-Wesen wurde am 20. Juni 1953 im Hause der Chemie zu Paris gegründet. Ziel dieses losen Zusammenschlusses technisch-wissenschaftlicher Vereine ist es, die europäische Zusammenarbeit auf dem Gebiet des chemischen Apparatewesens und der Verfahrenstechnik zu fördern. Die Gründung geht zurück auf