Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 4

Artikel: Dünne Schichten aus Spritzbeton
Autor: Teichert, Pietro
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76500

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: 09.12.2025

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

Dünne Schichten aus Spritzbeton

Von Pietro Teichert, Avegno

Spritzbeton für Beschichtungen und Verkleidungen sind sein ältestes und weitläufigstes Anwendungsgebiet. Dazu gehört die heutzutage sehr aktuelle Sanierung schadhafter Bauten aus Beton und Mauerwerk, wo die Eigenschaften des Spritzbetons besonders zustatten kommen.

Spritzbeton ist – wie der Name sagt – ein gespritzter Beton. Er wird aus einer sogenannten Ausgangsmischung hergestellt, dem Spritzgut. Es gelangt über die Spritzbetonmaschine in einer Leitung, worin es zu einer Spritzdüse befördert wird, die der Düsenführer handhabt (Bilder 1 und 2).

Er richtet den Spritzstrahl auf die gegebene Auftragsfläche, wo das Spritzgut haften bleibt und durch die Aufprallwucht gleichzeitig verdichtet wird. Dabei prallt ein Teil des Spritzgutes, das Rückprallgut, zurück. Dieser Materialverlust ist eine weitere Besonderheit des Spritzbetons. Im Gegensatz zu herkömmlichem Beton, der zuerst eingebracht und dann in einem besonderen Arbeitsgang verdichtet wird, erfolgt beim Spritzbeton beides zugleich.

Die Auftragsfläche kann beliebig geneigt und beschaffen sein, Spritzbeton haftet daran; er wird normalerweise in Schichten aufgetragen.

Es gibt das Trockenspritz- und Nassspritzverfahren. Sie unterscheiden sich durch die Beschaffenheit der Ausgangsmischung und in der maschinellen Ausrüstung. Beim Trockenspritzverfahren ist die Ausgangsmischung ein Gemenge aus erdfeuchten Zuschlagstoffen und Zement, das sogenannte Trockengemisch, das in der Förderleitung durch Druckluft transportiert wird. Das Zugabewasser fügt man erst an der Spritzdüse bei. Neueren Datums und weniger verbreitet ist das Nassspritzverfahren, bei dem man das Zugabewasser bereits der Ausgangsmischung, also nicht erst an der Düse beifügt.

Näher auf die Grundlagen des Betonspritzverfahrens einzugehen, würde den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen. Es sei daher auf das einschlägige Schrifttum hingewiesen [1, 2, 3, 4, 5].

Das Betonspritzverfahren und der Spritzbeton zeichnen sich durch eine Reihe von Besonderheiten aus, die für die Anwendung wichtig sind:

- Spritzbeton wird durch eine Leitung befördert
- braucht keine Schalung
- wird in Schichten aufgetragen
- haftet gut
- passt sich der Auftragsfläche an
- und besitzt weitere vorzügliche Eigenschaften [6]

Massenspritzbeton – Qualitätsspritzbeton

Hiezu sind einige grundsätzliche Bemerkungen am Platz. Hinsichtlich der eingebauten Kubaturen ist der Untertagebau weltweit das weitaus wichtigste Anwendungsgebiet des Verfahrens (zumal des Nassspritzens). Man denke nur an seine zunehmende Verbreitung im Bergbau oder, beispielsweise, an seine Anwendung in den Tunnels der neuen deutschen Bundesbahnstrecken. Im Untertagebau braucht man Spritzbeton vorwiegend zur Felssicherung, also für provisorische Massnahmen, bei denen es meist darauf ankommt, erhebliche Stärken in möglichst kurzer Zeit aufzubringen. Man verwendet dafür gewissermassen einen Massen-Spritzbeton, der hauptsächlich früh- und druckfest sein muss, während andere Eigenschaften weniger wichtig sind. Bei nahezu allen anderen Verwendungszwecken hingegen, etwa bei der einschaligen Auskleidung von Untertagebauten, bei der Sanierung von Bauwerken aus Beton und Mauerwerk, im Wasserbau oder bei tragenden Bauteilen, ist ein Qualitätsspritzbeton gefragt, bei dem es neben der Haltbarkeit auf die bestmögliche Güte aller übrigen Eigenschaften ankommt.

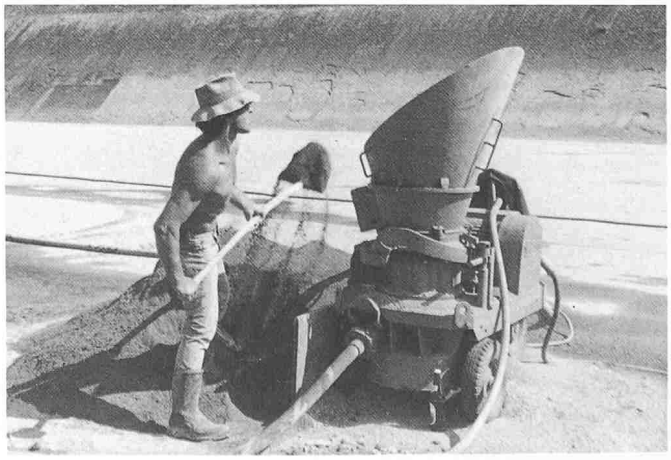
Der seit einigen Jahren im Rampenlicht stehende Massen-Spritzbeton für vorübergehende Felssicherungen im Berg- und Tunnelbau prägt weitgehend die Meinung der Fachwelt von Spritzbeton. Er wird oft als zweitklassiger Baustoff angesehen, der die massive Zugabe von Abbindebeschleunigern erfordere und (wegen der dadurch bedingten Verringerung der Endfestigkeit) für die vorübergehende Felssicherung im Untertagebau gerade noch gut genug sei.

Es ist daher nachdrücklich zu betonen, dass Spritzbeton keineswegs ein minderwertiger Baustoff ist. Fachgemäss und sorgfältig hergestellter Spritzbeton ist vielmehr ein hochwertiger Beton.

Spritzbeton enthält in der Regel verhältnismässig viel Zement. Die üblicherweise verwendeten Trockengemische

Bild 1. Düsenführer

Bild 2. Spritzbetonmaschine. Maschinist beim Einfüllen des Trockengemisches



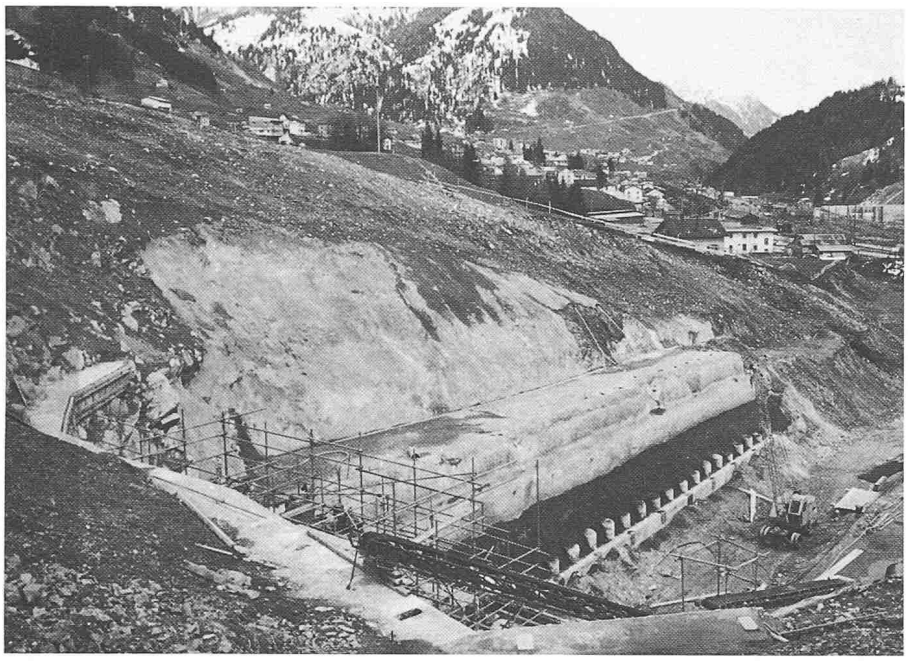


Bild 3. Böschungssicherung mit Spritzbeton (RIA-Foto, Zürich)

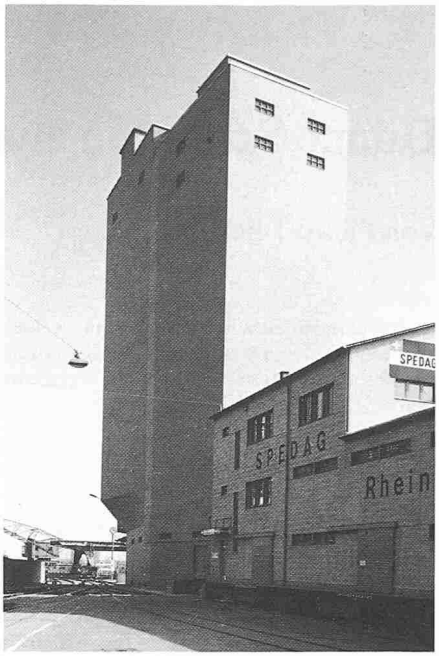


Bild 4. Mit Spritzbeton sanierter Getreidesilo (Foto Humbert & Vogt, Riehen)

setzen sich zusammen aus 300 bis 400 Kilogramm Zement auf 1000 Liter erdfeuchte Zuschlagstoffe der Körnung 0–10 Millimeter.

Als Standardmischung bezeichnet man Trockengemisch aus 350 Kilogramm Zement auf 1000 Liter Zuschlagstoff; der daraus hergestellte Spritzbeton heisst gemeinhin Standardspritzbeton.

Wegen des Rückpralls und der Verdichtung reichert sich im eingebauten Spritzbeton Zement an, weshalb Standardspritzbeton je Festkubikmeter ungefähr 450 Kilogramm Zement enthält. Sofern die nötige Feuchtigkeit nicht fehlt, hydratisiert dieser Zement im Laufe der Zeit. Deswegen verfestigt sich Spritzbeton nach dem 28. Tag noch beträchtlich, und zwar deutlich stärker als herkömmlicher Beton.

Die wichtigsten Eigenschaften

Sorgfältig hergestellter Standardspritzbeton ist sehr dicht. Er weist Durchlässigkeitskoeffizienten nach Darcy von weniger als $25 \cdot 10^{-10}$ m/sec auf [$\bar{x}_{(n = 1101)} = 12.7$; $s_{(n = 1101)} = 7.0$; $v = 55\%$]. Spritzbeton besonderer Zusammensetzung erreicht sogar Durchlässigkeitskoeffizienten von weniger als $5 \cdot 10^{-10}$ m/sec (wasserdichter herkömmlicher Beton hingegen solche von etwa $50 \cdot 10^{-10}$ m/sec).

Die niedrige Durchlässigkeit des Spritzbetons erschwert auch das Eindringen (Permeation) von Gasen. Deshalb ist zum Beispiel die CO_2-Dichtigkeit des Spritzbetons jener des üblichen Betons überlegen. Die Carbonatisierungsgeschwindigkeit ist auch deshalb deutlich geringer, weil Spritzbeton zementreicher, also alkalischer ist als herkömmlicher Beton. Darum ist es bei der Sanierung von Betonbauten unnötig, die bestehende Armierung des Altbetons nach dem Sandstrahlen eigens gegen Korrosion zu schützen, wenn sie mit einer wenigstens zwei bis drei Zentimeter dicken Spritzbetonschicht überdeckt wird.

Wie carbonatisationsfest guter Spritzbeton ist, hat sich kürzlich in der Kläranlage der Stadt Basel gezeigt. Dort waren 1982 die zwölf Belebungsbecken inwendig mit einer drei Zentimeter starken Schutzschicht aus Spritzbeton besonderer Zusammensetzung ausgekleidet worden, um den Konstruktionsbeton vor dem Angriff durch stark kohle-

Bild 5. Mit Spritzbeton ummantelte Stahlkonstruktion einer Raffinerie, Brandschutz (Foto Torkret GmbH, Essen

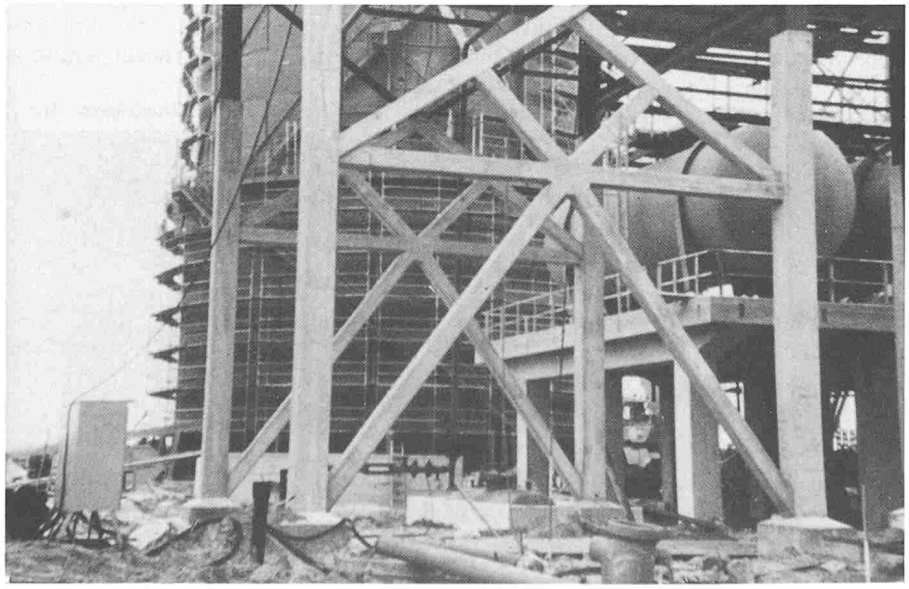
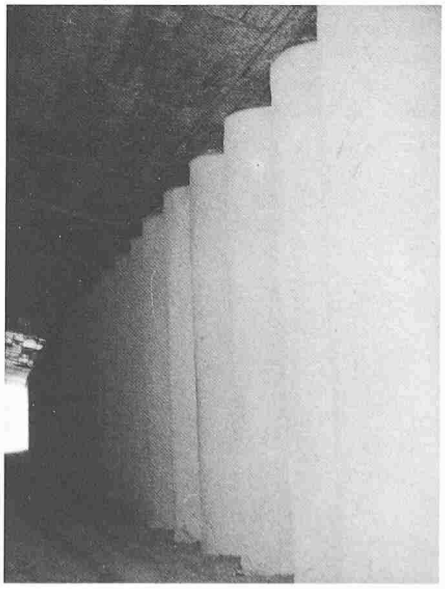


Bild 6. Mit Spritzbeton verkleidete Bohrpfähle. Verwitterungsschutz



säurehaltiges Wasser zu schützen (Bild 16). Nach zweieinhalb Betriebsjahren ergaben die untersuchten Bohrkerne, dass dieser extrem beanspruchte Schutz-Spritzbeton nur einen knappen Milimeter tief carbonatisiert war und keinerlei Mängel oder Schäden aufwies.

Spritzbeton ist auch sehr frostbeständig. Das ist darauf zurückzuführen, dass Spritzbeton dank seiner besonderen Herstellungsart günstige Hohlräume aufweist, das heisst Luftporen von geeigneter Grösse, Zahl, Form und Verteilung. Bei Spritzbeton besonderer Zusammensetzung vermindert sich der Elastizitätsmodul nach 200 Frostwechseln um weniger als zwanzig Prozent (Frostbeständigkeitsversuch gemäss Richtlinie 5 der SIA-Norm 162, Ausgabe 1968).

Ein Frost-Tausalz-beständiger Spritzbeton lässt sich hingegen (noch) nicht herstellen. Gleich wie bei herkömmlichem Beton sind deswegen besondere Anstriche oder Beschichtungen nötig, damit Spritzbeton das Tausalz ertragen kann.

Neuere Untersuchungen haben übrigens gezeigt, dass Benzin, Dieselöl und Urin einen Spritzbeton besonderer Zusammensetzung nicht nachteilig verändern.

Bestimmend für die Anwendungsmöglichkeiten sind die Besonderheiten des Spritzbetonverfahrens und die Eigenschaften des Spritzbetons selbst, aber auch sein Preis.

Die Kosten des Spritzbetons sind höher als die üblichen Betons. Wenn der Arbeitsumfang es erlaubt, je Werktag etwa zehn bis fünfzehn Kubikmeter Trockengemisch zu verarbeiten, dürfte sich der Festkubikmeter-Preis des Spritzbetons heute auf etwa 600 bis 800 Franken belaufen. Dies entspricht Quadratmeterpreisen von sechs bis acht Franken je Zentimeter Fertigstärke, zuzüglich der Kosten für Baustelleneinrichtung, Gerüste, Vorbereitung der Auftragsfläche und Armierung.

Entscheiden allein die Kosten, so ist der Spritzbeton erst von einem gewissen Mindestausmass an und nur bis zu einer bestimmten Höchststärke wirtschaftlich. Oft sprechen aber auch besondere Gründe für die Wahl des Spritzbetons, beispielsweise der Vorteil, dass die Einbaustelle mit der flexiblen Förderleitung problemlos zu erreichen ist, dass Spritzbeton besser haftet und dichter und fester ist als ein Handverputz oder dass er keine Schalung benötigt.

Beschichtungen und Verkleidungen

Spritzbeton kommt überall dort in Frage, wo herkömmlicher Beton oder Mörtel schwierig einzubringen ist und teure Schalungen erfordert. Verallgemeinernd kann man sagen, dass Spritzbeton sich vor allem für grossflächige, dünne Bauteile eignet und für solche mit komplizierten Formen, ganz besonders also für dünne Schichten aller Art. Als solche bezeichnet man gewöhnlich zwei bis zehn Zentimeter starke Beschichtungen, Verkleidungen und Auskleidungen.

Auf eine Beschichtung geht übrigens das heutige Spritzbetonverfahren zurück: um eine schadhafte Fassade zu verputzen, hatte 1907 der amerikanische Naturforscher und Präparator *Carl Ethan Akeley* eine Gipsspritze gebaut, aus der wenig später die berühmte «Cement-gun» entstand. Der damit hergestellte «Gunite» erschloss sich vor allem in Nordamerika und in Europa rasch wachsende Anwendungsbereiche. Dies führte nach dem Zweiten Weltkrieg zur Entwicklung leistungsfähigerer Maschinen, die ihrerseits Verbesserungen des Verfahrens und dessen heutige weltweite Verbreitung förderten [7].

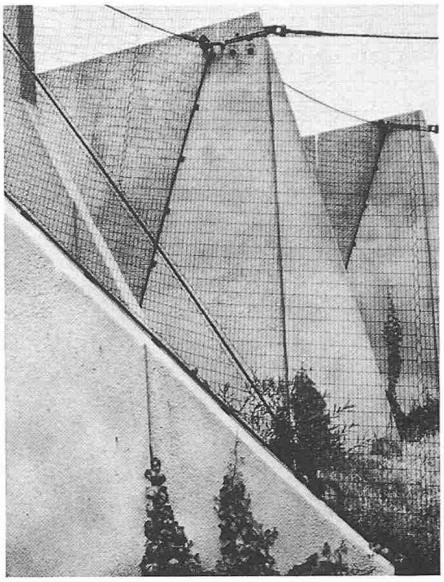


Bild 7. Mit Spritzbeton verblendete Betonwände. Verdecken von Herstellungsfehlern

Die heute mengenmässig wohl wichtigsten dünnschichtigen Anwendungen von Spritzbeton dürften Böschungssicherungen (Bild 3) sowie die Sanierung schadhafter Betonbauten sein (Bild 4), wo die vorteilhaften Eigenschaften des Spritzverfahrens und des Spritzbetons besonders ins Gewicht fallen [8].

Häufig dient Spritzbeton zu Verschleiss- und Schutzschichten, beispielsweise in Silos für Schüttgüter, in Kläranlagen oder im Stahlbau, und zwar dank seiner hohen Festigkeit und geringen Durchlässigkeit.

Deswegen eignet sich Spritzbeton auch vorzüglich als Brandschutzschicht von Stahlbauten (Bild 5). In Amerika hat man das schon sehr früh erkannt: bereits im Jahre 1911 begann man in New York damit, 20 000 Quadratmeter Stahlkonstruktionen des Grand Central Terminal der Central and Hudson River Railway mit einem Feuerschutz aus fünf Zentimeter starkem Spritzmörtel zu versehen. Im Jahre 1913 wur-

Bild 8. Mit teilweise geglättetem Spritzbeton ausgekleideter Zulaufstollen eines Wasserkraftwerkes. Reibungsverminderung

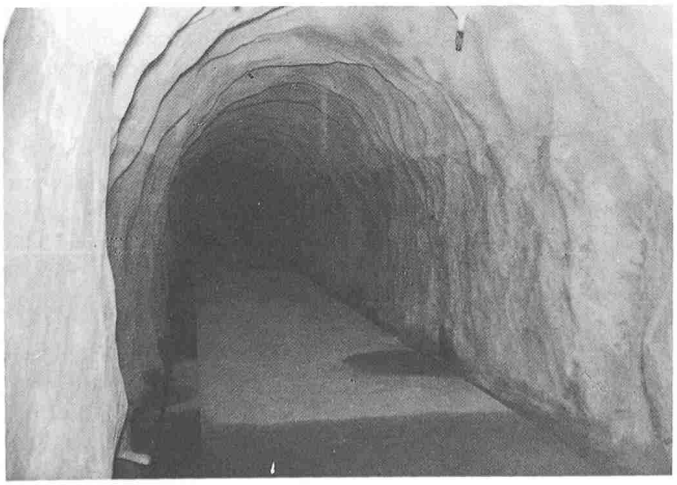
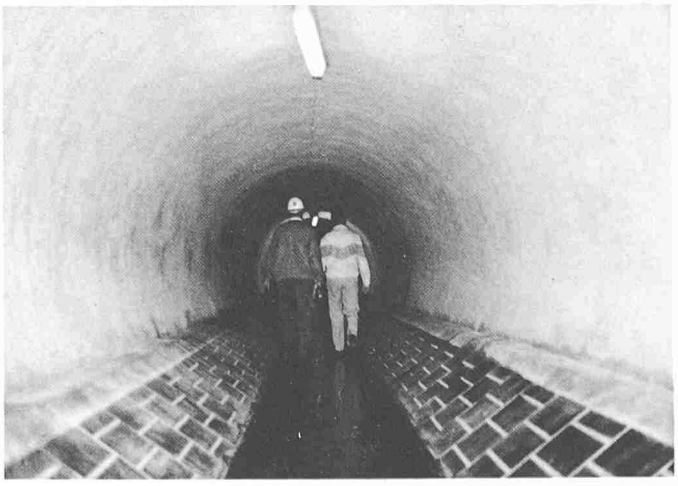


Bild 9 Mit Spritzbeton ausgekleideter Abwasserstollen. Oberflächenglättung



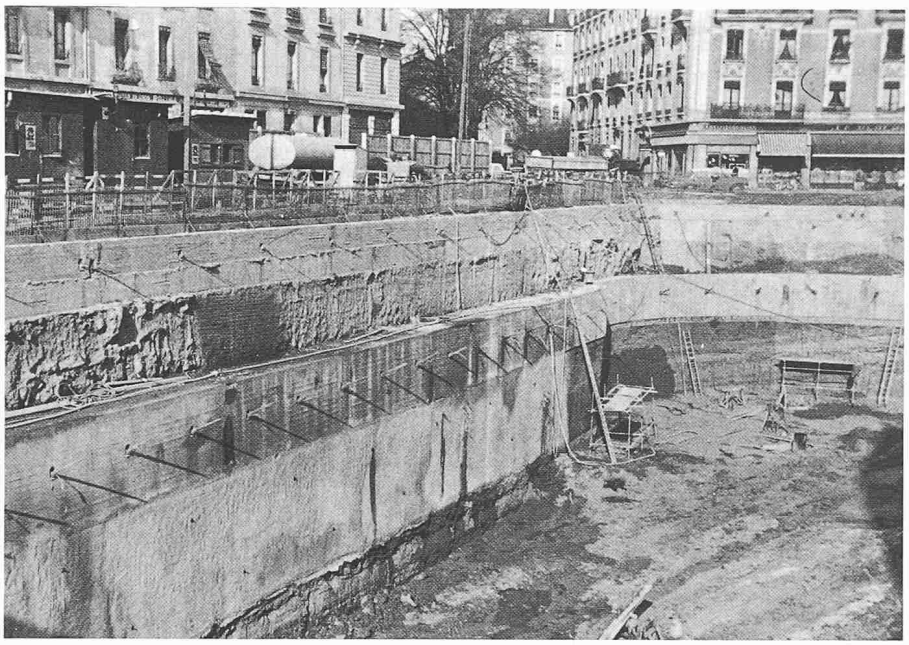


Bild 10. Mit Spritzbeton beschichtete Schlitzwand. Tragschicht der Abdichtung

Bild 11. Mit Spritzbeton ausgekleideter Tunnel. Tragschicht der Abdichtung

de das tragende Stahlskelett des damals höchsten Gebäudes der Welt, des 55stöckigen Woolworth Building in New York, mit Spritzmörtel ummantelt.

Die folgende Zusammenstellung umfasst nur Schichten, die auf eine bleibende Unterlage (Auftragsfläche) gespritzt werden; ausgenommen sind also selbsttragende Strukturen wie Wände, Dächer, Kuppeln, Häuser und Behälter:

Verkleidungen und Verblendungen

von Beton, Mauerwerk, Fels zur Überdeckung von Herstellungsfehlern, als Verputz, zur Oberflächenglättung und zur Reibungsverminderung (Bilder 6 bis 9)

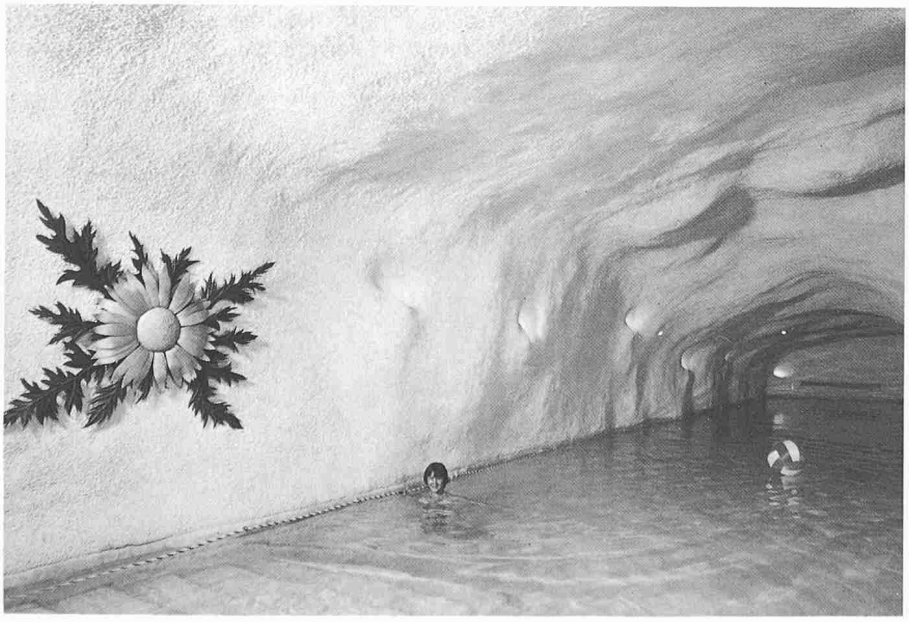
Ausgleichs- und Tragschichten

auf Erdreich, Fels, Beton, Mauerwerk, Pfähle, Schlitzwände, Schalungen und Dämmplatten als Untergrund für Verputze, Anstriche, Beschichtungen und Abdichtungen (Bilder 10 und 11)

Deck-, Schutz- und Stützschichten

von Abdichtungen gegen Beschädigung; von verwitterungsanfälligem Fels, von Böschungen und Schüttgütern gegen Erosion; von Stahlbauten, Rohren und Tanks gegen Korrosion durch Feuchtigkeit und Gase sowie gegen Beschädigungen; von Beton vor Verwitterung und gegen Flüssigkeiten wie Abwasser, Treibstoffe und Meerwasser; von Holz gegen Fäulnis (Bilder 3 sowie 12 bis 16)

Bild 12. Mit Spritzbeton ausgekleidete Kaverne. Stützschicht der Abdichtung (Foto H. Germond, Lausanne)



Dichtende und dämmende Schichten

auf Mauerwerk, Beton, Verbau, Stahl, Holz, Fels und Erdreich gegen Wasser, Gas, Luft, Hitze, Kälte, Schall, Korrosion und Fäulnis (Bilder 17 bis 19)

Feuerfeste Verkleidungen und Ummantelungen

von Stahl und Mauerwerk im Hüttenwesen und im Stahlbau (Bild 5)

Feuchtigkeitsabsorbierende Schichten

im Untertagebau

Reprofilierungsschichten

auf Beton zur Ausbesserung von Schadstellen und zur Bettung und Überdekkung von Bewehrungen (Bilder 20 und 21)

Instandsetzungen und Verstärkungen

von Bauten aus Mauerwerk, Beton und Stahl zur Reparatur von Schäden, zur Aussteifung und zur Vergrösserung des Nutzquerschnittes (Bilder 4, 19 und 22)

Verschleissschichten

auf Stahl, Mauerwerk und Beton zum Schutz gegen Abrieb durch Schüttgüter, Geschiebe und Eis sowie andere mechanische Beanspruchungen

Ballastschichten

auf wasserversenkte Rohrleitungen zur Stabilisierung (Bild 23)

Beläge

auf Gehwege, Fahrbahnen und Pisten.

Streng genommen wird Spritzbeton nicht nur bei den erwähnten Verwendungszwecken, sondern in fast allen denkbaren Anwendungsfällen als dünne Schicht gebraucht. Selbst wenn die

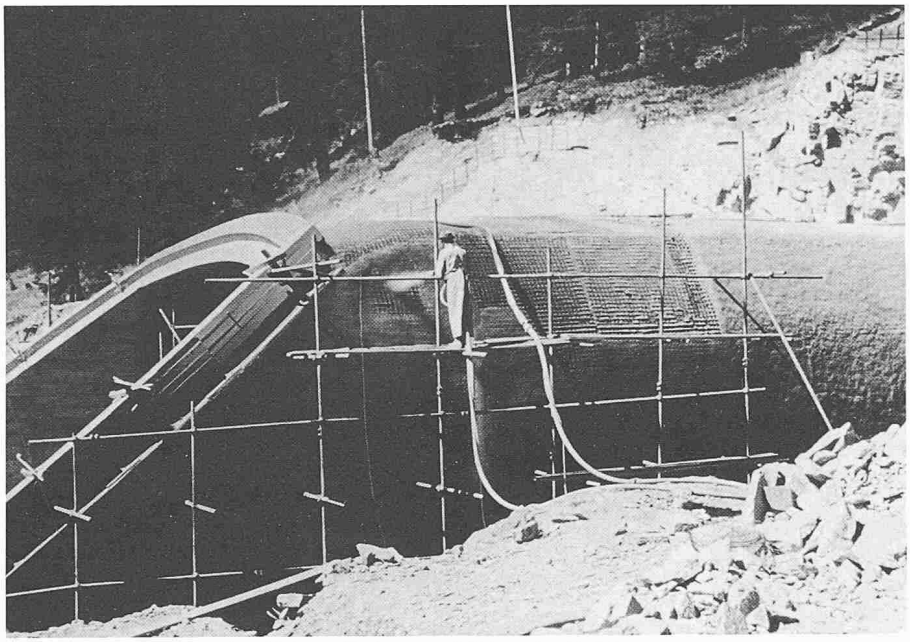


Bild 13. Mit Spritzbeton beschichteter Tagbautunnel. Schutz der Abdichtung

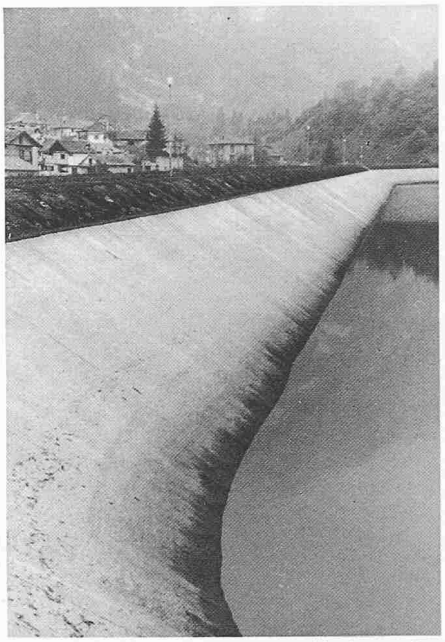


Bild 14. Mit Spritzbeton ausgekleidetes Ausgleichsbecken. Stützschicht der Abdichtung

vordergründige Wirkungsweise des Spritzbetons nicht die einer herkömmlichen Verkleidung oder Beschichtung ist, etwa bei einem freitragenden Gewölbe, bei einer Felskonsolidierung oder bei einer Bassinauskleidung, ist der Spritzbeton ausführungstechnisch doch fast immer - zumindest teil- und zeitweise - dünnschichtig, hat also eine vergleichsweise sehr grosse Oberfläche. Davon gibt es nur sehr wenige Ausnahmen, beispielsweise das Ausfugen von Natursteinmauerwerk oder das Verfüllen von Klüften bei der Felsverfestigung. Die folgenden Ausführungen gelten also für fast alle fachgerechten Spritzbetonanwendungen.

Haftung an der Auftragsfläche

Soll Spritzbeton möglichst fest haften, beispielsweise bei Betonsanierungen oder bei der Verfestigung von Fels, so ist die Kontaktfläche zu säubern und aufzurauhen. Der Spritzbeton haftet um so besser, je fester, rauher und sauberer die Auftragsfläche ist. Mit der Haftung von Spritzbeton an Fels hat sich kürzlich eine Forschungsarbeit der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich befasst [9].

Dank der zunehmenden Verwendung von Spritzbeton zur Sanierung schadhafter Betonbauten weiss man heute über den Verbund zwischen Spritzbeton und Beton recht gut Bescheid.

Wie ist in diesem Zusammenhang der Nutzen sogenannter Haftvermittler oder Haftbrücken zu beurteilen? Das sind chemische Produkte, mit denen man Betonflächen beschichtet, damit aufzutragende Mörtelschichten besser haften. Können sie auch den Verbund zwischen Spritzbeton und Beton verbessern? Das Zusammenwirken von Spritzbeton und Beton ist ein «System», das sich aus der Zugfestigkeit des Betons, aus derjenigen des Spritzbetons und aus der Haftung zwischen Beton und Spritzbeton zusammensetzt. Massgebend für die Festigkeit des Systems ist der schwächste dieser drei Faktoren. Geht man davon aus, dass fachgemäss hergestellter Spritzbeton sehr zugfest ist, so wird der Zusammenhalt des Systems durch die Festigkeit des Betons sowie durch den Verbund an der Kontaktfläche bestimmt. Ist der Altbeton von guter Qualität, so dürfte nach dessen gründlicher Reinigung und gewissenhaftem Aufrauhen der Spritzbeton ausreichend haften. In diesem Fall kann ein Haftvermittler nichts wesentlich verbessern. Wird guter Spritzbeton hingegen auf (noch so gut vorbehandelten) Altbeton geringer Festigkeit aufgetragen, so ist der Haftvermittler nutzlos, weil er ja die Eigenschaften des Altbetons nicht zu verbessern vermag;

Bild 15 Mit Spritzbeton konsolidierte Felsen des Rheinfalles bei Schaffhausen. Erosionsschutz

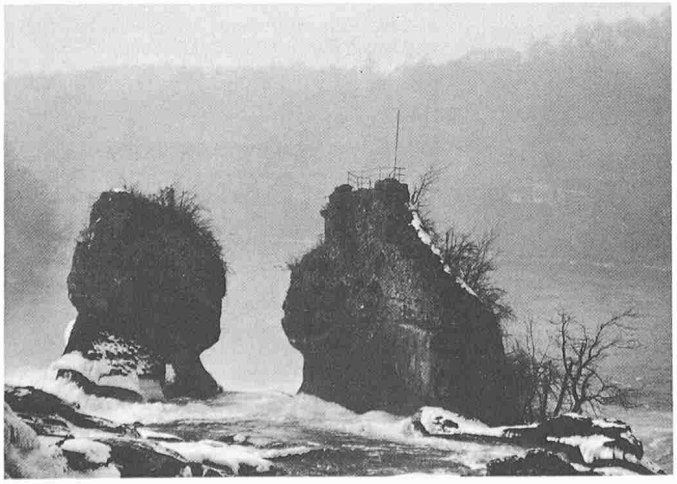
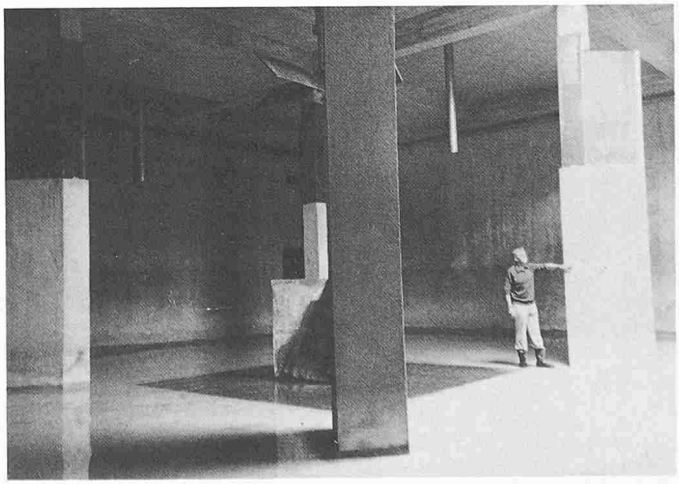


Bild 16. Mit Spritzbeton ausgekleidetes Belebungsbecken einer Kläranlage. Schutz des Betons vor aggressivem Wasser



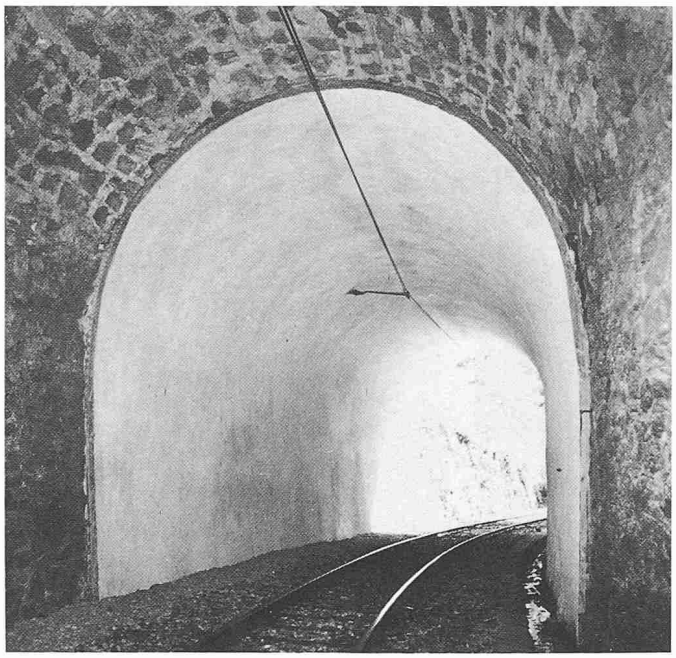


Bild 17. Mit Spritzbeton beschichtetes Tunnelgewölbe. Abdichtung

Bild 18. Mit Spritzbeton ausgekleidete Fischzuchtbecken. Abdichtung

die künstliche Haftbrücke würde beim Zugversuch die Bruchstelle nur um einen Millimeter in den Altbeton verschieben.

Armierung

Spritzbetonschichten kann man bewehren, beispielsweise zur Aufnahme von Schwindspannungen oder zur statischen Verstärkung. Meist verwendet man Baustahlmatten, also Netze aus verschweisstem Stahldraht (Bild 24). Sie weisen Maschenweiten zwischen fünf und fünfzehn Zentimeter sowie Drahtstärken zwischen zwei und etwa acht Millimeter auf. Auch herkömmliche Rundstähle können als Armierung dienen. Zur Krafteinleitung und zum Korrosions- und Brandschutz sollte die Bewehrung mit zumindest drei Zentimetern Spritzbeton überdeckt werden. Andernfalls kann man wenigstens den Rostschutz gewährleisten, indem man verzinkte Armierungsnetze oder Rundstähle verwendet.

Sofern statische Gründe es erfordern, etwa bei der Verstärkung von Betonbauten, kann die Bewehrung der Spritzbetonschicht mit dem Altbeton oder mit dessen Bewehrung verbunden werden, beispielsweise durch angeschweisste Eisen oder durch Dübel. Der flächenhafte Verbund zwischen Spritzbeton und Altbeton hingegen ist in der Regel mit Verbindungseisen oder Dübeln auf wirtschaftliche Weise nicht zu bewerkstelligen; er muss vielmehr durch die zweckmässige Vorbereitung des Altbetons, also durch die innige Haftung des Spritzbetons gewährleistet werden. Diese dürfte wenigstens 0.5 N/mm² betragen, also 50 Tonnen je Quadratmeter. Wollte man den gleichen Verbund mit Dübeln von beispielsweise zwei Tonnen Tragfähigkeit schaffen, brauchte es 25 Dübel – einen alle zwanzig Zentimeter im Geviert!

Aussehen und Struktur

Oft sind das Aussehen und die Oberflächenstruktur einer Spritzbetonschicht wichtig, etwa bei Verputzen, bei Schutzschichten oder bei Auskleidungen von Wasserbauten, die der Reibungsverminderung dienen. Man muss wissen, dass die Oberfläche von Spritzbeton rauh («spritzrauh») bleiben oder nahezu beliebig bearbeitet werden kann. Die natürliche Rauhigkeit der Spritzbetonoberfläche hängt weitgehend von der Kornzusammensetzung der verwendeten Zuschlagstoffe ab. Je gröber das Grösstkorn, desto rauher die Oberflächenstruktur. Die Rauhigkeit lässt sich also vermindern, indem man für die letzte (Deck-)Schicht mehr oder weniger feinkörnigen Sand verwendet.

Ist die Spritzbetonoberfläche zu bearbeiten, kann man dafür eine besonders feinkörnige und etwas zementreichere Schicht auftragen. Die Spritzbetonober-

Bild 20. Mit Spritzbeton sanierte Wasserseite einer Staumauer. Reparatur von Frostschäden

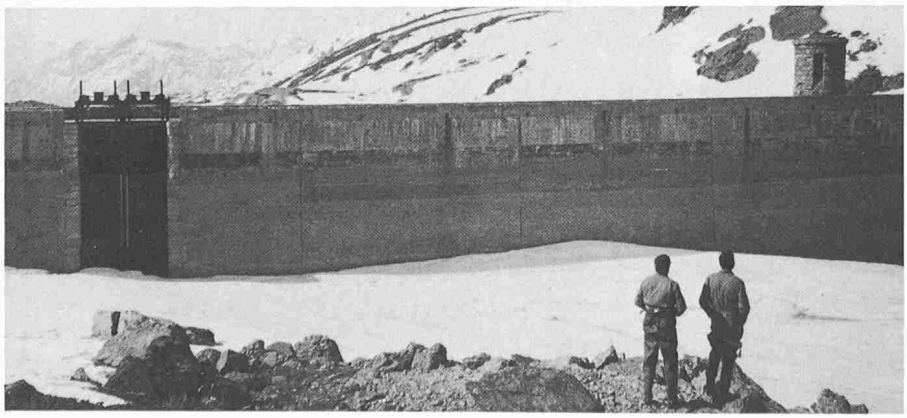
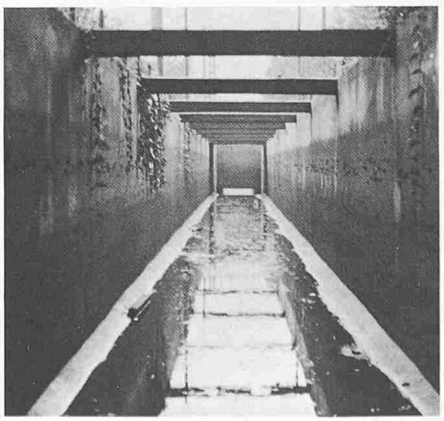


Bild 19. Mit Spritzbeton ausgekleideter Kraftwerkkanal. Reparatur und Abdichtung



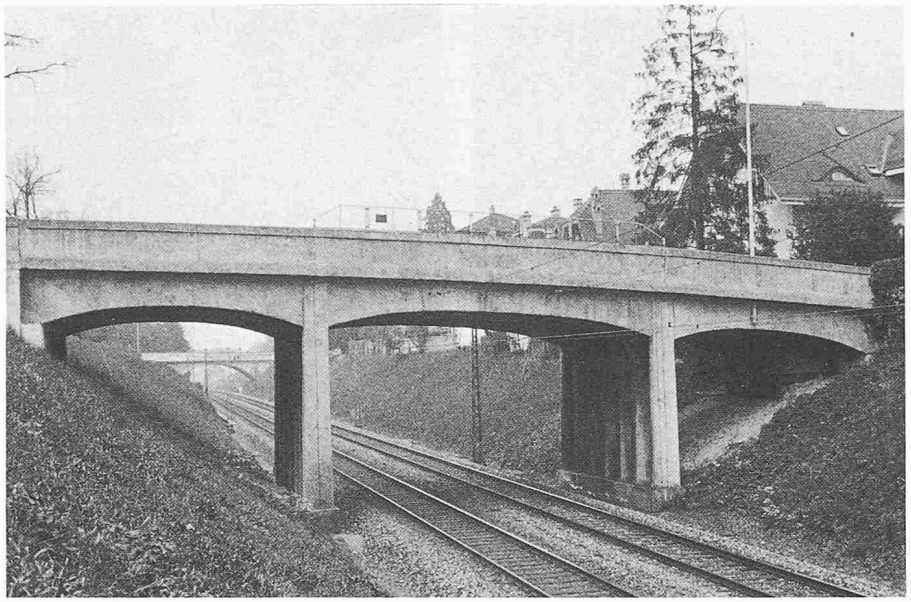


Bild 21. Mit Spritzbeton sanierte Stahlbetonbrücke. Betondeckung der Armierung

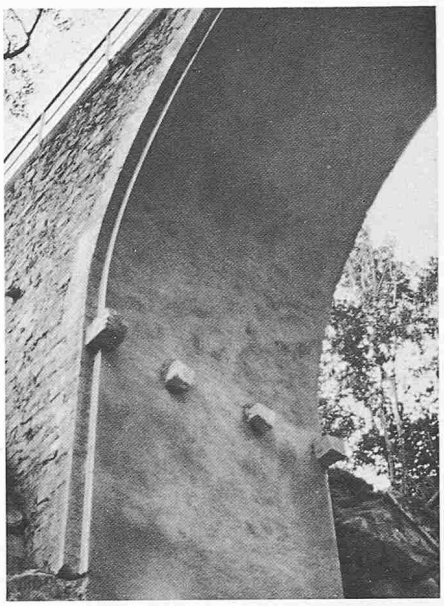


Bild 22. Mit Spritzbeton verstärkte Brücke aus Natursteinmauerwerk

fläche lässt sich profilgerecht abziehen, verputzartig strukturieren, abreiben und glätten. Durch zweckmässiges Schalen können selbstverständlich auch Kanten und Kehlen, Ränder, Fugen und Aussparungen geschaffen werden. Vor allem bei spritzrauh bleibenden Flächen ist zu beachten, dass sich an den Nahtstellen nacheinander ausgeführter Spritzbetonflächen geringfügige, aber (besonders im Streiflicht) sichtbare Unterschiede der Oberflächenstruktur ergeben können.

Streifenförmige Rauhigkeitsunterschiede und bänderartige Wolkung treten naturgemäss besonders häufig bei Flächen auf, die von (zu schmalen) Gerüsten aus gespritzt worden sind.

Spritzbetonflächen, die zeitlich gestaffelt entstehen, können einen unterschiedlichen Grauton aufweisen, die sogenannte «Wolkung». Sie ist auf geringfügige Unterschiede der Wasserverteilung an der Spritzbetonoberfläche zurückzuführen und lässt sich nicht gänzlich vermeiden. Wo sie stört, bleibt nicht anderes übrig, als die Oberfläche zu streichen. Zur Färbung der Spritzbetonoberfläche kann man dem Trockengemisch der letzten Schicht geeignete Farbstoffe beifügen und dadurch praktisch alle gewünschten «Naturfarben» erzielen.

Nachbehandlung

Die vielseitige Verwendung von Spritzbeton für dünne Beschichtungen aller Art beruht vorwiegend auf seinen vorzüglichen Eigenschaften. Diese lassen sich freilich nur erzielen, wenn man die Regeln der Kunst gewissenhaft beachtet. Dazu gehört die sorgfältige Nachbehandlung. Sie ist unerlässlich, weil die Oberfläche von Spritzbeton im Vergleich zu seiner Masse fast immer übergross ist. Dank ausreichender Feuchthaltung sollte der Spritzbeton so weit erhärten können, dass er die unvermeidlichen Schwindspannungen weitgehend aufzunehmen vermag. Gleich nach dem Auftragen muss er vor dem Austrocknen geschützt werden, das heisst also vor trockener Luft, Sonnenbestrahlung und Wind. Die beste Nachbehandlung ist eine Luftfeuchtigkeit von mehr als neunzig Prozent. Wo sich das nicht erreichen lässt, muss man sich

Kennzahlen von Spritzbeton

Voraussetzungen:
Trockenspritzverfahren; Trockengemisch hergestellt aus 350 kg Portland-Zement und aus 1000 Liter rundem Kiessand der Körnung 0–10 mm (= Standardmischung)

Trockenrohdichte	ϱR	= 2100–2200 kg/m³
E-Modul nach 28 Tagen	E	~25 000 N/mm²
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	β_{w28}	> 35 N/mm²
Druckfestigkeit nach einem Jahr	β_{w360}	~ 50 N/mm²
Spaltzugfestigkeit nach 28 Tagen	β_{sz}	~3 N/mm²
Durchlässigkeitskoeffizient nach Darcy	k_w	< 25×10^{-10} m/sec
Haftfestigkeit an sandgestrahltem Beton (Spritzbetonalter 28–510 Tage)		= 0,5–4,5 N/mm²
Frostbeständigkeit, Widerstandsfaktor		> 50%

Bild 23. Mit Spritzbeton ummanteltes Dükerrohr. Schutz vor Beschädigung, Ballastschicht (Foto Torkret GmbH, Essen)

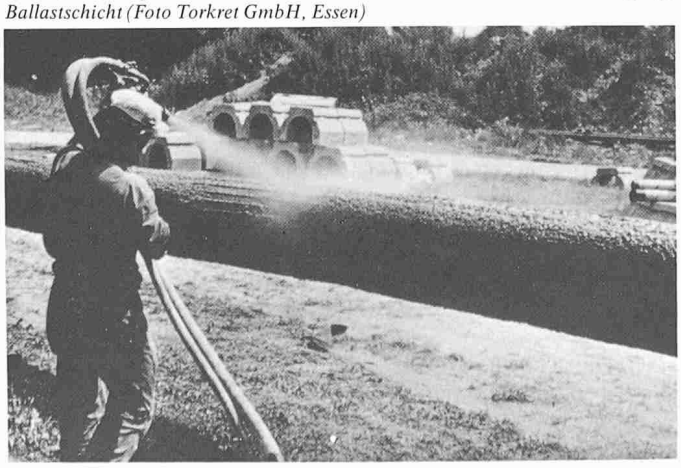


Bild 24. Stahldrahtnetz als Armierung von Spritzbeton. Verstärkung einer Silowand

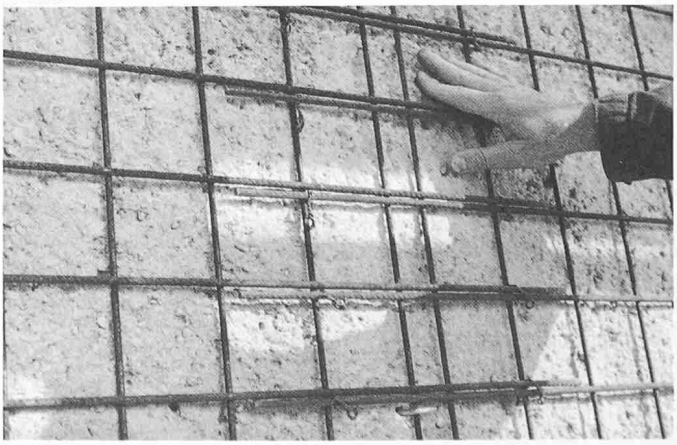


Bild 25. Nachbehandlung von Spritzbeton durch Umwickeln mit Plastikfolie

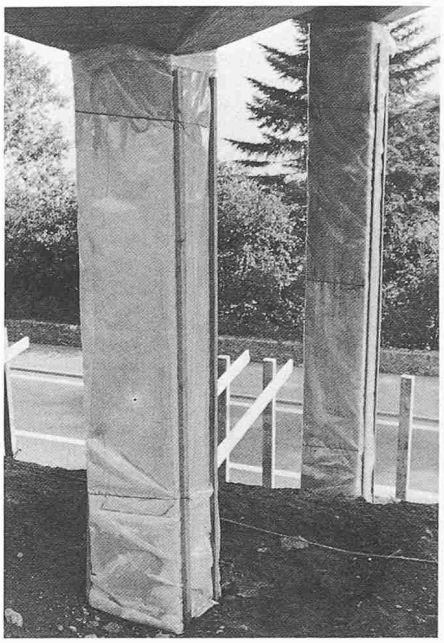


Bild 26. Nachbehandlung von Spritzbeton mit Regnern

möglichst anders behelfen. Man kann den frischen Beton beispielsweise mit Blachen oder Folien decken oder mit nebelfein versprühtem Wasser befeuchten. Sobald der Spritzbeton abgebunden hat, kann man ihn mit Wasser überrieseln oder überschwemmen (Bilder 25 und 26).

Seiner Dünnschichtigkeit wegen kann Spritzbeton auch sehr rasch auskühlen. Wie die jüngste Forschungsarbeit des Instituts für Bauplanung und Baubetrieb der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich ergeben hat, führt das zu nachhaltigen Festigkeitseinbussen [10].

Spritzbeton zu verwenden, ist in vielen Fällen dauerhafter und wirtschaftlicher als andere Lösungen, besonders im Waserbau, bei der Instandsetzung schadhafter Bauwerke aus Mauerwerk und Beton und bei der endgültigen Auskleidung von Tunnels und Kavernen. Ausschlaggebend ist freilich, dass man Spritzbeton sorgfältig herstellt und richtig anwendet.

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] *Teichert, P.:* Eigenschaften von Spritzbeton und ihre Prüfung; Schweizer Ingenieur und Architekt, Hefte 14 und 16, 1984

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

[8] *Teichert, P.:* Spritzbeton zur Sanierung von Beton; Bautenschutz und Bausanierung, Heft 3, 1984

[9] *Ammon, C.:* Haften von Spritzbeton an Fels, Beton und Tunnelsteinen; Institut für Bauplanung und Baubetrieb, ETH Zürich, März 1985

[10] *Hodel, N.:* Einfluss von tiefen Temperaturen auf die Qualität von Spritzbeton; Institut für Bauplanung und Baubetrieb, ETH Zürich, März 1986

Weniger Einzelpersonen als Bauherren

(wf) Im Jahre 1985 entstanden in der Schweiz in Gemeinden mit 2000 und mehr Einwohnern insgesamt 32 506 neue Wohnungen. Diese fanden in 10 547 neuen Gebäuden Platz. Ein Gebäude beherbergte damit im Mittel rund 3 Wohnungen.

- Von *Einzelpersonen* wurden 1985 noch 43,5% der Neubauwohnungen erstellt (im Durchscnitt der Jahre 80-85 waren es 49,2%);
- *juristische Personen* bauten 42,7% (80-85 39,8%);
- *Baugenossenschaften* errichteten 10,8% (80-85 8,6%);
- *öffentliche Körperschaften* hatten einen Anteil von 3% (80-85 2,4%).

Deutlich zugenommen hat also der Anteil der juristischen Personen unter den Bauherren. Dazu gehören (ohne die gemeinnützigen Baugenossenschaften) z. B. Versicherungen, Banken, Handels- und Industriefirmen, private Pensionskassen und Stiftungen, Vereine usw. Seit der Einführung der obligatorischen zweiten Säule der Altersvorsorge verfügen insbesondere die privaten Pensionskassen über vermehrte Mittel zur Anlage in Immobilien.