Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 72 (1980)
Heft: 10

Artikel: Spritzbeton für Wasserbauten
Autor: Teichert, Pietro
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941413

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. Siehe Rechtliche Hinweise.

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. Voir Informations légales.

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. See Legal notice.

Download PDF: 17.05.2025

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

Spritzbeton für Wasserbauten

Pietro Teichert

Zusammenfassung

Spritzbeton haftet innig an der Auftragsfläche, weist hohe Festigkeiten auf und ist sehr dicht und frostbeständig. Er eignet sich deshalb vorzüglich zur Anwendung im Wasserbau. Diese umfasst die Instandsetzung schadhafter Bauten aus Mauerwerk und Beton, etwa Ufermauern, Wehre und Staumauern, Tosbecken, Brückenpfeiler und Kanäle. Spritzbeton verwendet man mit Vorteil zur wasserdichten Auskleidung von Teichen, Reservoiren und Becken sowie von Kanälen, begehbaren Kanalisationen und Stollen. Auch Behälter werden aus Spritzbeton hergestellt.

Résumé: Béton projeté pour ouvrages hydrauliques

Le béton projeté adhère solidement à son support et possède de hautes résistances mécaniques; il est très étanche et résiste au gel. Il se prête, par conséquent, particulièrement bien à la construction et à l'entretien d'ouvrages hydrauliques. Son emploi s'étend à l'assainissement et au renforcement de travaux de maçonnerie et de travaux en béton, tels que les murs de rive, les barrages, les bassins d'amortissement, les piliers de ponts et les canaux. Le béton projeté présente encore de nombreux avantages pour le revêtement et l'étanchement d'étangs, de bassins et de canaux, de canalisations de gros diamètre et de galeries. On utilise aussi le béton projeté pour la construction de réservoirs et de citernes.

Sommario: Il calcestruzzo spruzzato per opere idrauliche

Il calcestruzzo spruzzato aderisce saldamente al supporto, possiede ottime resistenze meccaniche, è praticamente impermeabile e resiste al gelo. Perciò si presta alla costruzione ed al ripristino di opere idrauliche. Il suo impiego comprende la riparazione ed il rinforzo di lavori in muratura e in calcestruzzo, ad esempio muri di riva e di porti, sbarramenti e dighe, vasche di smorzamento, pilastri di ponti e canali. Il calcestruzzo spruzzato serve inoltre al rivestimento ed all'impermeabilizzazione di stagni, bacini e piscine, di canali, collettori accessibili e gallerie. Permette anche la costruzione economica di serbatoi e cisterne.

Einleitung

Das als bekannt vorausgesetzte Spritzbetonverfahren hat sich in den letzten drei Jahrzehnten in zahlreichen Baubereichen sehr stark ausgebreitet, vor allem im Untertagebau. Dass es auch im Wasserbau vorzügliche Dienste leistet, möchte der folgende Aufsatz darlegen.

Sorgfältig hergestellter Spritzbeton haftet gut an der Auftragsfläche, weist eine hohe Druckfestigkeit und eine geringe Wasserdurchlässigkeit auf. Weil er in etwa zwei Zentimeter dünnen Schichten aufgespritzt wird, passt er sich der Unterlage an; ausserdem kann die Spritzbetonoberfläche bearbeitet werden. Deshalb eignet sich Spritzbeton sehr gut für den Bau und die Instandsetzung von Wasserbauten wie Ufer- und Stauanlagen, Teichen, Weihern und Becken, Kanälen, Gerinnen und begehbaren Kanalisationen, Wasserstollen und Kavernen sowie für Behälter aller Art.

Eigenarten des Spritzbetons

Bei Wasserbauten ist neben der Festigkeit die niedrige Permeabilität des Spritzbetons am wichtigsten. Sie ist auf die hohe Zementsteindichtigkeit zurückzuführen, die ihrerseits durch das geringe Kapillarporenvolumen und das Fehlen langläufiger Schwindrisse bedingt ist. Diese Vorzüge sind der besonderen Herstellungstechnik zu verdanken, nämlich dem Aufspritzen mit Druckluft, dem Aufbau in Schichten sowie der dichten Gefügestruktur. Wenn die einzelnen Schichten zeitlich gestaffelt aufgetragen werden, so kann jede Schicht grösstenteils schwinden, bevor die nächste aufgetragen wird. Deshalb bilden sich in der Gesamtstärke des Spritzbetons nur vereinzelte durchgehende Schwindrisse. Je nach den Verhältnissen ist zur Aufnahme der Schwind- und Temperaturänderungsspannungen eine Armierung nötig.

Nach Darcy weist wasserdichter Beton einen Durchlässigkeitskoeffizienten k_w von höchstens $50 \cdot 10^{-10}$ m/s auf. Guter Spritzbeton erreicht Werte zwischen 6 und $15 \cdot 10^{-10}$ m/s. Sie beziehen sich auf Spritzbeton, dessen Trockengemisch aus 1000 Liter erdfeuchter Zuschlagstoffe der Körnung 0 bis 10 mm und 333 kg Portlandzement ohne Zusätze aufbereitet worden ist. Der gleiche Spritzbeton besitzt eine 28-Tage-Druckfestigkeit von wenigstens 35 N/mm².

Spritzbeton ist auch sehr frostbeständig, weil er neben hoher Dichtigkeit ein günstiges Makroporenverhältnis aufweist. Das ist bei Wasserbauten besonders wichtig, da die

Bild 1: Mit Spritzbeton verstärkte Ufermauer aus Natursteinmauerwerk in St. Moritz-Bad.

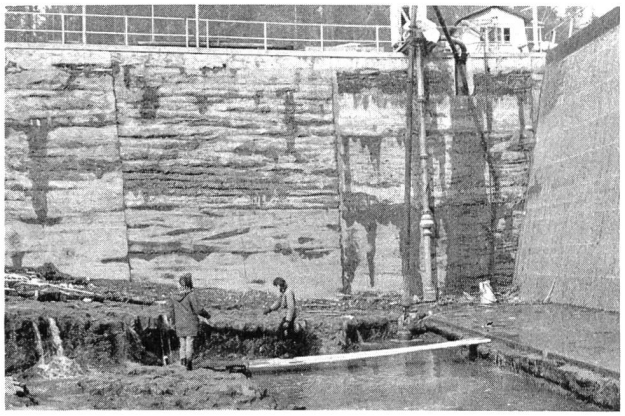
Bild 2: Mit Spritzbeton verfestigte Hafenmauer aus Natursteinmauerwerk in Porto Ronco, Tessin.

benetzten Bauteile zumeist vollständig mit Wasser gesättigt und am Spülsaum der höchsten Frostbelastung ausgesetzt sind.
Der Anwendung im Wasserbau kommt auch zustatten, dass der Spritzbeton innig an der Auftragsfläche haftet und deren Vertiefungen satt ausfüllt. Das ist von Vorteil, wenn sich Auftragsfläche und Spritzbeton wasserdicht verbinden oder statisch zusammenwirken sollen, und wenn es gilt, Mauerwerk auszufugen. Der Auftrag in Schichten ist ein weiterer Vorzug des Spritzbetons: Dieser erlaubt, die Gesamtstärke unabhängig von ausführungstechnischen Zwängen allein nach konstruktiven Gesichtspunkten zu bemessen, was vor allem bei Instandsetzung ausgedehnter Beton- und Mauerflächen wichtig ist, aber auch bei dichtenden Auskleidungen oder beim Bau dünnwandiger Behälter.
Dass man die Spritzbetonoberfläche beliebig bearbeiten kann, kommt den Erfordernissen des Wasserbaus ebenfalls entgegen. Die vom Spritzen herrührende Rauheit der Oberfläche begünstigt den Ansatz von Algen und anderem Bewuchs, was bei bestimmten Wasserbauten erwünscht ist, etwa bei Schulweihern, Zierteichen oder Fischzuchtanlagen. In Gerinnen, Kanälen und Stollen hingegen kommt es auf günstige Strömungsverhältnisse an; das erreicht man, indem die Spritzbetonoberfläche fluchtgerecht abgezogen sowie geglättet und abgerieben wird. Man kann den Spritzbeton auch färben.
Beim Bau von Reservoiren und Bassins kann Spritzbeton auf beliebig geformte, einhäuptige Schalungen gespritzt werden. Deshalb kann man aus Spritzbeton sehr dünnwandige Behälter bauen, etwa Tanks und Reservoire, aber auch Schwimmbecken.

Instandsetzung von Mauerwerk und Beton

Zahlreiche Wasserbauten leiden unter der Verwitterung sowie unter dem Abrieb durch Geschiebe und Eisfracht. Auch sind Frostschäden am Spülsaum sowie wegen der Auslaugung und Auskolkung durch strömendes Wasser häufig. Sie zeigen sich meist in Form von Hohlstellen, Rissen und Abplatzungen, freigelegten Kiesnestern, verrottetem Fugenmörtel und Undichtigkeit. Schäden dieser Art sind besonders häufig an Ufer- und Hafenmauern (Bilder 1 und 2), Schleusen und Wehren, an Staumauern, Tosbekken, Wasserfassungen und Einlaufbauwerken (Bild 3), an Brückenpfeilern, Kanälen und Gerinnen sowie in Ausgleichsbecken.
Fast ausnahmslos können solche Bauwerke mit Spritzbeton instandgesetzt werden. Er eignet sich nicht nur zur Reparatur der Schäden, sondern auch zu vorbeugenden Verstärkungen und Beschichtungen. Beispielsweise kann ein

Bild 3: Schadhafte Betonwand des Einlaufbauwerkes des Kraftwerks Wynau (Oberwasserkanal) vor der Sanierung mit Spritzbeton.



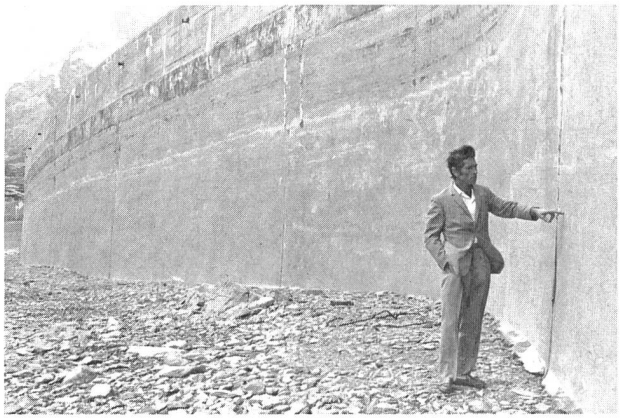


Bild 4: Mit Spritzbeton reparierte Wasserseite der Betonstaumauer Nord des Lago Bianco der KW Brusio AG.

Kanal aus Natursteinmauerwerk, dessen benetzter Querschnitt mit einem Mörtelverputz ausgekleidet ist, mit Spritzbeton saniert werden: Nach dem Abschlagen des schadhaften Verputzes und gründlicher Vorbereitung der Mauerwerksfläche füllt man die zuvor ausgekratzten Fugen mit Spritzbeton; danach erhält der Kanal eine innere Auskleidung aus armiertem Spritzbeton.
Auf ähnliche Weise lässt sich etwa auch die reparaturbedürftige Wasserseite eines Betonstauwehrs instandsetzen. Meist bestehen verschieden tiefreichende Schadstellen, die auf Materialfehler oder auf Frosteinwirkung zurückzuführen sind. Oft treten in der Folge auch Undichtigkeiten auf. Nach gründlicher Reinigung werden zuerst die Unebenheiten mit Spritzbeton ausgefüllt und dadurch die ursprüngliche Flucht wiederhergestellt. Anschliessend verkleidet man die sanierte Mauerfläche mit einer vollflächigen Spritzbetonschicht von genügender Stärke und Dichtigkeit (Bild 4).
Bei solchen Sanierungen ist es von Vorteil, dass der Spritzbeton satt an der Auftragsfläche haftet und deren Unebenheiten und Hohlräume fugenlos ausfüllt, so dass er sich mit der Betonunterlage monolithisch zusammenfügt. Die Auftragsfläche des Spritzbetons muss sehr sorgfältig vorbereitet werden. Gründlich zu entfernen sind alle Substanzen, die den innigen Verbund zwischen Alt und Neu beeinträchtigen könnten, also Schlamm, Algen, Verputze und verwitterte Beton- oder Steinteile. Man behilft sich in der Regel mit Handwerkzeugen sowie Druckluft- und Elektrogeräten wie Abbauhämmern, Kreuzmeisseln oder Nadelpistolen. Alsdann wird die Auftragsfläche meist durch Sandstrahlen gründlich gesäubert. Dieser Arbeitsgang ist für die gute Haftung des Spritzbetons auch deshalb sehr wichtig, weil er im Beton allerfeinste Poren aufreisst. In

Bild 5: Nierenförmiges Schwimmbassin mit Insel, beide aus Spritzbeton (Aldesago, Tessin).

diese dringen dann unter der Wucht des Spritzstrahles Zementleim und Mehlkorn ein, die nach der Erhärtung die innige Verzahnung gewährleisten. Spritzbeton-Auftragsflächen können auch mit dem Hochdruckwasserstrahl gereinigt werden.
Unmittelbar vor der Beschichtung mit Spritzbeton muss die Auftragsfläche gründlich gewaschen und mit Wasser gesättigt werden. Andernfalls besteht die Gefahr, dass sie dem frischen Spritzbeton einen Teil des Wassers entzieht und dadurch dessen Hydratation und somit seine Festigkeit beeinträchtigt.
Flächenhafte Spritzbetonschichten verstärkt man oft mit Armierungen aus Stahldrahtnetz. Sie sind auch nötig, um Temperatur- und Schwindspannungen aufzunehmen und dadurch die Zahl dichtigkeitsmindernder Risse zu verringern. Die Armierungsnetze können durch Dübel oder Kurzanker mit der Auftragsfläche verbunden werden.

Teiche, Weiher, Becken

Spritzbeton bedarf keiner Schalung, sondern kann auf beliebig geformte Flächen aufgetragen werden. Dies macht man sich zunutze beim Bau von Schwimmbassins (Bild 5), Fischzuchtbecken (Bild 6), Zier- und Lehrweihern (Bild 7), Bade- und Feuerteichen. Zur wasserdichten Auskleidung trägt man den Spritzbeton direkt auf den gewachsenen Boden und die Wände der Baugrube auf. Dabei spielt die Grundrissform weder für die Ausführung noch für die Kosten der Arbeit eine Rolle, ganz im Gegensatz zum geschalten Beton, wo gekrümmte Flächen wesentlich teurer sind als ebene. Ist der Boden nicht standfest genug, um der Baugrube die gewünschte Form zu geben, oder ragt das Bassin teilweise über das Terrain hinaus, so kann der Spritzbeton auf eine leichte, einhäuptige, beliebig geformte Schalung gespritzt werden (Bild 8). Kann man ihn aber direkt auf das anstehende Erdreich auftragen, so ergibt sich ein weiterer Vorteil: Die Unebenheiten der Baugrubenwände und des Bodens werden satt ausgefüllt, so dass später keine Setzungen auftreten. Besonders beim Bau von Schwimmbassins, die ja vielfach in bestehenden Gärten angelegt werden, erweist sich die Schlauchförderung des Spritzbetons als weiterer Vorzug. Die flexible Förderleitung passt sich allen Richtungs- und Steigungsänderungen zwischen Spritzbetonmaschine und Düse an, sie durchfährt Engpässe und überquert Hindernisse. Diesen Vorteil bietet der Spritzbeton auch sonst überall, wo die Spritzbetonmaschine nicht unmittelbar am Arbeitsort aufgestellt werden kann.
Von der Verkleidung mit Spritzbeton können beispielsweise Findlinge oder anstehender Fels ausgespart werden; umgekehrt lassen sich bestehende Konstruktionen mit dem Spritzbeton so überdecken, dass ihre Konturen verschwinden. Diese Möglichkeit nützt man bei der Anlage von Zierweihern sowie von Absperrgräben und Wasserbecken in zoologischen Gärten. Das Problem der Wärmeisolation bei Schwimmbassins lässt sich mit Spritzbeton leicht lösen. Man kann ihn auf Dämmplatten spritzen oder den Spritzbeton selbst isolierstark machen, indem man anstelle der üblichen Zuschlagstoffe besonderes Dämmaterial verwendet, beispielsweise Blähton. Leitungen und Röhren können unter der Spritzbetonverkleidung verlegt und versteckt werden.
Grössere Weiher, Teiche und Becken weisen meist flach abgeböschte Ränder auf. Dort kann unter dem Spritzbeton angesammeltes Wasser im Winter Frosthebungen hervorrufen. Um diese zu verhindern, versieht man die Böschungen und nötigenfalls auch den Boden vor dem Auftrag des

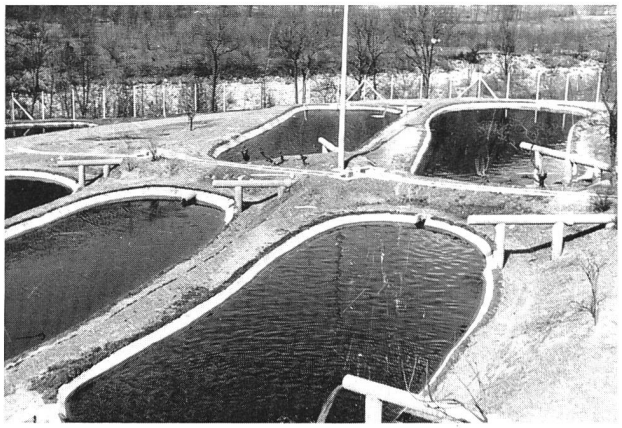


Bild 6: Fischzuchtbecken aus Spritzbeton in Golino, Tessin.

Bild 7: Lehrweiher aus Spritzbeton in Savosa, Tessin.

Bild 8: Einhäuptige Schalung aus Pavatex für ein Schwimmbassin aus Spritzbeton (Montagnola, Tessin).

Bild 9: Mit Spritzbeton sanierter Zuleitungskanal samt Einlaufbauwerk aus Natursteinmauerwerk in Ponte Brolla, Tessin.

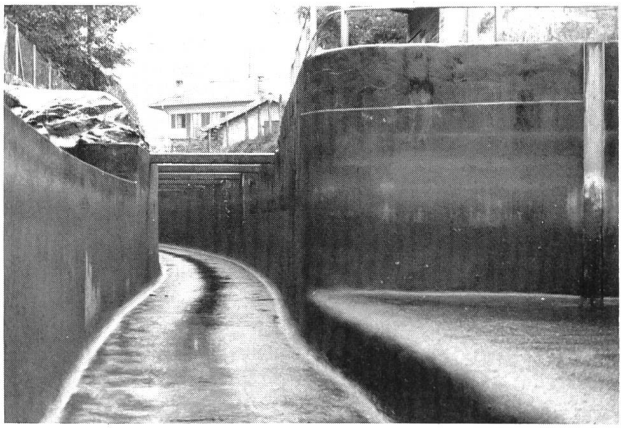
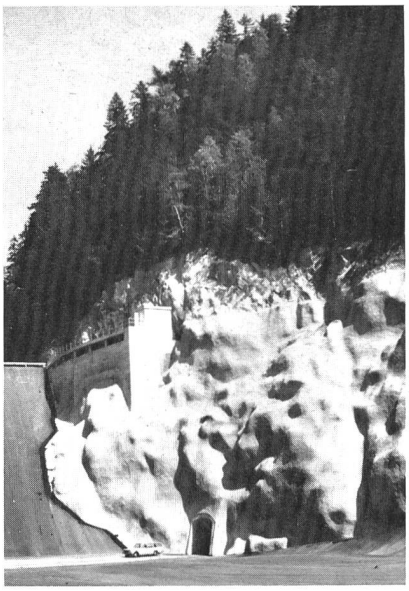


Bild 10, links: Mit Spritzbeton ausgekleideter Abwassersammelkanal in Sonceboz, Kanton Bern.

Bild 12, rechts: Mit Spritzbeton versiegelte Felspartie des Ausgleichsbeckens Le Châtelard.



Spritzbetons mit einer genügend dicken Sickerschicht aus Kies oder gepackten Steinen.

Gerinne, Kanäle und begehbare Kanalisationen

Beim Bau von Kanälen für Abwasser, Bewässerung und Drainage kann man an Stelle von Beton oder Mauerwerk zur Befestigung und Abdichtung der Wände und des Bodens Spritzbeton benützen. Er wird direkt auf das zuvor fachmännisch planierte Erdreich oder auf Fels aufgetragen. Kanal-Auskleidungen aus Spritzbeton sind in der Regel 10 bis 15 cm dick und werden zweckmässig armiert sowie durch Querfugen unterteilt. In den Vereinigten Staaten sind schon vor mehr als fünfzig Jahren Hunderte von Kilometern lange Bewässerungskanäle mit Spritzbeton ausgekleidet worden.

Bei uns verwendet man den Spritzbeton vorwiegend für Instandsetzungen von Gerinnen, Kanälen (Bild 9) und Abwassersammelleitungen aus schadhaftem Mauerwerk oder Beton.

Das Vorgehen ist dabei gleich wie bei der schon beschriebenen Sanierung von Mauerwerk und Beton, doch erfordert die Spritzbetonoberfläche im Bereich des benetzten Querschnittes meist eine besondere Behandlung, um die Strömungsverhältnisse zu verbessern. Die natürliche spritzrauhe Oberfläche kann wegen des erhöhten Reibungswiderstandes unerwünscht sein. Dann glättet man die fluchtgerecht abgezogene Betonoberfläche mit geeigneten Werkzeugen.

Chemische Zusätze machen die Spritzbetonoberfläche auch widerstandsfähig gegen aggressive Wasser. Abriebgefährdete Partien beschichtet man mit hochfestem Spritzbeton, der besonders harte Zuschlagstoffe und einen besonderen Zement enthält.

Bei Arbeiten in gedeckten Kanälen und in begehbaren Kanalisationen (Bild 10), die meist eng und nur von wenigen Stellen her zugänglich sind, ist das Spritzbetonverfahren besonders vorteilhaft, und zwar wegen des Auftrags in dünnen Schichten, des Wegfalls der Schalung, der Flexibilität der Leitung, vor allem aber dank der erheblichen Förderdistanz. Das ist bei Kanalisationssanierungen in überbautem Gebiet besonders wertvoll, denn man kann arbeiten, ohne Strassen aufreissen zu müssen.

Durchlässige Fluss- und Bachbette kann man ebenfalls mit Spritzbeton abdichten (Bild 11). Das ist oft bei Wasserkraftwerken nötig, wo sie zur Zu- oder Ableitung des Betriebswassers dienen. Spritzbeton verwendet man häufig auch zur Versiegelung undichter Felspartien in Ausgleichsbecken (Bild 12).

Wasserstollen und Kavernen

Im Untertagebau, dem bei weitem wichtigsten Anwendungsgebiet, dient der Spritzbeton seit langem als zeitweiliger oder endgültiger Ausbau. Er haftet satt am Fels, füllt dessen Spalten und Klüfte und ebnet als vollflächige Verkleidung kleinere Profilunebenheiten aus (Bild 13). Dadurch ergibt sich neben der stützenden und verfestigenden Wirkung auch eine Abdichtung der Felsoberfläche, und zwar sowohl gegen vom Berg her eindringendes Wasser als auch gegen Wasserverluste aus dem Hohlraum. Die Einebnung der Felsstruktur bewirkt bessere Strömungs-

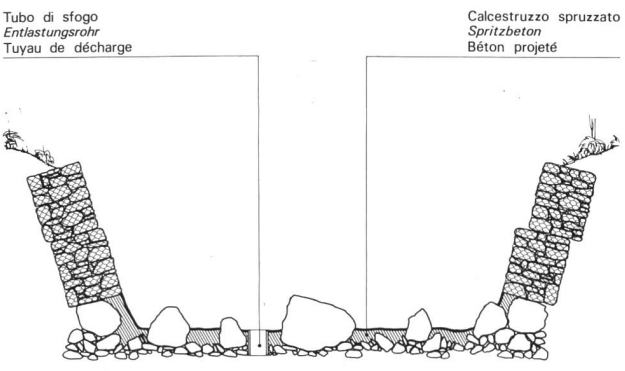


Bild 11: Mit Spritzbeton abgedichtetes Flussbett.

Bild 13: Mit Spritzbeton abgedichtetes Gewölbe und Becken eines Kavernenbades in Zermatt, Wallis. (Foto H. Germond, Lausanne)

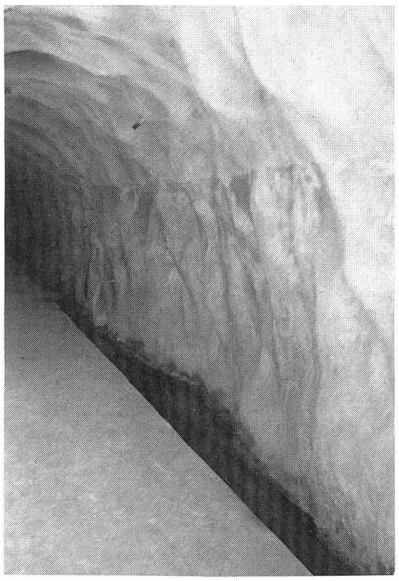
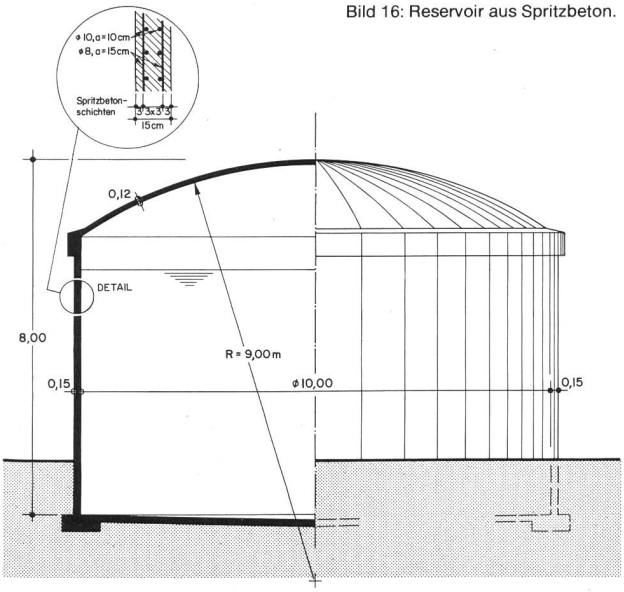


Bild 14, links: Mit Spritzbeton ausgekleideter Freispiegelstollen (Widerlagerbereich geglättet), Nessental (Kraftwerke Oberhasli AG).

Bild 15, rechts: Armierung der Spritzbetonverstärkung eines Druckstollens in Airolo, Azienda Elettrica Ticinese.

Bild 16: Reservoir aus Spritzbeton.



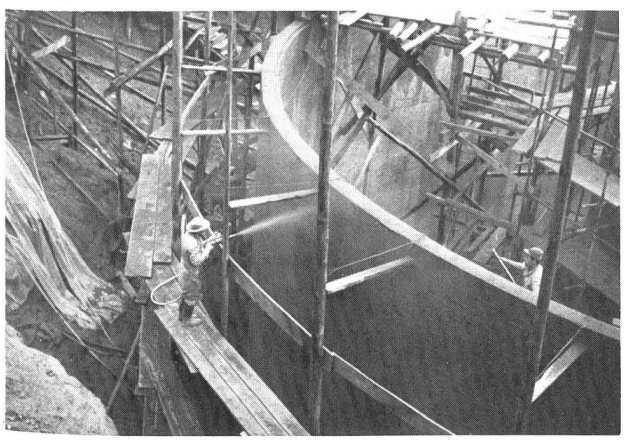
verhältnisse, zumal wenn die Spritzbetonoberfläche geglättet wird. Eine Auskleidung mit armiertem Spritzbeton verwendet man ab und zu auch zur Abdichtung und Verstärkung betonierter Stollen. Im Kraftwerkbau dient Spritzbeton besonders häufig zur Abdichtung in Freispiegel- und Druckstollen (Bilder 14 und 15) oder in Wasserschlosskammern und Reservoiren.

Behälter

Mit einhäuptigen Schalungen können aus Spritzbeton oberirdische Behälter, Reservoire (Bild 16), Tanks und Wassertürme gebaut werden. Als Auftragsfläche dienen innere oder äussere Schalungen meistens aus Holz oder Metall. Die Armierung kann schlaff oder vorgespannt sein. Solche Behälter aus Spritzbeton sind besonders dünnwandig. Weil er in aufeinanderfolgenden, dünnen Schichten aufgespritzt wird, richtet sich seine Gesamtstärke ausschliesslich nach statischen Gesichtspunkten. Beim geschalten Beton hingegen bestimmt der zum fachgerechten Einbringen nötige Mindestabstand der Schalungen die Gesamtstärke. Die übliche Betonbauweise erfordert zudem eine viel stärkere und besser verspriesste Schalung als der Spritzbeton, wo sie nur dem Aufprall der ersten Schicht zu widerstehen braucht; wenn diese genügend erhärtet ist, kann die Schalung entfernt werden. Dies ist vor allem bei gekrümmten Behälterformen ein grosser Vorteil, weshalb Spritzbeton in vielen Fällen beim Behälterbau wirtschaftlicher ist als herkömmlicher Beton.

Spritzbeton kann auch in Verbindung mit klassischen Betonkonstruktionen verwendet werden, so oft bei zylinderförmigen Behältern wie Faultürmen und Tanks, die mit einer aufgewickelten Armierung aus Stahldrähten vorgespannt werden. Der Spritzbeton dient dann als Korrosionsschutz der Vorspanndrähte (Bild 17).

Bild 17: Auftrag von Spritzbeton als Korrosionsschutzschicht der Vorspannarmierung eines Reservoirs in Tesserete, Tessin.



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