

Beschleuniger für Spritzbeton im Tunnel- und Stollenbau

Autor(en): **Benz, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **90 (1972)**

Heft 43

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85339>

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.

Von Dr. G. Benz, Neu-Ulm

Allgemeines

Die Verwendung von Spritzbeton gewinnt nicht nur bei der Sanierung älterer Gewölbe an immer grösserer Bedeutung, sondern sie erfolgt auch in immer grösserer Masse beim neuzeitlichen Tunnel- und Stollenbau. Fortschritte in der Betontechnologie zusammen mit neuartigen Spritzmaschinen ermöglichen eine immer sicherere und gezieltere Arbeitsweise. In Verbindung mit Spritzbeton und den hiermit durchgeführten Abdichtungsarbeiten wurden bei der Instandsetzung und Erneuerung älterer Tunnelauskleidungen bereits seit Jahrzehnten chemische Betonzusatzmittel verwendet, wobei es sich mit wenigen Ausnahmen um Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleuniger handelt. Derartige Zusätze wurden im Laufe der Jahre immer weiter verbessert. Sie dienen nicht nur dazu, eine möglichst rationelle Arbeitsweise zu erreichen, sondern es lassen sich mit ihnen Probleme lösen, die ohne sie entweder überhaupt nicht oder nur durch andere umständliche und kostspielige Methoden bewältigt werden können.

In den meisten Fällen werden alkalische Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleuniger eingesetzt, da sie die kürzesten Erstarrungs- und Erhärtungszeiten bringen und sich auch zum Abdichten von Wasserdurchbrüchen und von wasserüberrieselnden Flächen eignen. Nicht alkalische Zusätze, wie zum Beispiel solche auf Chloridbasis, werden in der Regel für Spritzbeton nur dann verwendet, wenn kein Wasserandrang vorliegt oder wenn dickere Schichten in einzelnen Lagen bei längeren Zeitabständen aufgebracht werden müssen. Nicht alkalische Schnellbinder besitzen zwar den Nachteil, dass mit ihnen längere Erstarrungszeiten erhalten werden, sie bringen dafür jedoch neben einer hohen Frühfestigkeit auch eine gute Steigerung der Endfestigkeit.

In den folgenden Ausführungen wird besonders auf die betontechnischen Fragen und die Anwendung von Spritzbeton unter Berücksichtigung alkalischer Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleuniger eingegangen. Stark alkalische Zusatzmittel, im wesentlichen solche auf Silikatbasis, bringen die kürzesten Erstarrungszeiten und eignen sich deshalb am besten für die Abdichtung oder Verdichtung nasser Gewölbeflächen. Spritzbeton mit grösseren Auftragsdicken bis über 20 cm, dessen Tragfähigkeit rasch zunehmen muss, damit zum Beispiel der mit der Zeit wachsende Gebirgsdruck sicher aufgenommen werden kann, wird meist mit alkalischen Zusätzen, die auf Basis von Aluminat oder Carbonat aufgebaut sind, hergestellt.

Tunnelneubau

Um die Auswirkung grösserer Drücke durch Quellen des Gebirges sowie den Gesteinsnachfall zu verhindern, sind bestimmte Sicherungsarbeiten unmittelbar nach dem Abschlag erforderlich. Dazu werden Spritzbetonschichten in einer Dicke von 3 bis 10 cm aufgebracht. In der Regel genügt eine Schichtdicke von 5 cm. In vielen Fällen müssen wasserführende Stellen vorgedichtet werden, wobei es oft sehr schwierig ist, austretendes Wasser vollständig zu verdrängen. Gelingt eine Vordichtung unter Zuhilfenahme von Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleunigern nicht, so empfiehlt es sich, das Wasser nach Methoden, auf die noch eingegangen wird, abzuleiten.

Für die Herstellung von Spritzbetonmischungen ist ein besonderer Kornaufbau zu beachten. Am besten eignet sich hierfür Rundkorn, denn plattiges, splittiges Korn vergrössert den Rückprall und erschwert die Arbeit. Überkorn ist wegen Verstopfungsgefahr zu vermeiden. Für die Zuschläge sind folgende Sieblinien zu empfehlen:

Spritzbeton:	50 bis 70% Sand der Körnung 0/7 mm
	50 bis 30% Kies der Körnung 7/25 mm
Spritzmörtel:	60 bis 70% Sand der Körnung 0/3 mm
	40 bis 30% Sand der Körnung 3/7 mm

Der Zementgehalt und die Zementgüte sowie die Menge des erforderlichen Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleunigers richten sich nach den notwendigen Früh- und Endfestigkeiten. Der Zementgehalt für Spritzbeton kann zwischen 200 und 500 kg/m³ liegen; in der Regel beträgt er 300 bis 350 kg/m³. Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleuniger auf Aluminatbasis werden mit 3 bis 5% vom Zementgewicht zugesetzt. Infolge der kurzen Erstarrungszeiten und der guten Haftfestigkeit kann der Spritzbeton mit diesen Zusätzen besonders auf nassen Flächen aufgebracht werden. Auch grössere Vertiefungen und Klüfte sind rasch und gleichmässig zu füllen bzw. auszugleichen. Derartige Zusätze bringen zum Beispiel mit einem Portlandzement bereits bei 3%iger Dosierung nach 6 Stunden eine Druckfestigkeit von rund 30 kp/cm²; nach 12 Stunden werden Werte von rund 90 kp/cm² erreicht.

Für die Vordichtung von Wasserdurchbrüchen bzw. wasserüberrieselnden Gewölben im Spritzbetonverfahren werden rasch reagierende Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleuniger auf Silikatbasis unter Weglassung der Zuschläge verwendet. Es handelt sich hierbei um flüssige Produkte, die in der Regel unverdünnt oder nur wenig verdünnt, das heisst praktisch ohne Anmachwasserzusatz über einen Druckkessel zugegeben werden. Anschliessend werden die vorgedichteten Flächen mit der oben beschriebenen Spritzbetonschicht überdeckt. Ist diese Arbeitsweise schwierig, so ist es vorteilhafter, das Wasser abzuleiten. Hierzu hat sich die sogenannte Schlauchmethode gut bewährt. Bei dieser Arbeitsweise wird ein Schlauch von 15 bis 20 mm Durchmesser, oder mehrere Schläuche, auf die Sickerstellen gelegt und mit einer Zementpaste, die einen aluminathaltigen Beschleuniger enthält, überzogen. Die Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleunigung ist deshalb notwendig, weil der Zementteig nach 1 bis 3 Minuten so weit verfestigt sein muss, dass die Schläuche weitergezogen werden können. Durch laufendes Überdecken der Schläuche und Nachziehen entsteht ein Hohlraum für die Wasserableitung in den Sohlekanal. Nach anderen Methoden kann auch durch eingemörtelte bzw. mit Spritzmörtel befestigte Halbschalen aus Kunststoff, Asbestzement usw. das Wasser nach unten abgeleitet werden.

Nach der Vordichtung erfolgt die Hauptdichtung, die entweder mit einem wasserundurchlässigen Gewölbebeton oder einer elastischen Dichtungshaut erreicht werden kann. Die elastische Dichtung ist vor allem dann notwendig, wenn das Traggewölbe gegen aggressive Bergwässer geschützt werden muss. Dazu eignen sich Bitumenbahnen mit Juteeinlage, Kunststoffolien oder glasfaserverstärkte Kunstharzbeschichtungen. Das Aufbringen derartiger Hautisolierungen erfordert als Unterlage neben dem eigentlichen Traggewölbe noch ein Hilfsgewölbe, das ausserdem die Aufgabe haben kann, den Gebirgsdruck während der Bauzeit aufzunehmen. Dieses Hilfsgewölbe wird entweder zusammen mit dem Sicherungsspritzbeton oder zu einem späteren Zeitpunkt als Spritzbeton mit Baustahlgewebeeinlagen hergestellt. Hierbei wird die bereits beschriebene Betonzusammensetzung mit Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleuniger eingesetzt. Da das Spritzbetonhilfsgewölbe schon profilgerecht hergestellt werden soll und zur Aufnahme der Isolierungshaut bestimmte Oberflächeneigenschaften aufweisen muss, wird als Abschluss eine feine abgeriebene Spritzmörtelschicht ohne besondere chemische Zusatzmittel aufgebracht.

Als Beispiel für einen solchen Tunnelneubau sei der Schwaikheimer Tunnel bei Stuttgart erwähnt, da hier zum erstenmal unter sehr ungünstigen Gebirgsverhältnissen und bei einem etwa 90 m² grossen Tunnelquerschnitt unter schwierigen Verhältnissen mit Spritzbeton und chemischen Zusätzen gearbeitet wurde (Bilder 1 bis 3). Wegen des günstigen Preises für die Ringbauweise mit Spritzbetonsicherung und der bestimmten örtlichen Bedingungen wurde hier die Ausbruchleistung unmittelbar nach dem Freilegen durch Aufbringen einer 2 bis 5 cm dicken Spritzbetonschicht ausgeglichen und gesichert. Auf die raue Spritzbetonauskleidung wurde ein zweilagiger Spritzputz aufgebracht, egalisiert und darauf eine Dichtungsschicht mit Flüssigkunststoff gespritzt.

Um den Gebirgsdruck für eine gewisse Zeit zu übernehmen, wurde nach der Aufstellung der Tunnelbögen ein 20 cm dicker Spritzbetonauftrag mit Bewehrung aufgebracht. Ein Beschleunigerzusatz war notwendig, weil die Tragfähigkeit der Spritzbetonauskleidung schnell zunehmen musste, damit der mit der Zeit wachsende Gebirgsdruck sicher aufgenommen werden konnte. Das Zuschlagstoffgemisch für diesen Spritzbeton hatte folgende Zusammensetzung:

- 35 % Sand der Körnung 0/3 mm
- 25 % Sand der Körnung 3/7 mm
- 40 % Kies der Körnung 7/15 mm

Bei einer Zugabemenge des Beschleunigers von 3 % vom Zementgewicht lag der Zementgehalt bei 375 bis 435 kg/m³. Die an Bohrkernen ermittelte Druckfestigkeit betrug nach 28 Tagen zum Beispiel 280 kp/cm².

Sanierung alter Gewölbe

Die Abdichtung älterer Tunnel und Stollen kann entweder als Rückendichtung oder Innendichtung erfolgen. Die Sanierung von der inneren Leibung her hat sich in den letzten Jahren immer mehr durchgesetzt. Trotzdem die Rückendichtung unter anderem eine sehr kostspielige Bauweise darstellt, soll sie im Rahmen der Gesamtbetrachtungen zunächst kurz erwähnt werden. Um diese Art der Abdichtung aufbringen zu können, muss ein entsprechend grosser Arbeitsraum geschaffen werden. Von einem Überfirststollen aus wird über dem Gewölbe das Erdreich entfernt. Der so über dem Tunnel im Berg entstehende Hohlraum ist nach Einbau der Isolierung wieder zu schliessen, was meist durch eine dichte Verpackung mit Steinen aus dem Ausbruch geschieht. Diese Arbeitsweise hat Vor- und Nachteile, die kritisch betrachtet werden sollten. Der wesentliche Vorteil besteht darin, dass das Bergwasser von der Tunnelauskleidung ferngehalten wird und diese damit vor den gefürchteten Wasser- und Frostschäden geschützt ist.

Die Dichtung von der inneren Leibung her ist mit Rücksicht auf die immer weiter fortschreitende Kenntnis der Bedingungen für einen dauerhaften Spritzbeton in besonderer Weise geeignet in sehr vielen Fällen bei undichter, schadhafter Tunnelauskleidung eine wirtschaftliche Instandsetzung zu ermöglichen. Noch besser wäre es freilich, das Bergwasser nicht bis zum Tunnel vordringen zu lassen, sondern es durch Verpressverfahren schon im Gebirge zurückzudrängen, eine Möglichkeit, die auch bei neuen Stollen mit Erfolg angewendet worden ist.

Für die nachträgliche Abdichtung von Tunnel und Stollen wird meist die Innendichtung empfohlen und zum Beispiel bei Eisenbahntunneln angewendet. Sie ist leicht zu überwachen und auszubessern, hat aber den Mangel, dass das Gewölbe selbst nicht beobachtet werden kann und daher nur dort angewendet werden sollte, wo Steine und Mörtel bzw. Beton von einer Durchfeuchtung nicht zerstört worden sind. Bewährt hat sich auch die kombinierte Anwendung der Innendichtung und Injektion, zum Beispiel das Verpressen der Fugenhohlräume. Es ist also naheliegend, das Spritzbetonverfahren für die Unterhaltung von Tunnel nutzbar zu machen, wobei im Zusammenwirken mit Injektionsverfahren ein Wasserandrang an das Gewölbe abgewiesen werden kann. Das Verfahren hat den Nachteil, dass stets nur die Innenleibung, nie aber der Rücken des Gewölbes gedichtet wird und somit das Gewölbe selbst nie trocken gelegt werden kann. Es bietet aber in jedem Fall den bautechnischen und wirtschaftlichen Vorteil, Arbeiten ausführen zu können, ohne das Gebirge anzugreifen.

Was die technische Anwendung von Spritzbeton betrifft, so ist folgendes von Interesse. Als Zuschlagstoff ist Natursand mit einer Korngrösse von 0 bis 3 evtl. auch 0 bis 7 mm geeignet. Bei wasserüberrieselten Flächen wird eine Spritzbetonschicht von rund 6 cm in mehreren Lagen aufgebracht. Die einzelnen Lagen sollen eine Schichtdicke von etwa 1,5 cm haben. Je dünner die einzelnen Lagen der Schicht sind, um so kleiner sind Schwindspannungen. Die einzelnen Lagen werden deshalb nicht nur möglichst dünn, sondern auch erst in grossen Zeitabständen von beispielsweise 1 bis 3 Tagen aufgetragen. Vor dem Aufbringen werden die Gewölbefflächen durch Sandstrahlen gereinigt.

1. Lage: Zement : Sand = 1 : 1
3 % Schnellbinderzusatz auf Aluminatbasis (% Angabe bezogen auf das Zementgewicht)
2. Lage: Zement : Sand = 1 : 1,5
Schnellbinderzusatz wie bei 1
3. Lage: Zement : Sand = 1 : 2
2 % Schnellbinderzusatz

Bild 1 Schwaikheimer Tunnel, Portal gegen Neustadt

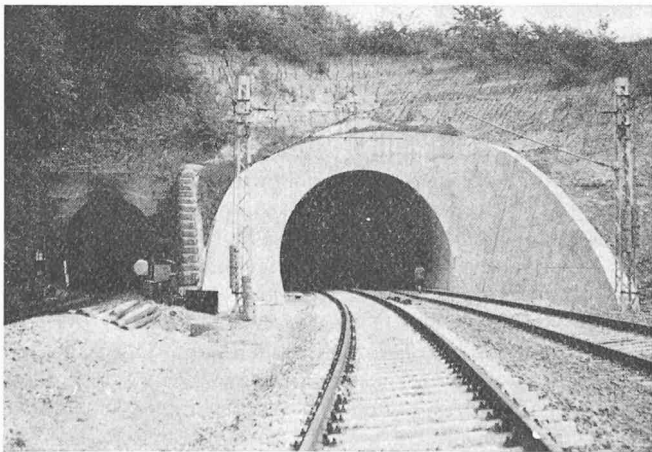


Bild 2 Aufbringen einer Ausgleichsschicht aus Spritzbeton auf die Ausbruchleibung



Schnitt a-a

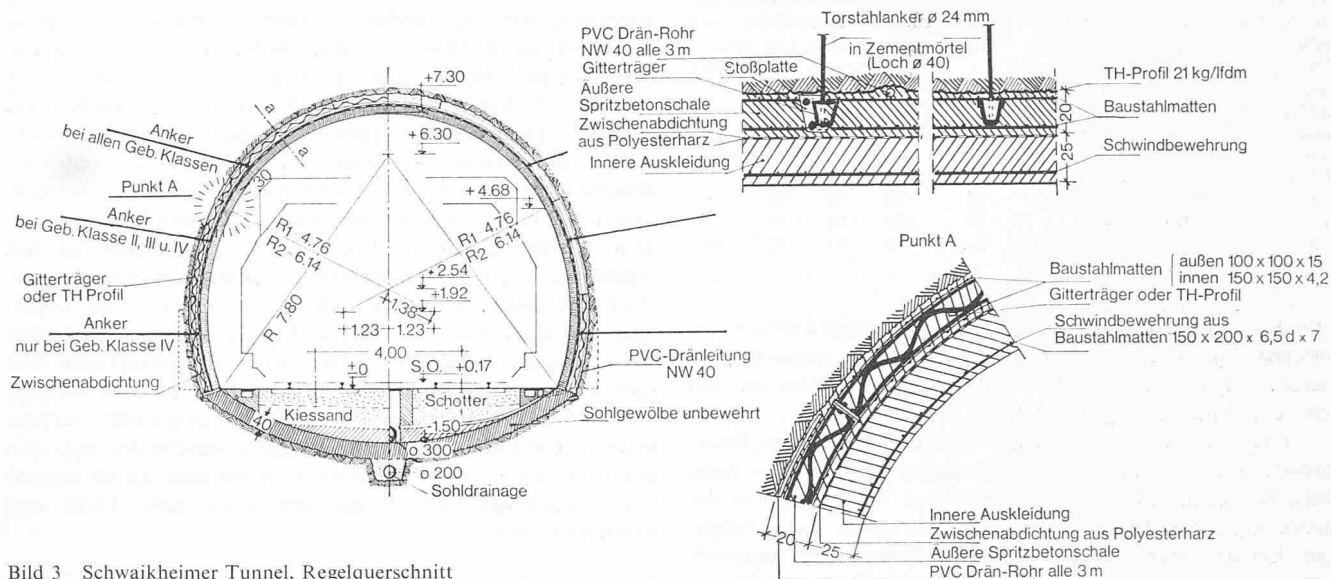


Bild 3 Schwaikheimer Tunnel, Regelquerschnitt

4. Lage: Zement : Sand = 1 : 3

Diese letzte Lage erhält keinen Schnellbinderzusatz.

Nach dem Aufbringen der ersten beiden Lagen dürfte der grösste Teil der Flächen bereits abgedichtet sein. Es ist jedoch möglich, dass sich das Wasser auf einzelne grössere Durchtrittsstellen konzentriert. Diese Stellen können nach folgenden Verfahren nachgedichtet werden:

- Die Stellen werden ausgespitzt und gegen den Wasserdruck mit Purzement und Beschleunigerzusatz mit der Hand abgedichtet oder mit einem entsprechenden Mörtel überspritzt. Unter Zusatz eines Beschleunigers auf Silikatbasis ergeben sich gerne kurze Erstarrungszeiten und ein grosses Haftvermögen, besonders auch an wasserüberrieselten Flächen.
- In die ausgespitzten Stellen wird ein Glas-, Kunststoff- oder Metallröhrchen mit Purzement und Beschleunigerzusatz eingesetzt, das Wasser abgeleitet und nach mehreren Tagen, nachdem bereits eine weitere Putzschicht aufgebracht worden ist, diese Stellen wieder wie unter a) abgedichtet.

Bei Mauerwerk, besonders bei Natursteinquadern, ist es vorteilhaft, dass die oft zerstörten Mörtelfugen vor dem Aufbringen der ersten Schicht ausgespitzt und mit einem schnellbindenden Mörtel zugespritzt werden. Hierbei ist es in der Regel erforderlich, dass entweder vor oder nach dem Aufbringen der ersten Spritzbetonschichten zusätzliche Injektionen durchgeführt werden müssen, um die restlichen Hohlräume in den Fugen zu verfüllen. Bei Wasserandrang empfehlen sich Injektionen mit Beschleunigerzusatz auf Aluminatbasis.

Als Beispiel für eine solche Sanierungsarbeit sei der Charlottenfelstunnel bei Schaffhausen erwähnt. Die verwitterte Gewölbeffläche wurde bei diesem Objekt von Schmutz und Russ mittels Sandstrahlgebläse gereinigt, beschädigte und zerstörte Gewölbequaderstücke entfernt und die Stoss- und Lagerfugen auf 2 cm Breite und 4 bis 5 cm Tiefe ausgespitzt. Für Injektionen wurden 3 Löcher je m² mit einem Durchmesser von 3 cm auf halbe Mauerwerkstiefe in die Fugen gebohrt und 25 cm lange Rohrstutzen mit 10 cm langem Gewinde etwa 10 cm tief einzementiert. Nach der Fertigstellung des Dichtungsputzes und Erhärtung desselben wurde durch die Rohrstutzen Zementmilch unter Druck von etwa 8 atü eingepresst. Nach der Injektion wurden die Rohrstutzen entfernt und die Löcher wieder mit schnellbindendem Mörtel geschlossen. Ein grösserer Druck als 8 atü wurde vermieden,

da nicht beabsichtigt war, das Gewölbe zu hinterpressen. Ausserdem bestand bei grösseren Drücken die Gefahr, dass Gewölbestücke durch den Druck abgesprengt werden. Danach wurden die Spritzbetonschichten wie beschrieben aufgebracht.

Anwendung von Beschleunigern

Nachdem in den vorangehenden Erläuterungen bereits allgemeine Hinweise zur Anwendung von Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleunigern bei Spritzbeton gemacht wurden, wird in folgendem noch auf spezielle Fragen eingegangen. Wie erwähnt, kommen alkalische Beschleuniger, insbesondere solche auf Aluminatbasis, in der Hauptsache zur Anwendung, die sich u. a. auch für die Abdichtung von nassen Gewölbefflächen gut eignen. Derartige pulverförmige Präparate, die in den beispielsweise genannten Dosierungen eingesetzt werden, bringen bei Zugabe mitunter Nachteile. Da die verwendeten Sande in der Regel eine gewisse Eigenfeuchtigkeit besitzen, können diese Produkte nicht dem Zement-Sandgemisch in der Mischmaschine zugegeben werden, weil durch diese Massnahme eine vorzeitige Reaktion dann einsetzen würde, wenn die vorgefertigte Mischung länger als 10 bis 15 Minuten unverarbeitet liegen bleibt. Mit dieser Verweilzeit muss aber in der Praxis gerechnet werden. Deshalb wird der Beschleuniger erst in der Spritzkanone zugesetzt. Bei der meist unregelmässigen Zugabe kann sich hierbei jedoch das Pulver unter Umständen nicht mehr homogen mit den anderen Trockenstoffen vermischen, was besonders bei dünnen Lagen von 1 bis 1,5 cm ungünstig sein kann. Bei Spritzbetonaufträgen von 10 cm und darüber spielt dagegen dieses Problem praktisch keine Rolle.

Bei dünnen Lagen ist es deshalb vorteilhafter, Beschleuniger in flüssiger Form einzusetzen, weil hier eine wesentlich gleichmässige Verteilung in der Mischung gewährleistet wird. Da flüssige Produkte mehr oder weniger grosse Wasseranteile enthalten, ist ihre Dosierung aber entsprechend höher. Flüssige Präparate werden zum Beispiel mit Wasser im Verhältnis 1:3 bis 1:6 verdünnt verarbeitet, wobei die kürzeste Abbindezeit bei der Verdünnung von etwa 1:3 liegt. Diese Verdünnung entspricht etwa einer Dosierung von 14 bis 15% vom Zementgewicht. Die grossen Unterschiede in den Zugabemengen in pulverförmiger oder flüssiger Form bringen auch einen erheblichen Kostenunterschied. Bei dünnen Spritzbetonschichten spielen die verschiedenen Kosten nur eine untergeordnete Rolle, die in Hinsicht auf die Gesamtkalkulation

Tabelle 1: Richtwerte für die zu erwartenden Beton- und Mörtel-eigenschaften.

Mischungs- verhältnis Zement: Zuschlag- stoff in Gewichtsteilen	Sieb- linie	Beschleu- niger in % vom Ze- mentge- wicht	Erstarrung in sec.		Druckfestigkeiten in kp/cm^2 nach		
			Beginn	Ende	6 h	12 h	24 h
1:3	für	2	30	60	20	60	85
1:3	Mörtel	3	25	50	30	90	110
1:5	für	2	60	300	22	56	75
1:5	Beton	3	sofort	60	33	82	100

unbedeutend ist. Dagegen werden bei Massenspritzbeton mit wenigen Ausnahmen pulverförmige Präparate eingesetzt, da hierbei die Wirtschaftlichkeit in keinem Verhältnis zu den oben erwähnten Mängeln steht.

Wie alle Produkte, die das Erstarren von Zement beeinflussen, reagieren auch die Beschleuniger auf Aluminatbasis nicht bei jedem Zement in der gleichen Weise, so dass die notwendige Zugabemenge für eine bestimmte Erstarrungs- und Erhärtungszeit durch geeignete Vorversuche ermittelt werden muss. Geeignete Bindemittel sind Portlandzemente, Eisenportlandzemente und Hochofenzemente, wobei den Portlandzementen der Vorzug gegeben werden soll. Nicht verwendet werden können Tonerde- und Sulfathüttenzemente. Richtwerte für die zu erwartenden Beton- und Mörtel-eigenschaften in bezug auf die weichen und erhärteten Mischungen beim Einsatz eines Portlandzementes mittlerer Mahlfineinheit sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Abschliessend sei noch angeführt, dass alkalische Beschleuniger mehr oder weniger grosse Mengen wasserlöslicher Salze in Beton- oder Mörtelmischungen einbringen. Bei Anwe-

senheit von Wasser oder Feuchtigkeit ist deren Lösung im Laufe der Zeit möglich. Treten diese Lösungen über das Kapillarsystem nach aussen und kann das Wasser verdunsten, so kommt es zu Aussinterungen. Wenn ein derartiger Spritzbeton keine Überdeckung mit einem weiteren Beton oder feuchtem Erdbreich erhält, empfiehlt es sich besonders bei hohen Dosierungen zusätzlich eine beschleunigerfreie Deckschicht aufzubringen. – Bei der Anwendung nicht alkalischer Beschleuniger, die meist auf Chloridbasis hergestellt werden, treten derartige Erscheinungen nicht oder nur in geringfügiger Masse auf. Diese Produkte sind ungeeignet für das Abdichten von wasserüberrieselnden oder stark feuchten Flächen. Sie zeigen auch ein anderes Erstarrungs- und Erhärtungsverhalten und werden deshalb allgemein nur dann verwendet, wenn dickere Spritzbetonschichten aufzutragen sind und diese in einzelnen Lagen von 2 bis 3 cm in Zeitabständen von zum Beispiel 6 bis 24 Stunden aufgebracht werden können. Chloridhaltige Beschleuniger unterscheiden sich also grundsätzlich von den alkalischen Produkten durch längere Erstarrungszeiten. Sie bringen aber dafür hohe Früh- und Endfestigkeiten.

Literaturverzeichnis

- [1] G. Benz: Erstarrungs- und Erhärtungsbeschleuniger für Beton. «Bau und Bauindustrie», H. 7/71 (1971).
- [2] G. Benz: Erfahrungen mit Zusatzmitteln für Torkretbeton. «Baupraxis», H. 10 (1959), S. 447–449.
- [3] I. Spang und K. Zimmermann: Der Neubau des Schwaikheimer Tunnels. «Strassen- und Tiefbau», H. 6 und 7 (1967).
- [4] Chemische Fabrik Grütau, Illertissen/Bayern: Werkschrift: Schwaikheimer Tunnel (1968).

Adresse des Verfassers: Dr. G. Benz, Bau-Chemie AG Basel, Rütli-strasse 50, 4051 Basel.

Hangar für Grossraumflugzeuge in Tokio, Anheben des Daches

Von P. Sommer, Bolligen

DK 72.012.351:629.139.2

Etwa 50 km östlich des Stadtzentrums entsteht der neue Flughafen von Tokio. Er ist für einen «Umsatz» von jährlich 16 Mio Passagieren und 1,4 Mio t Fracht ausgelegt. Die erste Ausbaustufe, umfassend eine Piste von 4000×60 m, das eine Aufnahmegebäude und die für den Betrieb notwendigen Einrichtungen und Anlagen, geht der Vollendung entgegen. Betriebsaufnahme ist auf Ende dieses Jahres vorgesehen.

Vom riesigen Hangarkomplex ist gegenwärtig ein verhältnismässig bescheidener Teil im Bau. Er umfasst eine stützenfreie Flugzeughalle im Ausmass von 90×190 m und ein daran angebautes Werkstatt- und Bürogebäude. Die Halle bietet gleichzeitig Platz für zwei B-747 und eine DC-8 oder andere Flugzeugkombinationen.

Das Dach in Stahl-Fachwerkkonstruktion wurde mit-samt Dachhaut, Fassadenverkleidung, Kranbahnträgern und

Bild 1. Das am Boden zusammengebaute, über 5000 t schwere Dach vor der Hebung

