Eigenschaften des Spritzbetons und ihre Prüfung, II. Teil

Autor(en): **Teichert, Pietro**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 16

PDF erstellt am: **07.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75446

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

Der Vergleich verschiedener Angebote ist auch in diesem Punkt wichtig, ist doch die Rede vom «Rahmen der finanziellen Möglichkeiten» einer Vorsorgeeinrichtung.

Art. 36: Anpassung an die Preisentwicklung

Abs. 1: Hinterlassenen- und Invalidenrenten, deren Laufzeit drei Jahre überschritten hat, werden bis zum 65. bzw. 62. Altersjahr nach Anordnung des Bundesrates der Preisentwicklung angepasst.
Abs. 2: Die Vorsorgeeinrichtung hat im Rahmen ihrer finanziellen Möglichkeiten Bestimmungen über die Anpassung der laufenden Renten in den übrigen Fällen zu erlassen.

Für die Anpassung an die Preisentwicklung wird wesentlich sein, wie weit eine Vorsorgeeinrichtung willens und in der Lage ist, Überschüsse dafür einzusetzen.

Selbständigerwerbende

Im BVG folgen einige Artikel über den Anschluss von Selbständigerwerbenden. Wie bisher können Selbständigerwerbende, die dem Obligatorium nicht unterstehen, bei der Pensionskasse ihrer Berufsverbände SIA, STV, BSA und FSAI zu gleichen Bedingungen eintreten wie Arbeitnehmer.
Die Bestimmungen über Organisation, Rechtsträger, Sicherheitsfonds, Aufsicht, Finanzierung sowie Rechtspflege und Strafbestimmungen betreffen vor allem die Vorsorgeeinrichtungen, welche das Obligatorium durchführen. Diese Bestimmungen sind daher hier nicht näher dargelegt.

Steuerrechtliche Behandlung

Art. 80 BVG: Vorsorgeeinrichtungen

Dieser Artikel behandelt die Befreiung der Vorsorgeeinrichtungen von den Steuern.

Art. 81 BVG: Steuerabzug von Beiträgen

Abs. 1: Die Beiträge der Arbeitgeber an Vorsorgeeinrichtungen gelten bei den direkten Steuern des Bundes, der Kantone und der Gemeinden als Geschäftsaufwand.

Die Arbeitgeberbeiträge sind steuerlich also gleich zu behandeln wie bei der AHV.

Abs. 2: Die von den Arbeitnehmern und Selbständigerwerbenden an Vorsorgeeinrichtungen nach Gesetz oder reglementarischen Bestimmungen geleisteten Beiträge sind bei den direkten Steuern des Bundes, der Kantone und der Gemeinden abziehbar.
Abs. 3: Für den versicherten Arbeitnehmer sind die vom Lohn abgezogenen Beiträge im Lohnausweis anzugeben; andere Beiträge sind durch die Vorsorgeeinrichtungen zu bescheinigen.

Somit können also sicher die BVG-Minimalbeiträge, aber auch darüber hinausgehende höhere Beiträge steuerlich abgezogen werden, soweit sie von der Vorsorgeeinrichtung *reglementarisch* vorgesehen sind. Freiwillig geleistete Einkaufssummen oder Zusatzbeiträge hingegen können nicht abgezogen werden.

Art. 83 BVG: Besteuerung der Leistungen

Die Leistungen aus Vorsorgeeinrichtungen und Vorsorgeformen nach Art. 80 und 82 sind bei den direkten Steuern des Bundes, der Kantone und der Gemeinden in vollem Umfang als Einkommen steuerbar.

Das ist die Kehrseite der Steuerabzugsmöglichkeiten für Beiträge, dürfte aber doch die sauberste Lösung sein. Ansprüche aus Vorsorgeeinrichtungen (also Rentenansprüche während der Aktivzeit) sind natürlich nicht zu versteuern (also kein «Rückkaufswert» wie bei Lebensversicherungen).

Zu bemerken ist, dass die Bestimmungen über die Steuern, also die Art. 81, 82 und 83 BVG erst nach drei Jahren nach Inkrafttreten des BVG anwendbar werden. Für die Leistungsbesteuerung gilt sogar eine Übergangszeit von 15 Jahren, wenn das «Vorsorgeverhältnis», also der Beitritt zu einer Vorsorgeeinrichtung, vor dem 1. Januar 1985 bereits bestand.

Die Prämien- und Leistungsstruktur der verschiedenen Vorsorgeeinrichtungen wird zwar immer mindestens den gesetzlichen Forderungen entsprechen. Da jedoch auch verschiedene Ausgestaltungsstufen und -möglichkeiten gewählt werden können, wird es sich lohnen, in jedem Fall die verschiedenen Angebotsmöglichkeiten genau zu prüfen und abzuwägen, damit der optimale Vorsorgeschutz sowohl für den obligatorisch zu versichernden Arbeitnehmer als auch für einen Selbständigerwerbenden gewählt wird. Im Vordergrund dieser Prüfung müsste für die Verbandsmitglieder ohne Zweifel ihre eigene Pensionskasse stehen.

Adresse des Verfassers: *P. Senn*, Pensionskasse SIA STV BSA FSAI, c/o Allgemeine Treuhand AG, Schauplatzgasse 21, 3001 Bern, Tel. 031/22 03 82.

Eigenschaften des Spritzbetons und ihre Prüfung - II. Teil

Von Pietro Teichert, Avegno

Der erste Teil dieses Beitrages, in Heft Nr. 14 veröffentlicht, umfasste allgemeine Ausführungen zum Werkstoff Spritzbeton. In weiteren Kapiteln wurden Eignungsprüfung, Prüfkörper, Bohrkerne, Liegezeit, Aussehen und Haftung behandelt. Der zweite Teil gibt Aufschluss über Volumen, Porosität, Schwinden, Festigkeitsprobleme, Dichtigkeit, Frost- und Hitzebeständigkeit.

Das Hohlraumvolumen

Erhärteter Spritzbeton besteht aus Zuschlagstoffen, Zementstein und mehr oder weniger hydratisiertem Zement sowie Poren. Diese unterteilt man in Gesteinsporen der Zuschlagstoffe, in Gelporen des Zementsteins («Gelporosität»), in Makroporen («Makroporosität») aus etwaigen Lufteinschlüssen und Verarbeitungsfehlern sowie in Kapillarporen («Kapillarporosität»), die bei der Hydratation des Zementes entstehen. Alle Poren zusammen ergeben die sogenannte Gesamtporosität [11].

Man bestimmt die Kapillarporosität, zu welcher man auch die Gelporosität rechnet, indem man einen zuvor bei 105 bis 110 Grad Celsius getrockneten Prüfkörper (meist ein Bohrkern von 50 Millimeter Durchmesser) wenige Millimeter tief ins Wasser stellt. Die Kapillarität bewirkt, dass sich der Prüfkörper vollsaugt. Sobald die regelmässigen Wägungen zeigen, dass keine Gewichtszunahme mehr erfolgt und somit die «Gewichtskonstanz» erreicht ist, ergibt sich aus der «Kapillarwasseraufnahme» das Volumen der Kapillarporen.

Mit einer zweiten Messung ermittelt man die Gesamtporosität. Hierfür wird dem wiederum ofentrockenen Prüfkörper im Vakuum sämtliche Luft entzogen, er wird «evakuiert». In diesem Zustand gibt man Wasser zu, das die unter Vakuum stehenden Poren füllt. Aus dem Gewicht der aufgenommenen Wassermenge erhält man das Volumen aller Poren. Zieht man davon die zuvor bestimmte Kapillarporosität ab, bleibt das Volumen derjenigen Poren übrig, die durch das natürliche Kapillarsaug-

Porosität in Volumenprozent	Mittel	Minimum	Maximum
Probenalter 5 bis 60 Tage (214 untersuchte Probekörper)			
Kapillarporosität	17.3	15.0	20.7
Makroporosität	3.6	0.5	6.9
Gesamtporosität	20.9	17.4	24.9
Probenalter 61 Tage bis 4 Jahre (45 untersuchte Probekörper)			
Kapillarporosität	15.1	12.8	17.3
Makroporosität	4.5	0.4	7.1
Gesamtporosität	19.6	16.9	21.3

Bild 16. Hohlraumanteile von Standardspritzbeton

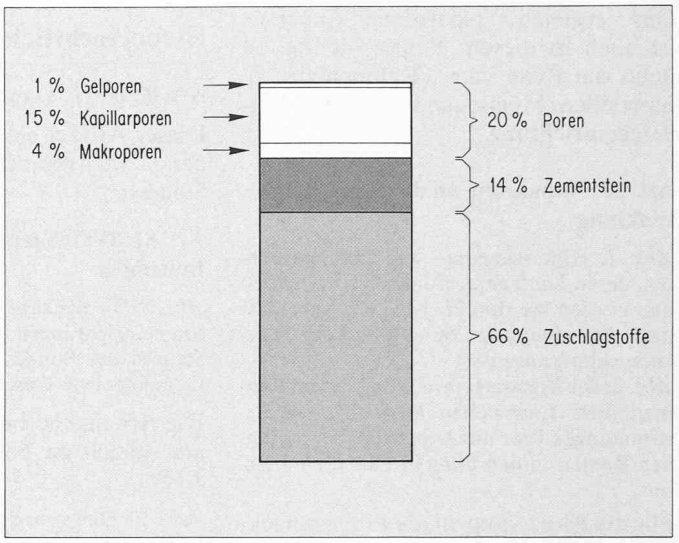


Bild 17. Stoffraumverteilung von Spritzbeton

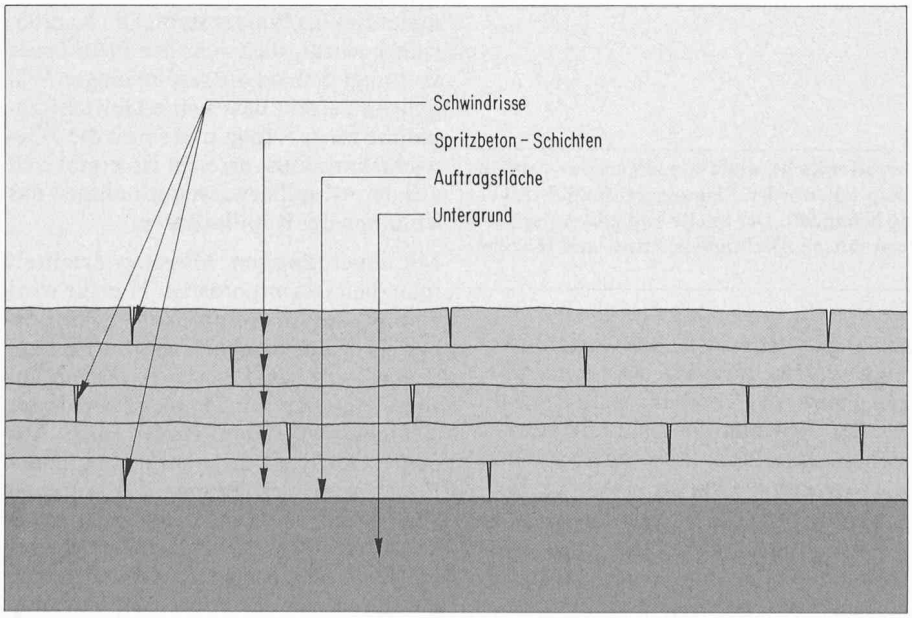
vermögen nicht gefüllt werden. Dieses Porenvolumen entspricht bei guter Betonqualität weitgehend der Makroporosität.

Die Kapillar-, die Makro- und die Gesamtporosität bezeichnet man als «Sättigungskennwerte». In Bild 16 sind dafür von 259 einzelnen Messungen durchschnittliche und Extremwerte für Standardspritzbeton zusammengestellt (Spritzbeton besonderer Zusammensetzung zeichnet sich schon in jungem Alter durch Gesamtporositäten unter 17 Volumenprozent aus). Es fällt auf, dass die Kapillarporosität, und damit die Gesamtporosität, mit zunehmendem Alter des Spritzbetons sinkt. Dies ist auf den verhältnismässig hohen Zementgehalt und auf dessen zunehmenden Hydratationsgrad zurückzuführen. Sofern die nötige Feuchtigkeit vorhanden ist, dauert die Hydratation des Zementes im Spritzbeton noch jahrelang (man bezeichnet dies als «Nachhydratation»). Die sich dabei bildenden Zementsteinkristalle wachsen in die Poren hinein und verringern messbar das Volumen der Kapillaren. Infolgedessen wird der Spritzbeton im Laufe der Zeit dichter. Die Nachhydratation erklärt auch, warum die Festigkeit alternden Spritzbetons so stark zunimmt (worauf noch ausführlicher eingegangen wird).

Wie Bild 16 zeigt, beträgt das gesamte Hohlraumvolumen von Standardspritzbeton durchschnittlich 20 Volumenprozent. Ist er vollkommen trocken, besteht solcher Spritzbeton also zu einem Fünftel aus Luft (Bild 17). Herkömmlicher Schalbeton guter Qualität hat eine Gesamtporosität von etwa 17 bis 18 Volumenprozent.

Der im Vergleich dazu etwas höhere Hohlraumanteil des Spritzbetons ist auf dessen besondere Herstellung, Zementleimviskosität und Beschaffenheit der Zuschlagstoffe zurückzuführen. Dass alle drei zugleich auch Form, Grösse und Verteilung der Poren vorteilhaft beeinflussen, macht beim Spritzbeton die bekannten Nachteile hoher Porosität bei weitem wett.

Bild 18. Schematisches Schwindrissebild des Spritzbetons bei fachgerechtem Schichtenaufbau



Besonderheiten der Spritzbetonporosität

Betrachten wir zuerst die Kapillaren. Sie entstehen durch die Hydratation des Zementes und unterscheiden sich grundsätzlich nicht von denen üblichen Betons. Anders verhält es sich bei den Gefügestörungen wie Lunkern und Rissen. Schwindrisse entstehen, wenn überschüssiges Anmachwasser vorzeitig verdunstet oder vom Haftgrund aufgesaugt wird. Dies geschieht bei den meist dünn aufgetragenen Spritzbetonschichten grösstenteils innerhalb von ein bis drei Tagen. Bei fachgerechter Nachbehandlung dauert es länger. Spritzbeton guter Qualität setzt sich aus zwei bis drei Zentimeter dünnen Schichten zusammen, die man nacheinander aufspritzt. Bei jeder Schicht dauert die Verdunstung bis zum Auftrag der nächsten Schicht. Je mehr Zeit also dazwischen verstreicht, desto höher der Prozentsatz an Schwindrissen, die sie zu überdecken vermag (Bild 18). Aus diesem Grund spritzt man die Schichten nach Möglichkeit im Abstand von wenigstens zwei bis drei Tagen. Anders als bei herkömmlichem Beton, den man ja in einem Arbeitsgang einbringt, weist Spritzbeton kaum durchgehende «Störungen» (Kiesnester, Schwindrisse, Lunkern) auf. Deshalb ist er auch dichter als normaler Beton. In den Kapillaren des Spritzbetons eingeschlossenes Wasser begünstigt zudem die bereits erwähnte Nachhydratation, welche die Durchlässigkeit weiter verringert.

Besonderheiten kennzeichnen auch die Makroporen des Spritzbetons. Sie sind mehrheitlich kugelförmig, gleichmässig verteilt und untereinander ohne Verbindung. Ihr mittlerer Durchmesser und ihr gegenseitiger Abstand begünstigen ihre Funktion als druckmindernde Expansionsgefässe, falls Wasser in den

Kapillaren gefriert. Das erklärt die verhältnismässig gute Frostbeständigkeit von Spritzbeton.

Nahezu alle wichtigen Eigenschaften des Spritzbetons hängen mittelbar oder direkt mit der Porenstruktur zusammen. Deshalb gehört die Bestimmung der Sättigungskennwerte bei anspruchsvollen Arbeiten zu den Routineuntersuchungen, ebenso die Gefügeanalyse unter dem Mikroskop [12]. Man verwendet dafür beispielsweise quadratische Eternitplatten von etwa 15 Zentimeter Seitenlänge, die man paarweise an der Auftragsfläche befestigt und während der normalen Arbeitsausführung ungefähr zwei Zentimeter dick mit Spritzbeton beschichtet. Schon nach zwei bis drei Tagen kann die Laborprüfung stattfinden, was kostenmässig kaum ins Gewicht fällt. Die ermittelten Sättigungskennwerte und die Gefügeanalyse ermöglichen es der baubegleitenden Überwachung, früh und zuverlässig die Qualität des hergestellten Spritzbetons zu beurteilen und nötigenfalls korrigierend einzugreifen. Selbstverständlich sind diese Prüfungen immer wertvoll, auch noch nach Jahren, weil sie Ursachen und Zusammenhänge klären.

Schwinden, Rohdichte, Elastizitätsmodul

Über das Schwinden des Spritzbetons sind kaum genaue Zahlen aus reproduzierbaren aktuellen Untersuchungen bekannt. Es ist anzunehmen, dass Spritzbeton ähnlich schwindet wie ein herkömmlicher Beton der gleichen Zusammensetzung. Zu bedenken ist freilich, dass Spritzbeton der Austrocknung und deswegen dem vorzeitigen Schwinden viel stärker ausgesetzt ist, weil seine Oberfläche im Verhältnis zu seiner Masse viel grösser ist. Das lässt sich leicht verdeutlichen: Ein Kubikmeter Beton kann vier Quadratmeter einer 25 Zentimeter dicken Bodenplatte aus üblichem Beton ergeben oder eine zwei Zentimeter dünne Spritzbetonschicht. Dann weist die gleiche Kubatur eine Oberfläche von 50 Quadratmeter auf, zwölfeinhalbmal mehr! Das beweist eindeutig, wie wichtig die Nachbehandlung von Spritzbeton ist, wenn er höheren Anforderungen genügen soll.

Da Spritzbeton verhältnismässig mehr Poren enthält, ist seine Rohdichte («Raumgewicht») meist niedriger als diejenige herkömmlichen Betons. Es ist zu unterscheiden zwischen der gewöhnlichen Rohdichte und der Trockenrohdichte. Jene wird bei normaler Luftfeuchtigkeit und -temperatur ermittelt. Der gewogene Probekörper enthält daher in seinen Poren eine gewisse Menge freien Wassers, das sein Gewicht erhöht. Diese Wassermenge hängt von den Bedingungen ab, unter welchen der Probekörper bis zur Untersuchung gelagert worden ist, und von der Luftfeuchtigkeit bei der Wägung. Je mehr freies Wasser die Poren des Probekörpers füllt, desto höher seine Rohdichte.

Im Gegensatz dazu ermittelt man die sogenannte Trockenrohdichte an Probekörpern, die bei 105 und 110 Grad Celsius getrocknet worden sind. Sie enthalten nur noch chemisch gebundenes, aber kein freies Wasser mehr. Die Probekörper sind «gewichtskonstant» trokken, die davon gemessene Trockenrohdichte ist jederzeit reproduzierbar. Sie ist also ein eindeutig bestimmtes Mass, während die gewöhnliche Rohdichte von einer unbestimmten Porenwassermenge beeinflusst wird. Sie ist deshalb in der Regel etwa acht Prozent höher als die Trockenrohdichte. Für letztere ergaben 145 Messungen an Spritzbeton ein Mittel von 2,120 Kilogramm je Kubikdezimeter (Maximum: 2,263 kg/dm³; Minimum: 1,943 kg/dm³).

Der Elastizitätsmodul ist an vier Standardspritzbeton-Mustern gemessen worden. Insgesamt 58 einzelne Messwerte schwanken zwischen 11 100 N/mm² (acht Tage alt) und 38 000 N/mm² (104 Tage alt) und ergeben ein Mittel von 24 525 N/mm² nach 28 Tagen. Herkömmlicher Beton, etwa ein BH 300 mit einem Wasserzementfaktor von 0,5, hat einen Elastizitätsmodul in der Grössenordnung von 40 000 N/mm².

Die Druckfestigkeit

Spritzbeton aus der Standardmischung weist bei sorgfältiger Herstellung nach vier Wochen eine Druckfestigkeit von wenigstens 35 N/mm² auf, meist jedoch beträchtlich mehr. So betrug beispielsweise die mittlere Druckfestigkeit von 27 Bohrkernen aus einer 28 Tage alten Kavernenauskleidung 52,97 N/mm² (Standardabweichung: 4,10 N/mm²; Variationskoeffizient: 7,74 Prozent). Dieser Spritzbeton ist aus 350 Kilogramm normalem Portlandzement auf 1000 Liter Kiessand der Körnung 0–8 Millimeter aus einer Grube in der Gegend von Burgdorf ohne irgendwelche Zusätze hergestellt worden. Ein anderer, ebenfalls unter Tage aufgebrachter Spritzbeton mit gleich hohem Zementgehalt brachte es hingegen noch nach zweieinhalb Monaten gerade erst auf durchschnittlich 24,8 N/mm² (Standardabweichung: 3,24 N/mm²; Variationskoeffizient: 13,06 Prozent). Die Ursachen dieses kläglichen Ergebnisses waren ungünstige Kornform und mangelnde Festigkeit der verwendeten Zuschlagstoffe.

Sofern die nötige Feuchtigkeit nicht fehlt, nimmt die Spritzbetonfestigkeit wegen der bereits erwähnten Nachhydratation im Laufe der Zeit noch beachtlich zu (Bild 19). Der Zuwachs ist höher als bei üblichem Beton. Unter normalen Umständen steigt die Druckfestigkeit zwischen dem 28. und dem 90. Tag um wenigstens zwanzig Prozent. Als Faustregel gilt darüber hinaus, dass die Druckfestigkeit zwischen dem 90. Tag und einem Jahr nochmals um zwanzig Prozent zunimmt. Bis zum Alter von zwei Jahren schliesslich erhöht sich die 28-Tage-Druckfestigkeit um gut die Hälfte. Spritzbeton besonderer Zusammensetzung erreicht schon nach vier Wochen eine Druckfestigkeit über 100 N/mm².

Problematisch ist bisweilen die Bestimmung des genauen Probenalters. Da man die einzelnen Spritzbetonschichten zumeist im Abstand von mehreren Tagen aufträgt, wählt man als massgebenden Stichtag für die Festlegung des Probenalters das Mittel zwischen dem Herstellungsdatum der ersten Schicht und jenem der letzten Schicht. In den weitaus meisten Fällen bohrt man ja die Probekörper parallel zur Spritzrichtung, das heisst senkrecht zu den Schichten (Bild 20). Die Entnahme in der Querrichtung, also parallel zu den Schichten, ist praktisch nur aus besonderen Mustern möglich, beispielsweise aus den geschilderten Spritzbetonplatten 50x50x12 Zentimeter (Bild 6). Die Druckfestigkeit ist übrigens parallel und senkrecht zum Schichtenverlauf nahezu gleich. So hat eine vergleichende Überprüfung von je 30 Bohrkernen aus denselben 48 Tage alten Musterplatten parallel zu den Schichten eine durchschnittliche Druckfestigkeit von 52,53 N/mm² (Standardabweichung: 8,03 N/mm²; Variationskoeffizient: 15,29 Prozent) ergeben, während sie senkrecht zum Schichtenverlauf 52,93 N/mm² (Standardabweichung: 7,68 N/mm²; Variationskoeffizient 14,51 Prozent) betrug.

Eine Eigenart des Spritzbetons ist die oft recht ausgeprägte Schwankung der Messwerte innerhalb einer bestimmten Serie. Das ist eine Folge der handwerklichen Herstellung und der zahlreichen Umstände, die sie beeinflussen. Selbstverständlich tragen auch die Prüfbedingungen ihren Teil bei. Ein Anhaltspunkt für die Streuung der Prüfergebnisse sind die unterschiedlichen Druckfestigkeiten, die an 431 Serien zu durchschnittlich 4,16 Bohrkernen ermittelt

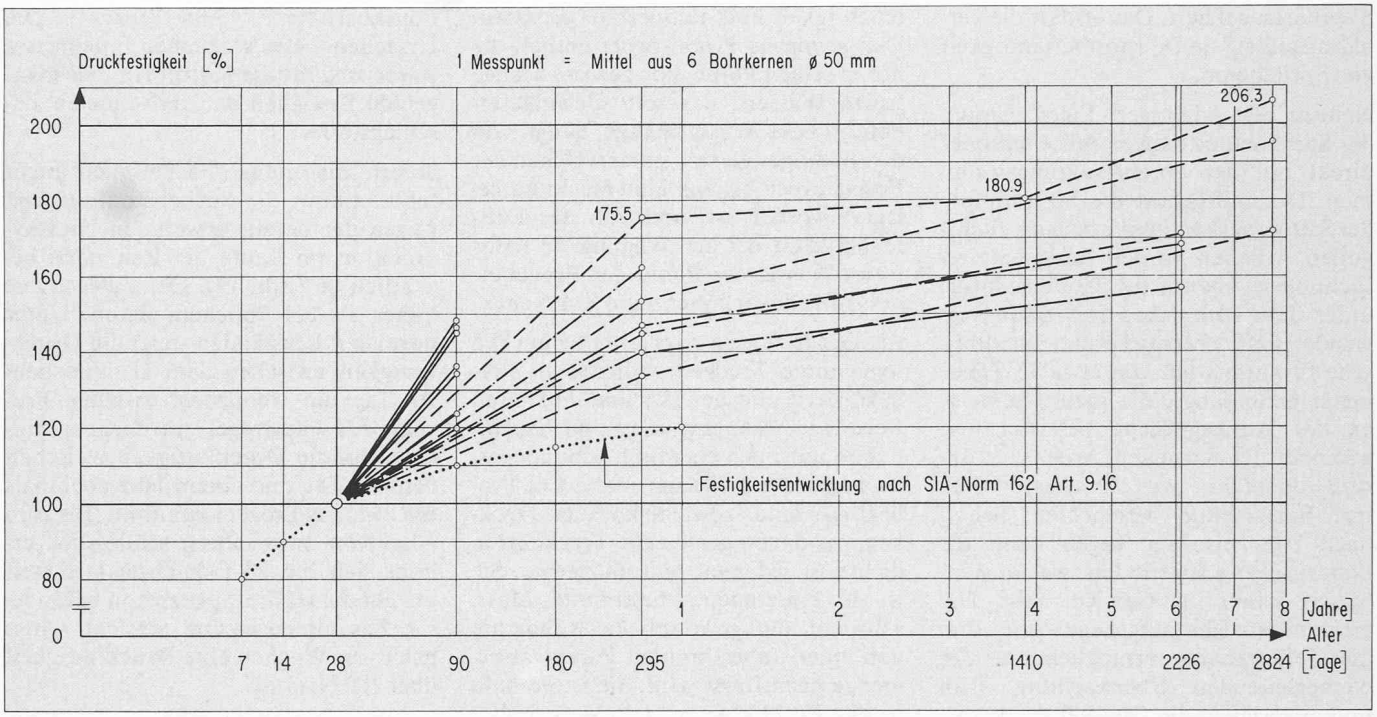


Bild 19. Festigkeitsentwicklung von Standardspritzbeton

worden sind: Die mittlere Standardabweichung betrug 33,0 Prozent (Höchstwert: 40,05 Prozent; Mindestwert: 0,27 Prozent) des Seriedurchschnittes.

Streubereiche ungefähr gleicher Breite treten auch bei der Bestimmung anderer Kenngrössen auf, etwa bei der Zug- und Haftfestigkeit oder bei der Wasserdurchlässigkeit. Deswegen bedarf es zahlreicher Prüfungen, um aussagekräftige Untersuchungsergebnisse zu erhalten.

Die Frühfestigkeit

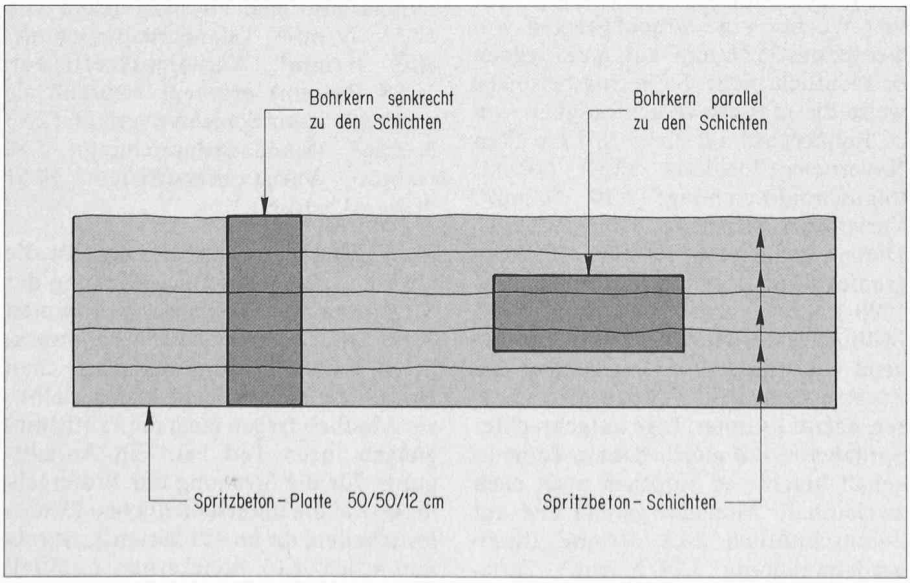
Umständlich und fragwürdig ist die Bestimmung der Frühfestigkeit von Spritzbeton [7]. Dies gilt es zu beachten, wenn man die einschlägigen Zahlen beurteilt. Es gibt drei Methoden, um die Druckfestigkeit jungen Spritzbetons zu kontrollieren: das Sklerometer (Betonprüfhammer, «Schmidthammer»), das Ausziehverfahren und die übliche Prüfung von Bohrkernen. Die Schwierigkeiten liegen je nach Methode in der Messgenauigkeit oder in der rechtzeitigen Beschaffung geeigneter Probekörper.

Das Sklerometer liefert selbstverständlich nur auf ebenen Flächen verlässliche Daten, so dass die Oberfläche des noch frischen Spritzbetons an den vorgesehenen Messstellen zu glätten ist. Dadurch verändern sich aber dessen Eigenschaften. Darum ist es besser, die Oberfläche des bereits abgebundenen Spritzbetons glattzuschleifen. Das Ausziehverfahren zieht einen in den Spritzbeton eingespritzten Metallbolzen heraus und schliesst von der dafür aufgewendeten Kraft und von der Mantelfläche des ausgerissenen Kegels auf die Druckfestigkeit des Spritzbetons [13]. Nach dieser Methode arbeitet das «Kaindl-Meyco-Gerät» (Bild 21). Damit es nicht allzu stark streuende Werte liefert, muss man es ab und zu an Beton bekannter Festigkeit eichen. Für eine zuverlässige Aussage sind zudem zahlreiche Messungen erforderlich.

Am genauesten lässt sich auch die Frühfestigkeit an Bohrkernen bestimmen. Mühe bereitet es allerdings, die Bohrkerne zeitgerecht zu besorgen. Nehmen wir an, man wolle die Drei-Stunden-Festigkeit eines mit Schnellbinder hergestellten Spritzbetons an Bohrkernen messen. Bis der Bohrkern entnommen ist, bis man ihn ins Labor gebracht und dort zur Prüfung vorbereitet hat, ist er längst viel älter als drei Stunden. Um den Bohrkern rechtzeitig prüfen zu können, müsste man ihn also entsprechend früher entnehmen, so früh, dass sich der Spritzbeton kaum schon bohren liesse. In beiden Fällen ist es bei so jungem Spritzbeton zudem sehr fraglich, ob man im Labor wirklich die sogenannte Bauwerksfestigkeit misst. Seit der Entnahme kann nämlich die Festigkeitsentwicklung in den Probekörpern wegen Austrocknens, Erschütterungen und Zurechtschneidens ein wenig anders verlaufen sein als im Bauwerk. Je jünger der Spritzbeton, desto mehr fällt auch der genaue Messzeitpunkt ins Gewicht.

Mit Abbindebeschleuniger hergestell-

Bild 20. Bohrkerne und Schichtenverlauf



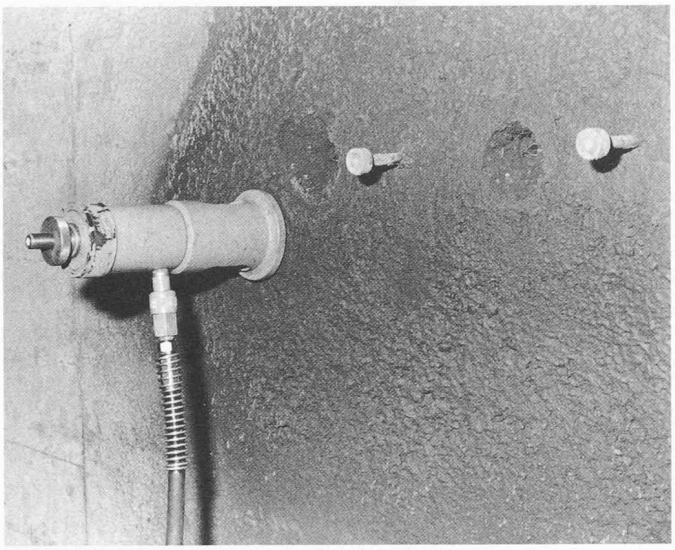


Bild 21. Zugvorrichtung des Ausziehgerätes «Kaindl-Meyco» mit eingespritzten Zugbolzen und Löchern gezogener Bolzen

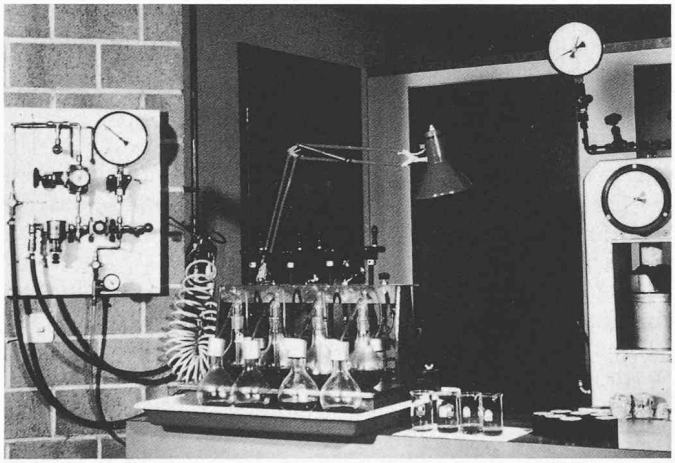


Bild 23. Apparatur zur Bestimmung der Permeabilität nach Darcy (Foto: LPM AG, Beinwil)

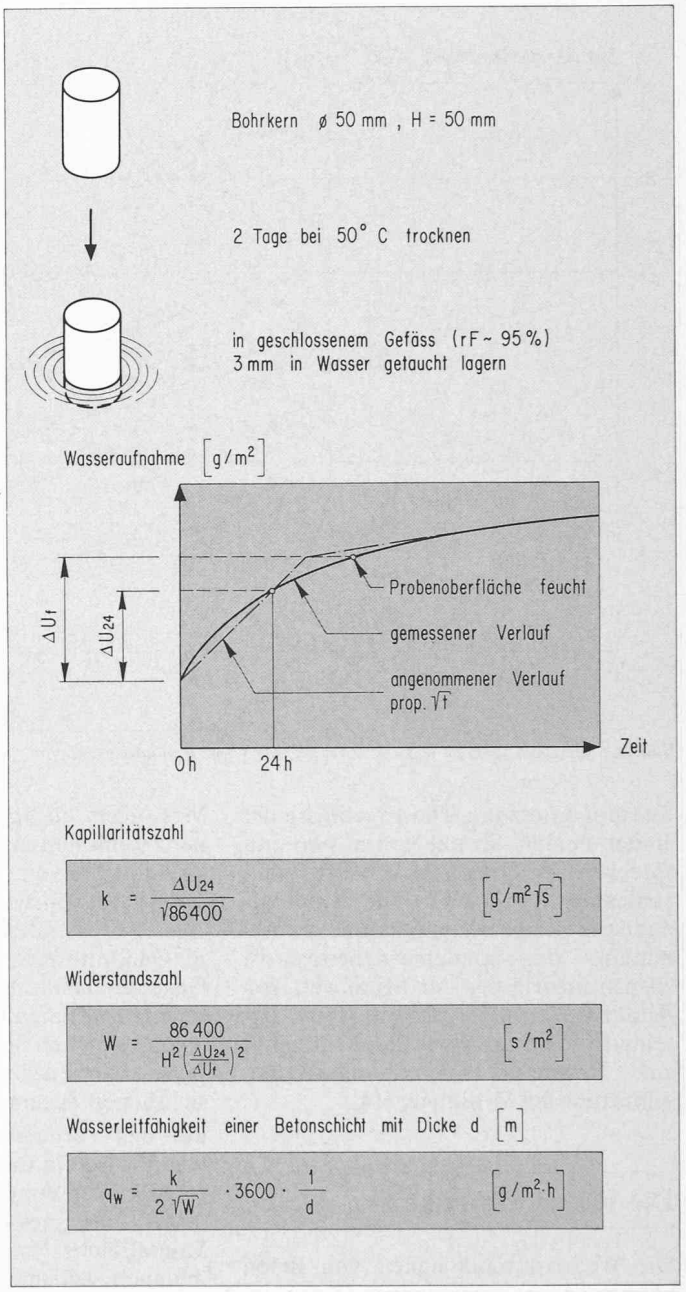


Bild 22. Aufsaugversuch nach EMPA [7] zur Bestimmung der Kapillarwasseraufnahme und der Wasserleitfähigkeit

ter Spritzbeton (mit dem sich jedoch dieser Aufsatz nicht befasst) erreicht je nach Dosierung naturgemäss sehr hohe Frühfestigkeiten. Sie können nach vier Stunden 10 N/mm² messen, nach sechs Stunden sogar zweimal so viel. Die Festigkeit normalen Spritzbetons aus der Standardmischung dürfte vermutlich gleich fortschreiten wie jene herkömmlichen Betons. Nach sieben Tagen sollte er demnach etwa 80 Prozent, im Alter von zwei Wochen ungefähr 90 Prozent der 28-Tage-Druckfestigkeit aufweisen. Besonders diesem Bereich der Festigkeitsentwicklung gewidmete Untersuchungen sind derzeit im Gang.

Zugfestigkeit, Abriebfestigkeit

Die Zugfestigkeit streut bei Spritzbeton verständlicherweise eher noch stärker als die Druckfestigkeit. Es ist zu unterscheiden zwischen der Biegezugfestigkeit, der Spaltzug- oder Querzugfestigkeit und der reinen Zugfestigkeit («zentrischer Zug»), zu deren Messung man die im Bild 15 dargestellte Apparatur verwendet. Für die letztgenannten beiden Zugfestigkeiten liegen Messwerte von insgesamt 576 Bohrkernen vor. Die Spaltzugfestigkeit schwankt zwischen 3,17 N/mm² nach etwa vier Wochen und 3,66 N/mm² nach rund einem Jahr. An 318 Bohrkernen betrug sie im Schnitt 9,14 Prozent der gleichzeitig bestimmten Druckfestigkeit (wenigstens 5,87, höchstens 14,01 Prozent). Die reine Zugfestigkeit erstreckt sich von 1,82 N/mm² nach 28 Tagen bis 5,6 N/mm² im Alter von sechseinhalb Jahren. Aus 60 Messungen ergibt sich eine Festigkeit auf zentrischen Zug von 4,05 Prozent der zugleich bestimmten Druckfestigkeit (höchstens 6,80, wenigstens 2,43 Prozent).

Im Laufe der Zeit nimmt die Spaltzugfestigkeit stärker zu als die Druckfestigkeit (302 Messungen) [9]. Vermutlich gilt dies auch für die reine Zugfestigkeit, eine sichere Aussage erlauben die vorhandenen Prüfergebnisse noch nicht.

Die Abriebfestigkeit lässt sich auf dem Amsler-Gerät messen. Die EMPA wendet dafür das Trockenschleifverfahren an («Abschleifen Hartbeläge»). Für Spritzbeton liegen zwölf Prüfergebnisse vor. Als Mittel von je zwei Schliffen ergaben sich folgende Abnützungsdikken: 1,09 und 0,83 Millimeter bei einem über zwei Jahre alten Spritzbeton aus der Standardmischung, 1,02 und 0,78 Millimeter bei einem gleichaltrigen Spritzbeton aus 300 Kilogramm hochwertigem Portlandzement auf 1000 Liter Kiessand und schliesslich 0,55 und 0,50 Millimeter bei einem zweimonatigen Spritzbeton besonderer

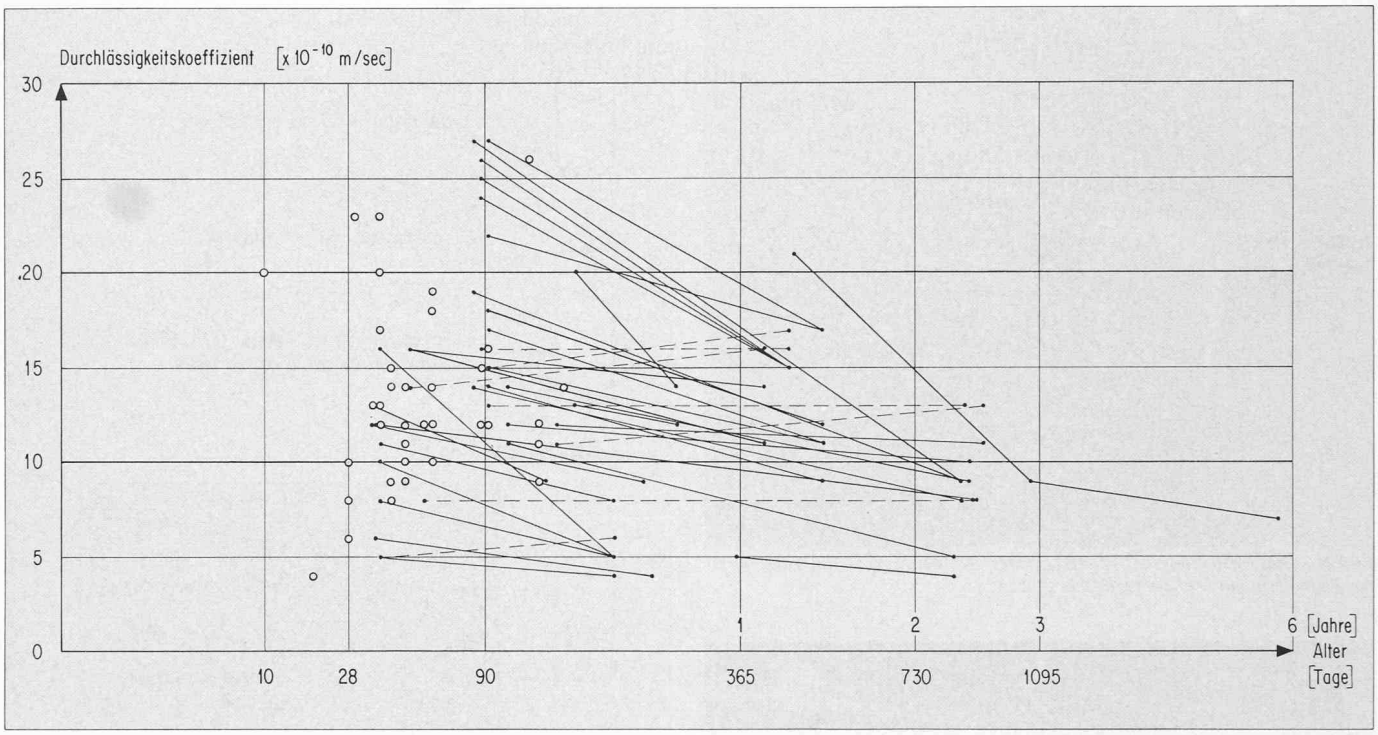


Bild 24. Durchlässigkeitskoeffizienten nach Darcy von Standardspritzbeton

Zusammensetzung. Die Ergebnisse der ersten beiden Spritzbetonmuster entsprechen auf Grund der EMPA-Richtzahlen dem Mittelwert für zementgebundene Beläge bester Qualität, die Abnützung des Sonderspritzbetons ist ebenso niedrig wie der Mittelwert von Klinker. Normaler Beton weist Abschleifwerte von etwa 2,1 Millimeter auf, Hartbeton solche von durchschnittlich 0,9 Millimeter [14].

Die Wasserdichtigkeit

Die Wasserdurchlässigkeit von Beton kann man auf verschiedene Weise untersuchen, unter anderem gemäss Richtlinie 6 der SIA-Norm 162 [15], ferner durch die Bestimmung der Wasserleitfähigkeit nach der EMPA-Methode neueren Datums [7] und mit der Permeabilitätsprüfung nach Darcy. Alle drei Verfahren eignen sich für Spritzbeton.

Nach der Norm hat man sieben Standardspritzbeton-Muster geprüft. Man fand am achten Tag bei zwanzig Atmosphären Wasserdruck eine mittlere Eindringtiefe von 2,6 Zentimeter (höchstens 5,0, wenigstens 1,5 Zentimeter). Im Schnitt waren 125 Kubikzentimeter Wasser eingedrungen (höchstens 240, wenigstens 70 Kubikzentimeter). Beton mit solchen Prüfergebnissen gilt als dicht.

Die nach der EMPA-Methode ermittelte Wasserleitfähigkeit misst die zufolge der kapillaren Saugkraft aufgenommene Wassermenge (Bild 22). Dreissig Messungen an Spritzbeton verschiedener Zusammensetzung ergaben für eine Bauteildicke von fünf Zentimeter Wasserleitfähigkeitswerte zwischen mindestens einem und höchstens 175 Gramm je Quadratmeter und Stunde. Deren Gegenüberstellung mit den Durchlässigkeitskoeffizienten nach Darcy, die an den gleichen Spritzbetonmustern ermittelt worden sind, lassen keine offensichtlichen Zusammenhänge erkennen.

Bei der Permeabilitätsmessung nach Darcy wird ein unter 110 Grad Celsius getrockneter Bohrkern von je 50 Millimeter Durchmesser und Höhe, dessen Mantelfläche mit einem Schrumpfschlauch gedichtet ist, einseitig unter 0,5 bar Luftdruck gesetzt (Bild 23). Man misst das Volumen der je Zeiteinheit durchgeströmten Luft und schliesst daraus auf die Wasserdurchlässigkeit. Deren Masseinheit ist der sogenannte Durchlässigkeitskoeffizient k_w nach Darcy in Meter pro Sekunde. Das Prüfverfahren ermittelt in der Regel je Serie vier Einzelwerte und betrachtet Beton mit einem mittleren k_w-Wert in der Grössenordnung von 50×10^{-10} Meter pro Sekunde als dicht.

Die Permeabilität nach Darcy ist an 552 Spritzbetonbohrkernen gemessen worden, deren Alter von vier Wochen bis zu sechs Jahren reicht. Für Standardspritzbeton ergeben sich die in Bild 24 dargestellten Mittelwerte aus je vier Einzelmessungen. Diese Zahlen betreffen Spritzbeton, der aus zwölf verschiedenen Kiessandsorten hergestellt worden ist. Miteinander verbunden sind nur solche Messwerte, die sich auf ein und denselben Spritzbeton beziehen. Sie ergeben, dass die Durchlässigkeit im Laufe der Zeit abnimmt, was bekanntlich der Nachhydratation des Zementes zu verdanken ist.

Eine vergleichende Untersuchung an jeweils 40 Bohrkernen, die denselben Standardspritzbeton-Mustern von durchschnittlich 48 Tagen entstammten, hat übrigens gezeigt, dass die Durchlässigkeit parallel zu den Schichten durchwegs höher ist als senkrecht dazu. Im zweiten Fall betrug der Durchlässigkeitskoeffizient nach Darcy im Mittel $11{,}6 \times 10^{-10}$ Meter pro Sekunde (Variationskoeffizient: 23,4 Prozent), parallel zu den Schichten hingegen $21{,}6 \times 10^{-10}$ Meter pro Sekunde (Variationskoeffizient: 42,5 Prozent). Die grössere Durchlässigkeit parallel zum Schichtenverlauf ist auf verfahrensbedingte (im Millimeterbereich liegende) Gefügestörungen entlang den Schichtenkontaktzonen zurückzuführen. Dort sind bei der Gefügeanalyse höhere Kapillarität und zum Teil kommunizierende Poren festgestellt worden.

Spritzbeton mit Durchlässigkeitskoeffizienten unter 10×10^{-10} Meter pro Sekunde erzielt man aus Trockengemischen besonderer Zusammensetzung. Sie enthalten nicht mehr Zement als die Standardmischung, weshalb die hohe Dichtigkeit nicht durch stärkere Schwindneigung wieder beeinträchtigt wird. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die Wasserdichtigkeit weitgehend der Gasdichtigkeit entspricht. Man möge allerdings bedenken, dass selbst der dichteste Spritzbeton nur dicht ist, solange er nicht reisst ...

Die Frostbeständigkeit

Die Frostbeständigkeit von Beton hängt unmittelbar von seiner Porenstruktur ab. Er ist dann frostbeständig, wenn sich das Wasser in seinen Kapillaren beim Gefrieren in Poren von geeigneter Grösse, Zahl, Form und Verteilung («Luftporen») ausdehnen kann, so dass der Eisdruck nicht auf das Betongefüge wirkt. Je geringer die Kapillarporosität (also die Menge gefrierbaren Wassers) und je günstiger das Verhältnis zwischen ihr und den Luftporen, desto frostsicherer ist der Beton. Diese vielschichtigen Zusammenhänge gehen aus den Sättigungskennwerten und aus ergänzenden Untersuchungen hervor [16, 17, 18, 19]

Die Frostbeständigkeit lässt sich in jedem Alter unter dem Mikroskop auf Grund der Porenanalyse («morphologisch») oder als Nachprüfung durch den praktischen Versuch bestimmen, beispielsweise nach der Richtlinie 5 der Norm SIA 162 oder gemäss der Norm SNV 640 461 [17]. Diese Nachprüfungen bestehen darin, wassergesättigte Probekörper im Betonlabor bis zu zweihundert Frost-Tau-Zyklen zu unterwerfen und danach von der Verringerung des Elastizitätsmoduls auf den Grad der Gefügezerstörung zu schliessen. Es ergeben sich daraus bestimmte Kennwerte für den Frostwiderstand. Die physikalische Prüfung hat allerdings den grossen Nachteil, sich über lange Zeit hinzuziehen. Die Frostbeständigkeit auf Grund der Porenanalyse zu beurteilen, benötigt einen einzigen Tag.

Wie im Abschnitt über die Gefügestruktur dargelegt, zeichnet sich Spritzbeton durch eine für die Frostbeständigkeit vorteilhafte Hohlraumbeschaffenheit aus. Dies bestätigen 75 Untersuchungen, die das LPM-Labor in Beinwil gemäss dem Verfahren nach Dobrolubov-Romer durchgeführt hat. Soweit sie Standardspritzbeton betreffen, ergeben die morphologischen Beurteilungen Widerstandsfaktoren WF-P zwischen 25 und 80 Prozent, was einer mittleren Frostbeständigkeit entspricht. Zum gleichen Resultat kommen die physikalischen Prüfungen, die Widerstandsfaktoren WF-L von 29 bis 94 Prozent nachweisen. Sechs Spritzbetonmuster besonderer Zusammensetzung - mit Bestandteilen, die das bereits günstige Porengefüge noch weiter verbessern - erhielten hingegen bei beiden Prüfungen das Prädikat «gute Frostbeständigkeit» (Widerstandsfaktoren WF-P und WF-L über 80 Prozent). Herkömmlicher Beton üblicher Qualität weist in der Regel Widerstandsfaktoren zwischen 25 und 50 Prozent auf.

Die EMPA bestimmt die «Frostbeständigkeit ΔS». Das ist «die Differenz zwischen dem kritischen Sättigungsgrad und dem maximal erreichbaren kapillaren Sättigungsgrad» (Prüfbericht der EMPA). Gesamthaft 33 Messungen attestieren einem Standardspritzbeton «mittlere Frostbeständigkeit», zwei Spritzbetonmustern besonderer Zusammensetzung «hohe Frostbeständigkeit».

Die Hitzebeständigkeit

Über die Hitzebeständigkeit von Spritzbeton weiss man recht wenig. Die Literatur beschränkt sich auf einige Berichte aus den zwanziger Jahren, die dem amerikanischen «Gunite» hohe Feuerfestigkeit bescheinigen [20, 21, 22]. Trotz ihres Alters sind diese Schriften sehr aufschlussreich und auch heute noch gültig, weil man die Brandsicherheit namentlich in den grossen Städten der Vereinigten Staaten schon früh sehr streng überwachte. Unter anderem verwendete man Gunit wegen seiner Feuerfestigkeit schon vor dem Ersten Weltkrieg in New York, um die Stahlkonstruktionen von Wolkenkratzern vor Brandschäden zu schützen [23]. Die verarbeiteten Ausgangsmischungen waren feinkörniger und zementreicher als unsere heutige Standardmischung, enthielten aber sonst keine weiteren Zusätze. Seither hat sich das Spritzen einer Vielzahl besonderer Feuerfestmassen vorwiegend im Hüttenwesen und in der Zementindustrie ein weitläufiges Anwendungsgebiet erobert.

Standardspritzbeton ist in letzter Zeit zur Felskonsolidierung in Untertageanlagen auch an Stellen angewendet worden, wo er tagelang bis zu 400 Grad Celsius heissen Abgasen oder Bränden mit Temperaturen bis zu 200 Grad Celsius ausgesetzt ist. Er hat diese Beanspruchungen bisher ohne augenfällige Schäden überstanden. Die verstrichene Beobachtungszeitspanne von zwei bis drei Jahren ist freilich noch viel zu kurz für ein abschliessendes Urteil.

Die Abteilung für Bauphysik der EMPA hat für uns an drei Mustern aus Standardspritzbeton Brandversuche durchgeführt. Dabei wird eine 1,15 Meter × 0,95 Meter grosse, waagrecht auf einem Ofen liegende Platte von unten zunehmender Hitze ausgesetzt. Der Temperaturanstieg folgt einer genormten Kurve und erreicht nach ungefähr zwei Stunden tausend Grad Celsius. Zwei Spritzbetonplatten von fünf Zentimeter Stärke zerbarsten «in zahlreiche Stücke, besonders auch schichtweise» nach 13 und 20 Minuten. Die Unterseiten waren im kritischen Zeitpunkt Hitzen von 682 und 727 Grad Celsius ausgesetzt, derweil die Temperatur auf den Oberseiten («Kaltseiten») 40 beziehungsweise etwa 80 Grad Celsius betrug. Der dritte Versuch bezog sich auf eine Spritzbetonplatte von zehn Zentimeter Stärke, die mit einem Stahldrahtnetz 100/100/5/5 Millimeter armiert war. Auch «diese Platte explodierte auf dem Ofen, wenn auch erst nach 41 Minuten Branddauer. Das Betonmaterial wurde in ungefähr vier Zentimeter Dikke abgesprengt, und zwar nicht wie bei den ersten beiden Versuchen in einzelnen Schichten, sondern in grossen Stükken» (Versuchsbericht der EMPA). Nach 40 Minuten mass die Brandraumtemperatur 859 Grad Celsius, die kaltseitige durchschnittlich 32 Grad Celsius.

Die an je einem Muster ermittelte Wärmeleitzahl betrug bei einem Standardspritzbeton 1,604 W/m·K (Rohdichte: 2,31 kg/dm³; 28-Tage-Druckfestigkeit: 41,3 N/mm²), bei einem Spritzbeton besonderer Zusammensetzung 0,527 W/m·K (Rohdichte: 1,36 kg/dm³; 28-Tage-Druckfestigkeit: 15,5 N/mm²). Herkömmlicher Beton weist bei einer Rohdichte von 2,4 kg/dm³ eine Wärmeleitzahl von etwa 1,8 W/m·K auf.

Die CO_2-Dichtigkeit

Seit die Karbonatisierung als eine der grossen Betonkrankheiten in aller Munde ist, fragt man immer öfter nach der CO_2-Dichtigkeit des Spritzbetons. Zur Bestimmung dieser Eigenschaft wird ein Luft-Kohlendioxid-Gemisch im Verhältnis neun zu eins durch einen Prüfkörper von 75 Millimeter Durchmesser und 12,5 Millimeter Höhe gesaugt. Dabei misst man das CO_2-Gewicht, das je Zeiteinheit hindurch diffundiert. Als Kenngrösse ergibt sich die sogenannte Diffusionswiderstandszahl, aus der man den Diffusionswiderstand berechnet. Er beziffert, «wie gross eine Luftschicht sein müsste, die der Permeation eines Gases den gleichen Widerstand entgegenbringen würde» wie die untersuchte Probenstärke unter gleichen Bedingungen [24, 25].

Herkömmlicher Beton guter Qualität (BH, BS) hat eine Diffusionswiderstandszahl zwischen 350 und 700. Bei drei Zentimeter Stärke beträgt sein Diffusionswiderstand 10 bis 21 Meter. Insgesamt 18 Messungen an fünf Standardspritzbeton-Mustern ergaben Diffusionswiderstandszahlen zwischen 197 und 1320. Ihr Diffusionswiderstand bei drei Zentimeter Stärke schwankt zwischen 5,91 und 39,6 Meter.

Über die Widerstandsfähigkeit des Spritzbetons gegen chemische Angriffe

ist so gut wie nichts bekannt. Man darf vermuten, dass er dem Eindringen chemischer Schadstoffe einen seiner Porenstruktur und hohen Dichtigkeit angemessenen Widerstand entgegensetzt.

Ein Beton mit einer 28-Tage-Druckfestigkeit von mindestens 35 N/mm², frostbeständig, abriebfest, hitzebeständig und dichter, als es die Norm verlangt - ist das etwa kein guter Beton? Das ist Spritzbeton. Fachmännisch hergestellter Spritzbeton ist herkömmlichem Schalbeton vergleichbarer Zusammensetzung mindestens ebenbürtig, bei einigen Eigenschaften sogar überlegen. Dabei lassen sich bestimmte Qualitätsmerkmale mit der nötigen Erfahrung, mit fähigem Personal und mit zweckmässigen Geräten beim Spritzbeton genauso sicher erzielen wie bei üblichem Beton. Spritzbeton ist also keineswegs ein geringzuschätzender Baustoff, sondern ein hochwertiger Beton, ganz im Sinne unserer Norm SIA 162.

Adresse des Verfassers: *P. Teichert*, E. Laich SA, 6671 Avegno.

Literaturverzeichnis

[1] American Concrete Institute (ACI), Detroit: Shotcreting. ACI Publication SP-14, 1966

[2] *Castagnetti, A.:* Sviluppi nella tecnologia dello spritzbeton. La Prefabbricazione, no. 7-9, 1974

[3] *Teichert, P.:* Spritzbeton. E. Laich SA, Avegno, 1980

[4] *Brux, G., Linder, R., Ruffert, G.:* Spritzbeton, Spritzmörtel, Spritzputz. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln-Braunsfeld, 1981

[5] *Resse, C., Venuat, M.:* Projection des mortiers, bétons et plâtres. Les auteurs-éditeurs, Le Pecq, France, 1981

[6] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA), Zürich: Untertagbau. Norm SIA 198, Ausgabe 1975

[7] *Studer, W.:* Prüfmethoden. SIA-Dokumentation 56 «Spritzbeton», 1982

[8] *Crom, T.R.:* How to Make Samples for Testing Sprayed Concrete. Engineering News-Record, 1964

[9] *Sala, A., Teichert, P.:* Spritzbeton als Auskleidung des Furka-Basistunnels. Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 24, 1982

[10] *Ryder, J.F.:* Methods for Testing the Adhesion of Plaster to Concrete. Chemistry and Industry, 1957

[11] *Schäfer, A.:* Frostwiderstand und Porengefüge des Betons, Beziehungen und Prüfverfahren. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 167, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1964

[12] *Romer, B., Dobrolubov, G.:* Angewandte Mikroskopie bei der Baustoffprüfung: Beton, Mörtel, Zement, Kalk, Gips, Keramik. Mitteilungsblatt der Betonstrassen AG, Wildegg, Nr. 90/91, 1972

[13] *Kaindl, F.:* Zur Güteprüfung der Frühfestigkeit von Spritzbeton. Tonindustrie-Zeitung, Heft 6, 1966

[14] *Baumann, E.:* Betonbau und Betontechnologie. Baufachverlag, Zürich, 1982

[15] Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA), Zürich: Norm für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Norm SIA 162, Ausgabe 1968

[16] *Schrämli, W., Bucher, H.:* Die Frostbeständigkeit von Beton. Neue Zürcher Zeitung, Nr. 582, 1970

[17] *Dobrolubov, G., Romer, B.:* Richtlinien zur Bestimmung und Prüfung der Frost-Tausalz-Beständigkeit von Zementbeton. Strasse und Verkehr, Nr. 10/11, 1977

[18] *Romer, B.:* Winterliche Bauschäden, Baustoff- und Bauwerkbeständigkeit gegen Frost und Tausalz. Neue Zürcher Zeitung, Nr. 50, 1978

[19] *Studer, W.:* Die Bestimmung der Frostbeständigkeit von Beton. Schweizer Bauwirtschaft, Nr. 20, 1980

[20] *Collier, B.C.:* Gunite is Proven Highly Fire Resistant. The Contract Record, 1920

[21] Underwriter's Laboratories, Chicago: Fire Tests of Gunite Walls. Engineering and Contracting, 1922

[22] *Collier, B.C.:* Fireproofing Properties of Cement. The Canadian Engineer, 1926

[23] *Teichert, P.:* Die Geschichte des Spritzbetons. Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 47, 1979

[24] *Engelfried, R.:* Carbonatisation von Beton, ihre Bedeutung und ihre Beeinflussung durch Beschichtungen. Deutsche Farben-Zeitschrift, Nr. 9, 1977

[25] *Klopfer, H.:* Bauphysikalische Aspekte der Betonsanierung. Bautenschutz und Bautensanierung, Nr. 4, 1980

Umschau

Nachlassender Wille zum Energiesparen

Rund 100 Mitglieder der Schweizerischen Aktion Gemeinsinn für Energiesparen (Sages) trafen sich kürzlich in Zürich, um der Frage «Lässt der Sparwille in unserem Lande nach?» auf den Grund zu gehen. Einleitend stellte der Präsident der Sages, Nationalrat *Kurt Schüle*, fest, dass der Energieverbrauch im vergangenen Jahr gestiegen sei und dass noch längst nicht alle Möglichkeiten zum Energiesparen ausgeschöpft seien. Über die Verbrauchsentwicklung gaben zwei Referate Aufschluss: Beim Erdöl unterschied *P. Hemmig* (BP Schweiz AG) die Produkte Heizöl extra leicht und Motorenbenzin. Während der Heizölverbrauch seit 1978 rückläufig ist und der Trend in den kommenden 10 Jahren anhalten dürfte, ist beim Motorenbenzin mit steigenden Werten zu rechnen. Je nach km-Leistung/Fahrzeug und je nach Motorisierungsgrad ist 1990 der Jahresverbrauch mit 1,8 bis 3,1 Mio t Benzin anzunehmen. Diese Zahlen zeigen eine grosse Bandbreite, also ein echtes Sparpotential. Anders beim Stromverbrauch: Trotz Nullwachstum - gemessen am Bruttosozialprodukt - ist der Elektrizitätsverbrauch stetig gestiegen. *K. Küffer* (NOK Baden) interpretierte diese Zahlen nicht als höheren Energiekonsum, sondern als Folge der Substitution von Erdöl. Zudem sei die Elektrifizierung generell noch nicht abgeschlossen, was durch die Nachfrage nach Automation, Elektronik usw. belegt werde.

Wie Prof. Dr. *U. Winkler* ausführte, hat die Bautechnik in den vergangenen 10 Jahren zum Energiesparen beigetragen. Mit der Einführung der Energiekennzahl sind Vergleiche möglich geworden, so dass energiegerechte Baukonzepte entwickelt werden konnten. In der Zwischenzeit sind aber Bauherren bei sogenannten Sparprojekten kritischer geworden. Schlechte Erfahrungen mit unerfüllter Wirtschaftlichkeit, mit bauphysikalischen Verschlimmbesserungen und mit konzeptionslosen Energiesparrezepten haben die Investoren zurückhaltender gemacht, und das praktische Energiesparen erfordere heute noch immense Anstrengungen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Heizölverbrauch rückläufig ist und dass beim Treibstoff noch alles offen ist, dass aber seit etwa 3 Jahren der Sparwille allgemein nachgelassen hat. Das Sparpotential ist noch längst nicht ausgeschöpft. Im Unterschied zu 1973 ist bei allen Massnahmen neben dem Energiesparen die *Reduktion der Umweltbelastung* in den Vordergrund gerückt. *B. M.*

Schweden: Sicherheitsbehörden genehmigen Endlager-Konzept

(SVA). Das schwedische Kernenergie-Inspektorat und das schwedische Strahlenschutz-Institut haben kürzlich das von der Kernbrennstoffgesellschaft SKBF vorgelegte Konzept der Endlagerung abgebrannter Reaktor-Brennelemente genehmigt. Die hochradioaktiven Brennelemente sollen in dickwandige Kupferbehälter verpackt und im Fels in 500 Meter Tiefe endgelagert werden. Es wird erwartet, dass jetzt die Regierung das Endlagerkonzept anerkennen und anschliessend die Betriebsbewilligungen für die Kernkraftwerksblöcke Nr. 11 und 12 des Landes, Oskarshamn-3 und Forsmark-3, erteilen wird.

Atomstromanteil 17,6 Prozent in England

(SVA) Der Beitrag der Kernkraftwerke zur britischen Stromproduktion erreichte im vergangenen Jahr 17,6%. Dies geht aus einer kürzlich veröffentlichten Statistik des Energieministeriums hervor. Damit hat sich der britische Atomstromanteil, der 1973 noch bei 8,5% lag, in zehn Jahren verdoppelt. 1983 wurden gegenüber dem Vorjahr 2% mehr Kohle, aber 25% weniger Öl für die Stromerzeugung eingesetzt, während die Produktion der Kernkraftwerke um 14% gesteigert werden konnte.