

Instandsetzen und Verstärken von Betonbauten mit Spritzbeton

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **69 (2001)**

Heft 2

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153868>

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.

Instandsetzen und Verstärken von Betonbauten mit Spritzbeton

Spritzbetone spielen bei vielen Instandsetzungen eine wichtige Rolle. In gewissen Fällen kann das Vorbetonieren allerdings vorteilhafter sein.

An Bauten aus Beton und bei Mauerwerk kann Spritzbeton im Rahmen von Instandsetzungen zum Verstärken, zum Reparieren und zum vorbeugenden Schutz verwendet werden. Dies war auch das Thema einer TFB-Fachveranstaltung, über die in diesem und im nächsten «Cementbulletin» berichtet wird (siehe auch Kasten auf Seite 6).

Spritzbeton allgemein

Spritzbetone lassen sich aufgrund des Zustands ihrer Ausgangsmischungen in Nass- und Trockenspritzbetone einteilen (Abbildungen 1 und 2).

Sowohl das Trocken- als auch das Nassspritzen haben ihre Vor- und Nachteile. Hier eine Auswahl:

- Zum Trockenspritzen werden einfache, robuste, leicht zu reinigende Geräte eingesetzt, die allerdings einen relativ hohen Verschleiss haben. Kleine Nassspritzgeräte, die sich für das Instandsetzen eignen und leicht zu reinigen sind, fehlen weitgehend.
- Bei horizontaler Förderung sind beim Trockenspritzen Reichweiten bis etwa 300 m, beim Nassspritzen nur bis etwa 50 m sinnvoll.
- Im Vergleich zum Nassspritzen fallen beim Trockenspritzen mehr Staub und Rückprall an.

- Nassspritzbeton ist verfahrensbedingt gut durchmischt. Da der Zement aber bereits teilweise hydratisiert ist, müssen meist relativ teure Mischungen eingesetzt werden, damit der Beton einerseits pumpbar ist, andererseits aber an der Auftragsfläche haftet.

An Spritzbetone im Einsatz bei Instandsetzungen werden hohe Anforderungen gestellt, z.B. [2]:

- hohe Festigkeit
- E-Modul möglichst auf den Untergrund abgestimmt
- guter Verbund
- hohe Dichtigkeit gegen Wasser, Kohlendioxid und Chlorid
- Beständigkeit gegen Frost- und Frostauszangriffe
- geringe Reissneigung
- hoher aktiver Korrosionsschutz
- gute Verarbeitbarkeit
- Homogenität

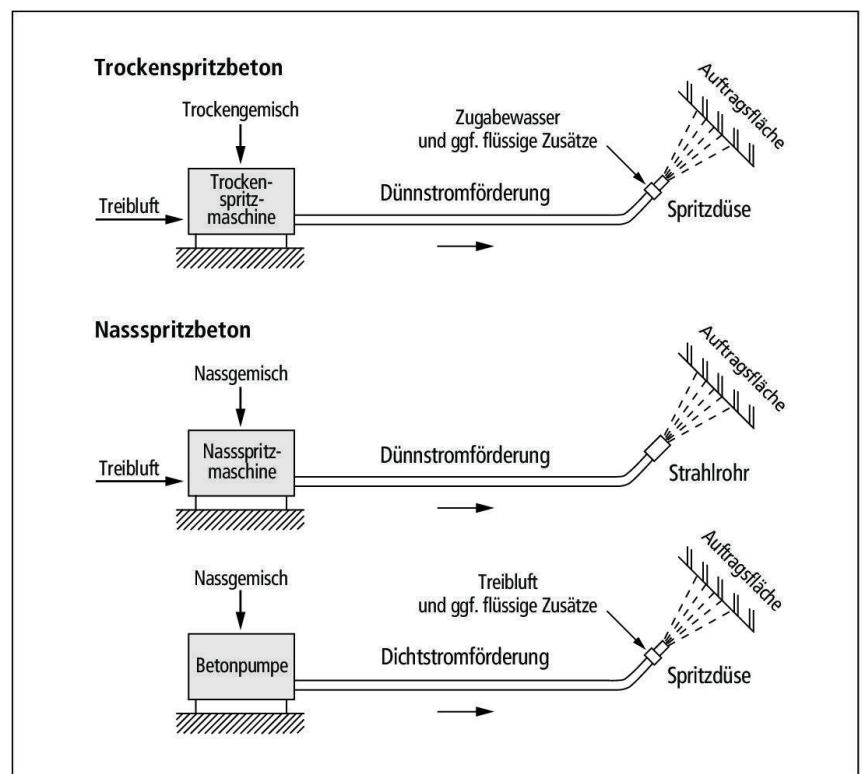


Abb. 1 Schematische Darstellung des Trocken- und des Nassspritzverfahrens (nach [5]).

- kostengünstig
- ansprechendes Aussehen.

Die Zusammensetzung der Spritzbetone (bzw. Spritzmörtel) ist deshalb sehr wichtig.

Spritzbetonausgangsstoffe

Spritzbetone bestehen aus Zement, Zuschlägen und Wasser sowie fast immer Zusätzen.

Bindemittel

Eingesetzt werden können fast alle normierten Zemente. Wichtig ist eine möglichst gleichmässige Qualität, die durch die Verwendung von Ze-

ment aus der gleichen Charge erreicht werden kann. In Österreich und in der Schweiz werden so genannte Tunnelzemente mit höherer Gleichmässigkeit angeboten. Eine österreichische Besonderheit sind Spritzbindemittel. Es handelt sich dabei um Portlandzemente mit sehr schnellen Erstarrungszeiten ohne Erstarrungsbeschleuniger (geeignet für dicke Schichten).

Kunststoffmodifizierte Spritzbetone und -mörtel werden in Deutschland wesentlich häufiger eingesetzt als in Österreich und der Schweiz.

Zuschläge, Wasser

Die Zuschläge sollten fest, sauber und frostbeständig sein sowie eine gute Abstufung aufweisen. Die Qualität des Wassers ist in der Schweiz, in Österreich und in Deutschland kein Problem.

Zusätze

Als *Zusatzstoffe* verwendet werden Flugaschen, Hüttensande und Silicastaub. In der Schweiz kommt noch hydraulischer Kalk dazu. Mit diesen Stoffen wird einerseits ein Teil des Zements ersetzt, andererseits lassen sich damit der Feinstanteil erhöhen und die Druckfestigkeit steuern. Kunststoff-Fasern – insbesondere Polypropylenfasern – verbessern die Brandbeständigkeit eines Spritzbetons. Glasfasern werden selten, Stahlfasern bei grösseren Schichtdicken eingesetzt.

Betonverflüssiger (BV), Hochleistungsbetonverflüssiger (HBV) und Erstarrungsverzögerer (VZ) sind die bevorzugten *Zusatzmittel* bei Nassspritzbetonen. Erstarrungsbeschleuniger (BE), Luftporenbildner (LP), Korrosionsinhibitoren, Haftvermittler und weitere Produkte werden vor allem in Fertigprodukten eingesetzt. In Österreich werden mit Luftporenbildnern frosttausalzbeständige Spritzbetone erzeugt [2].

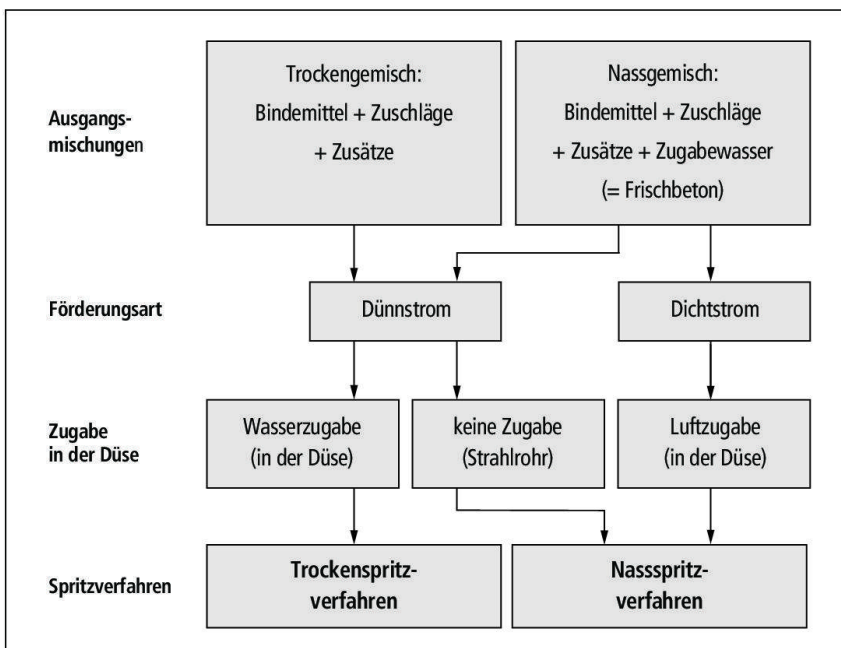


Abb. 2 Verfahrenstechniken beim Spritzbeton (nach [5], leicht modifiziert).

Rezepturen

Mit der Ausgangsmischung (Bereitstellungsgemisch) wird die Spritzmaschine beschickt. Beim Trockenspritzen besteht die Ausgangsmischung aus den Bindemitteln, dem Zuschlag und gegebenenfalls Zusätzen. Beim Gemisch für das Nassspritzen kommt noch das Zugabewasser dazu (siehe auch *Abbildung 2*).

Die Zusammensetzung der Spritzbetone hängt von zahlreichen Einflussfaktoren ab. Dazu gehören [2]:

- Einsatzzweck (statische Verstärkung, Korrosionsschutz...)
- Spritzverfahren
- Anforderungen in den Normen
- Untergrund (Beschaffenheit, Orientierung)
- Auftragsstärke
- Rückprall (Kostenfaktor)
- Oberflächenstruktur
- Beanspruchung (Verkehrsbelastung während des Auftragens, Frosttausalz...).

Zwischen der Zusammensetzung der Ausgangsmischung und dem an einer Fläche haftenden Spritzbeton bzw. dem festen Spritzbeton bestehen grosse Unterschiede, die vor allem auf das Auftreten von Rückprall zurückzuführen sind (siehe *Abbildung 3*).

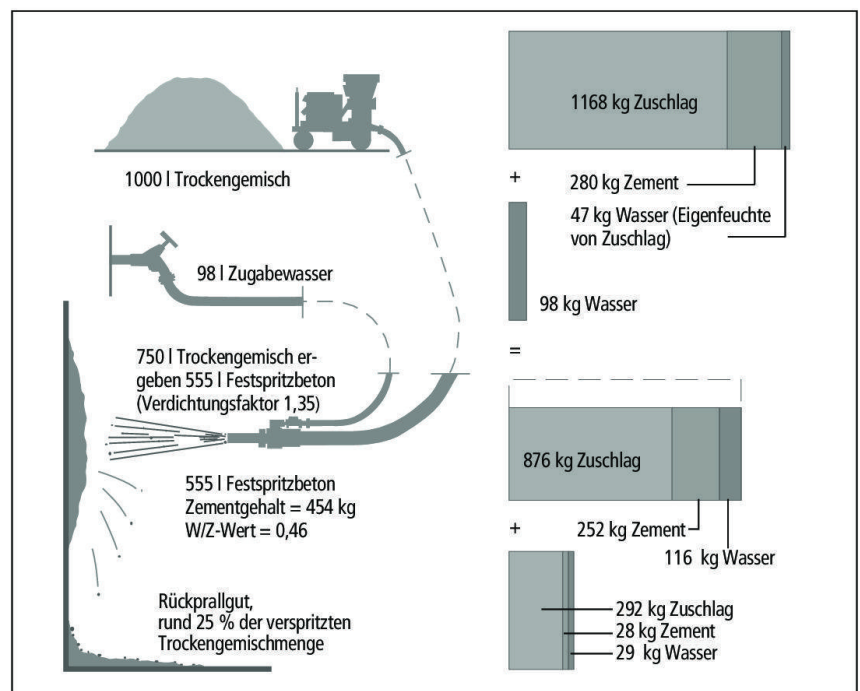


Abb. 3 Materialbilanz beim Trockenspritzen mit einer «üblichen» Ausgangsmischung (nach [6], modifiziert).

Die Grösse der Rückprallmenge wird von vielen Faktoren beeinflusst. Sie wird teilweise mittels rheologischer Untersuchungen optimiert. Beim Aufbau der ersten Schicht sammeln sich vor allem die grossen Körner im Rückprall. Wenn einmal eine Mörtelschicht vorhanden ist, verringert sich die Rückprallmenge. Nach [6] geht im Rückprall etwa ein Viertel des Trockengemischs (rund 10 % der Zementmenge und etwa 20 % des Anmachwassers) verloren.

Wichtige Faktoren

Zu den wichtigen Faktoren einer Instandsetzung mit Spritzbeton gehört der Düsenführer. Sein Wissen und

vor allem seine Erfahrung entscheiden wesentlich mit, ob ein Werk gelingt oder nicht. Allein sein Können reicht nicht aus, wenn nicht eine Reihe von Voraussetzungen erfüllt ist.

Verbundeigenschaften

Die Verbundeigenschaften von Betonschichten lassen sich durch Abklopfen und durch Haftzugversuche bestimmen. Sie werden unter anderem beeinflusst durch

- Güte des Untergrundbetons (Druckfestigkeit, Porosität)
- Güte der Oberfläche des Untergrundbetons (Nachbehandlung, Reinigung, Vorbehandlung, Rauigkeit)

- Auftragsverfahren (Aufpralldruck, Verdichtung)
- Güte der neu aufgetragenen Schicht
- Prüfverfahren und Prüfzeitpunkt. Beim Auftragen von Spritzbeton über Kopf darf das Gewicht der frischen Betonschicht die Haftkräfte zwischen dem frischen Spritzbeton und der Auftragsfläche sowie in der frischen Spritzbetonschicht nicht übersteigen.

Senkrechte Flächen werden oft von oben nach unten gespritzt. Probleme

Zu diesem Artikel

Der vorliegende Artikel basiert in weiten Teilen auf Referaten, die am 21. November 2000 anlässlich der TFB-Fachveranstaltung Nr. 804 391 «Verstärken und Instandsetzen mit Spritzbeton» in Wildeggen gehalten wurden. Es sprachen:

- [1] Jürg Kägi (Zürich) über «Spritzbeton und Vorbeton im Vergleich aus ausführungstechnischer Sicht»
- [2] Wolfgang Kusterle (Innsbruck), über «Zusammensetzung und Auftrag des Spritzbetons für Instandsetzungen»
- [3] Pietro Teichert (Avegno) über «Instandsetzung von Bauten mit Spritzbeton»
- [4] Mathis Grenacher (Brugg) über «Hochstehende Bauqualität: Was kann das Submissionsverfahren dazu beitragen?»

Weitere Informationen stammen aus der anschließenden Podiumsdiskussion sowie aus der Literatur (s. Literaturverzeichnis auf Seite 11).

treten auf, wenn das Kippmoment der Spritzbetonschicht derart gross wird, dass Ablösungen auftreten.

Druckfestigkeit

Neben der Zusammensetzung der Spritzbetonmischung beeinflussen weitere Parameter die Druckfestigkeit [2]:

- Höchste Werte werden bei einem Düsenwinkel von 90° erreicht, z. B. (Düsenwinkel/Druckfestigkeit): 60°/42 N/mm² ; 75°/43 N/mm²; 90°/48 N/mm², nach [7].
- Die Druckfestigkeiten von über Kopf gespritztem Beton sind kleiner als die Druckfestigkeiten von Wandbetonen.
- Der Düsenabstand beeinflusst die Druckfestigkeit bei gleicher Austrittsgeschwindigkeit stark. Ein Beispiel [7] (Düsenabstand → resultierende Druckfestigkeit): 0,5 m → 34 N/mm²; 1,0 m → 43 N/mm²; 1,5 m → 48 N/mm²; 2,0 m → 47 N/mm²; 2,5 m → 44 N/mm²
- Die Art der Düseneigenbewegung (starr, pendelnd oder kreisförmig) beeinflusst die Druckfestigkeit nur wenig. Am besten sind leicht kreisförmige Bewegungen.

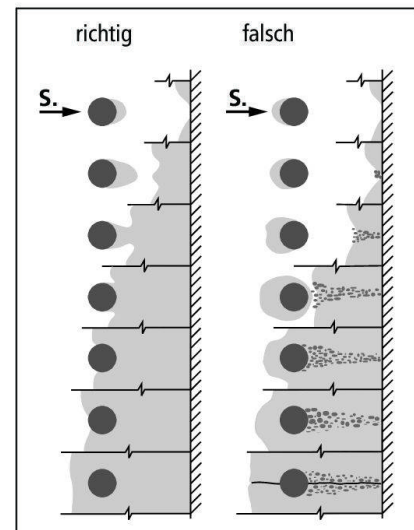


Abb. 4 Korrektes und falsches Einbetten von Bewehrungsstäben in Spritzbeton (S.) nach [8].

Rückprall

- Der Düsenwinkel hat einen grossen Einfluss auf die Rückprallmenge. Diese ist bei senkrechtem Auftrag am kleinsten. Ein Beispiel [7] (Düsenwinkel/Rückprallmenge): 60°/27 %; 75°/21 %; 90°/18 %
- Die Art der Düseneigenbewegung beeinflusst die Rückprallmenge, beispielsweise [7]: starr: 18 %, pendelnd: 14,5 %, kreisförmig: 14 %.
- Für jede Austrittsgeschwindigkeit des Spritzbetons kann ein Düsenabstand ermittelt werden, bei dem die Rückprallmenge am kleinsten ist.

Das Spritzen

Neben all den bereits aufgeführten Faktoren, die das Ergebnis von Spritzbetonarbeiten beeinflussen, gehören sicher ein erfahrener Düsengeführer, ein richtiges Gerüst sowie ei-

ne regelmässige Materialförderung während des Spritzens.

Bekannte Ausführungsfehler sind beispielsweise Spritzschatten hinter Bewehrungsstäben (*Abbildung 4*). Diese lassen sich verhindern, wenn darauf geachtet wird, dass kein Spritzbeton an den Stäben haftet (Know-how des Düsenführers und Betonrezeptur). Mehr zum Thema «Praxis des Spritzbetons» folgt im nächsten «Cementbulletin».

Vorbetonieren oder Spritzen?

Das Vorbetonieren ist bei vielen Instandsetzungsarbeiten eine Alternative zum Arbeiten mit Spritzbetonen. Eine Entscheidung zwischen den beiden Verfahren erfordert seriöse objekt- und problembezogene Abklärungen. Darüber sprach *Jürg Kägi* [1].

Nach *Kägi* sollte bei Instandsetzungsarbeiten nicht gleichzeitig Vorbeton und Spritzbeton ausgeschrieben werden. Vielmehr sollte das einzusetzende Verfahren bereits vorher festgelegt werden. Dabei sollten primär «technische» Kriterien eine Rolle spielen.

In *Tabelle 1* ist eine Matrix dargestellt, mit der zwischen Spritz- und

Vorbeton aufgrund objektiver Kriterien unterschieden werden könnte. Es folgen einige Erläuterungen dazu.

Denkmalpflegerische und persönliche Gründe

Die Entscheidungsträger – namentlich Bauherren, Ingenieure, Architekten (teilweise auch Urheber!) sowie die gegebenenfalls zuständigen Denkmalpfleger haben bestimmte Vorstellungen über die einzusetzende Instandsetzungsmethode. Diese Vorstellungen orientieren sich an Beispielen, eigenen Erfahrungen, Vorlieben, Prinzipien oder auch Usanzen.

Fachleute haben dann die schwierige Aufgabe, derartige vorgefasste Meinungen mit der gebotenen Subtilität – aber hartnäckig – in Frage zu stellen [1].

Ästhetische Gründe

Neben dem Aussehen einer Oberfläche ist auch ihr Bezug zur Umgebung sehr wichtig. Hilfreich kann die Betrachtung von Referenzobjekten sein, wobei die Position und die Distanz eine wichtige Rolle spielen: Aus der Nähe sieht alles ganz anders aus als aus der Ferne; die Wirkung am Bauwerk ist besser als an einer kleinen Musterfläche.

Kriterien	S.	V.
1 <u>Denkmalpflegerische und persönliche Gründe</u> (Bauherr, Architekt, Ingenieur, Denkmalpflege)	x	xx
2 <u>Ästhetische Gründe</u> (Eingliederung in Umgebung)	x	x
3 <u>Technische Aspekte</u> (Schadensursache, Instandsetzungsziel, Randbedingungen...)		
3.1 Deckung der Bewehrung, Abplatzungen	x	xx
3.2 Chloride, Lochfrass	x	xx
3.3 Haftzug-, Druckfestigkeit, Dichte	xx	x
3.4 E-Modul	xx	x
3.5 Verstärkungsmassnahme	x	xx
3.6 Dicke, Lichtraumprofil	x	xx
3.7 Komplexität der Oberfläche	x	x
3.8 Weitere Einschränkung durch spezielle Randbedingungen	x	x
Gesamtwertung	12 x	15 x

Tab. 1 Mögliches Bewertungsschema mit Kriterien zur Entscheidung zwischen Vorbeton (V.) und Spritzbeton (S.) bei Instandsetzungen. Im vorliegenden Beispiel würde wohl eher Vorbeton ausgeschrieben (nach [1], modifiziert).

Technische Gründe

Die Entscheidung zwischen Vorbetonieren und Spritzen sollte vor allem auf der technischen Ebene erfolgen. In der *Tabelle 2* auf den Seiten acht bis zehn sind zahlreiche Punkte aufgeführt, die beim Einsatz der beiden Instandsetzungsmethoden bedeutend sein können. Ihre Gewichtung erfordert kompetente Fachleute. Eine Auswahl von wichtigen technischen Entscheidungskriterien ist in *Tabelle 1* enthalten; auf sie wird hier kurz eingegangen.

Bewehrungsdeckung, Abplatzungen
Korrosionsprobleme lassen sich mit einer genügend dicken Betondeckung lösen. Dazu werden mehrere cm qualitativ hochwertiger Vor- oder Spritzbeton benötigt.

Chloride, Lochfrass

Je nach Eindringtiefe der Chloridionen müssen Schichten bis in grössere Tiefen abgetragen werden. Zusammen mit einer vergrösserten Bedeckung der Bewehrung resultieren Auftragsdicken, die meist eher für das Vorbetonieren sprechen.

Haftzugfestigkeit, Druckfestigkeit und Dichte

Wenn die erforderlichen Vorkehrungen getroffen werden, können sowohl mit Spritz- als auch mit Vorbe-

Vorbeton	Spritzbeton
Installationen und Vorbereitungen	
– Zufahrt, Umschlagsplatz	
– Hebe-, Förder- und Transportgeräte je nach Einbringungsort und erforderlichen Tagesmengen	– Mischplatz, genügend Platz für Silo und/oder Säcke
– gegebenenfalls Betonpumpe (SCC!)	– Mischer, ggf. mit Siloanlage (bei Ortsgemisch)
– Einrichtungen für Vor- und Nachbehandlungen	– Förderanlage
– Absetzbecken/Neutralisation	
– vor allem genügend Mitarbeiter	– Entsorgungsplatz für Rückprall
Referenzflächen	
– Nicht nur sinnvoll, sondern zwingend	
– Vorversuche für Rezeptur	
– Durch den Ausführenden in genügender Grösse an repräsentativer Stelle am Objekt selbst sehr frühzeitig ausführen	
– Mit allen «Schikanen» und Wiederholmöglichkeiten	
Gerüste	
– Schweres Arbeitsgerüst	
– Genügend Abstand von Wand einhalten, damit Schalungskonstruktion Platz hat	– Gerüstabstand von 30 cm erlaubt Bearbeiten der Oberfläche
– Suva-Vorschriften beachten, evtl. wegnehmbare Gerüstläufe	– Gerüstgangweite mindestens 90 cm, damit Düsenführer korrekt arbeiten kann
– Gerüstverankerung in Konflikt mit Schalung	– Rückprall beachten (Abschottungen, Lasten)
Untergrundvorbereitung	
– Betonabtrag, d.h. Entfernen der geschädigten und ggf. chloridverseuchten Betonpartien sowie Aufrauen mit Wasserhöchstdruck	
– Rauigkeit 5–10 mm	
– Gewisse Ebenheit (vernünftig handhaben!)	
– Haftzugfestigkeit des Traggrunds gemäss Anforderungen des Ingenieurs	

Tab. 2 Vergleich zwischen Vorbetonieren und Spritzen anhand einzelner Arbeitsschritte (nach [1], leicht modifiziert).

Vorbeton	Spritzbeton
Bestehende Bewehrung	
	– Bearbeitung der Bewehrung (Freilegen, Reinigen, ggf. Sandstrahlen usw.) hängt vom Zustand der Überdeckung und vom Korrosionsgrad ab
– evtl. temporärer Korrosionsschutz	– Korrosionsschutzanstrich beim Spritzen beschädigt, daher besser weglassen – Spritzschatten vermeiden
Neue Bewehrung	
– Ab gewissen Dicken zwingend, unter etwa 6–7 cm nicht möglich	
– Gute Befestigung, damit Einhaltung der erforderlichen Bedeckung sichergestellt	– Sehr gute Befestigung mit Dübeln, damit Flattern beim Spritzen verhindert
– Bewehrungsstöße (teilweise 3- bis 4-fach!) berücksichtigen	– Keine beschichtete Bewehrung verwenden
	– Überdeckung hinten (Betonumhüllung) und vorne (Norm SIA 162) sicherstellen – Spritzschatten vermeiden
Schalung	
– Einhäuptige Wand- und Stirnschalungen	– Stirn-, Ecken und Kantenschalungen
– meist relativ kleine Etappen	– Abziehlatten
– Lage der Bindestellen und Schalungsdruck beachten	– Menge und Aufwand oft unterschätzt
– Dichtigkeit von entscheidender Bedeutung	
– Dichtigkeit bei Etappenstößen problematisch	
– Realisieren von gewünschtem Schalungsbild bzw. Brettanordnung fast beliebig möglich (teuer!)	
– Angleichen an bestehendes Bild durch Schalung aus Tafeln, gehobelten oder rohen Brettern	
Vorbehandlung	
	– 24 Stunden vornetzen
– Ausführung sehr erschwert, da meistens hinter Schalung	– Relativ gut machbar mit Bewässerungsschläuchen und/oder -düsen
	– Betonfeuchte schlecht kontrollierbar

Tab. 2 (1. Forts.) Vergleich zwischen Vorbetonieren und Spritzen anhand einzelner Arbeitsschritte (nach [1], leicht modifiziert).

tonen ausreichende Haftzugfestigkeiten erreicht werden.

Die Druckfestigkeit dünner Vorsatzbetonschichten schwankt stärker als diejenige dünner Spritzbetonschichten. Hoch frosttausalzbeständige Betone sind auch dichte Betone. Sie werden bevorzugt mit einem Vorbeton erreicht.

E-Modul

Betonschichten mit E-Moduln um 30 kN/mm^2 , die bei vielen Instandsetzungsarbeiten gefordert werden, lassen sich heute mit beiden Verfahren herstellen.

Frosttausalzbeständigkeit

Vorbeton ist hier eindeutig besser als Spritzbeton (dichtere Betone, siehe oben). In Österreich wurden allerdings – wie bereits erwähnt – gute Erfahrungen mit Spritzbetonen gemacht, die Luftporenmittel enthalten [2].

Verstärkungen

Bei statischen Verstärkungen sind sowohl bei Vor- als auch bei Spritzbetonen meistens zusätzliche Bewehrungen erforderlich; die Konstruktion wird dicker.

Die damit verbundenen Vorteile für Vorbeton können situationsbedingt abnehmen, wenn eingeschränkte

Lichtraumprofile (beispielsweise in Tunneln, bei Widerlagern, in Kanälen oder in Durchgängen) oder Leibungen (Fensterbänke, Türen, Rollläden) vorhanden sind.

Komplexität der Oberflächen

Spritzbeton ist um so geeigneter, je stärker gekrümmt und je unebener eine Fläche ist, denn mit Spritzbeton lässt sich fast jede Geometrie realisieren. Bei Schalungen kommt man hier leicht an Grenzen oder doch in finanziell unattraktive Bereiche.

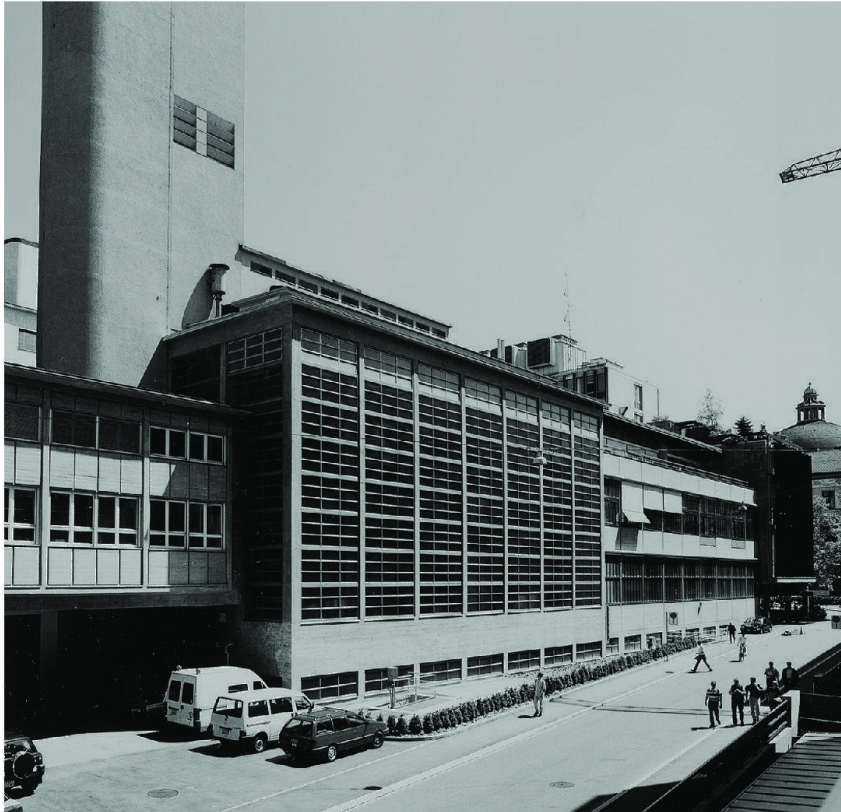
Preise

Wenn beide Verfahren ausgeschrieben werden, besteht die Gefahr, dass die billigere Methode übernommen wird, obwohl die schlechter ist. Kägi verwies darauf, dass oft fälschlicherweise nicht Gleiches mit Gleichem verglichen werde.

Die Entscheidung, welches Verfahren vorzuziehen sei, sollte deshalb vor der Ausschreibung fallen, beispielsweise aufgrund der in *Tabelle 1* aufgeführten Kriterien. Vereinfachend gelten die folgenden Faustregeln [1]:

Tab. 2 (2. Forts.) Vergleich zwischen Vorbetonieren und Spritzen anhand einzelner Arbeitsschritte (nach [1], leicht modifiziert).

Vorbeton	Spritzbeton
Haftbrücken	
– Nicht nötig	– Sind abzulehnen, da meist kontraproduktiv
Nachbehandlung	
– Eingeschalt lassen, sofern möglich	– Vor Luftzug schützen
– Benetzen während mindestens 7 Tagen	
– Auf Aussinterungen wegen fließendem Wasser achten	
– Gefahr der Ausbildung von «Schnäuzen», da Arbeitsrichtung meist von unten nach oben	– Gefahr der Ausbildung von «Schnäuzen» gering, da Arbeitsrichtung meist von oben nach unten
Betonverarbeitung	
– Sehr heikle Rezeptur (Konsistenz!)	– Rezeptur ist Erfahrungssache
– Einbringen auf Gerüsten mit sehr hohem Aufwand	– Zementreiche Betone
– Verdichten mit Innenrüttlern eher problematisch (Platzverhältnisse)	– Mit Fertigmischungen aus Silo bzw. Sack oder wirtschaftlicher mit Vor-Ort-Mischungen möglich
– Verdichten mit Aussenrüttlern wegen einhäufiger Schalung heikel	– Grosser Anfall an Rückprall (Entsorgung!)
Betonqualität	
– Festigkeiten oft stark variierend	– Sehr gute Festigkeiten
– Gesamtporengehalt eher hoch	– akzeptabler Gesamtporengehalt
– Frostbeständigkeit gegeben	– Gute Frostbeständigkeit, dichter Beton
– Frosttausalzbeständigkeit erreichbar	– Kaum frosttausalzbeständig
– Anfällig auf Bildung von Rissen	– Schwach anfällig auf Bildung von Rissen (v.a. bei Ecken)
– E-Modul kann nur mit viel Wasser oder Zusatzmitteln tief gehalten werden	– E-Modul kann tief gehalten werden
– Hohlstellen und Nester bei Etappenstössen	
– Problematisch sind Verzögerungen bzw. Schwinden	
– Gefahr der Lunkernbildung an Oberfläche	
Oberflächennachbearbeitung	
– An sich nicht notwendig	– Oberflächen nur noch selten spritzroh belassen
– Erfahrungen aus der Praxis: oft Nachbearbeitung oder gar Applikation von Lasuren, obwohl nicht vorgesehen	– Abziehen, Abtalschieren, Imitation von Brettstrukturen, je nach ästhetischen Anforderungen
Ästhetik	
– Etappenstösse treten oft markant hervor	– Für Laien bei guter Ausführung kaum von geschaltem («echtem») Beton unterscheidbar
– Zahlreiche Bindestellen	
– Farbunterschiede von Etappe zu Etappe (Witterung, Schalung)	– Farblich relativ gleichmässig
– Spuren von Nachbehandlung	– Guter Kompromiss



Vorbeton an der Westfassade des Kesselhauses des Fernheizkraftwerks der ETHZ, Clausiusstrasse, nach der Instandsetzung.

Foto: Locher AG Zürich, Zürich

- «Die Preisgestaltung beim Spritzbeton ist einfacher als beim Vorbetonieren. So werden in der Regel Vorbeton und Schalungen zu tief angeboten, was die Gefahr von Nachforderungen beinhaltet oder wenigstens Diskussionen darüber erwarten lässt.»
- «Je dünner die aufzutragende Schicht, je eher ist ein Spritzbeton günstiger. Je dicker sie wird, desto eher liegt der Preisvorteil beim Vorbeton.»

Schlüsselwörter

Instandsetzung, Nassspritzbeton, Rückprall, Spritzbeton, Trockenspritzbeton, Vorbetonieren

Vor- und Nachteile des Vorbetonierens

Es muss zwischen dicken Vorbetonen (Dicke \geq ca. 10 cm) und dünnen Vorbetonen ($<$ 10 cm) unterschieden werden. Die Qualität dicker Vorbetone, die vorwiegend im Tiefbau anzutreffen sind, ist meist gut. Problematisch ist gelegentlich das Auftreten von Lunkern.

Dünne Vorbetone (vor allem im Hochbau) sind häufiger problembehaftet. Neben der Schalung allgemein können die Fließfähigkeit und die Verdichtung der Frischbetone, die Gesamtporosität der Festbetone sowie Oberflächenrisse und Zement-

LITERATUR

- [5] **Brux, G., Linder, R., und Ruffert, G.**, «Spritzbeton, Spritzmörtel, Spritzputz: Herstellung, Prüfung und Ausführung», Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln-Braunsfeld, 290 Seiten (1981).
- [6] **Teichert, P.**, «Spritzbeton», herausgegeben durch E. Laich SA, Avegno, 148 Seiten (1991).
- [7] **Guthoff, K.**, «Untersuchungen über den Einfluss der Düsenführung bei der Spritzbetonherstellung», Baumaschine und Bautechnik 37 [1], 7 ff. (1990).
- [8] **Crom, T.R.**, «Dry mix shotcrete nozzling», Concrete International 3 [1], 80–93 (1981).
- [9] **Resse, C., und Venuat, M.**, «Projection des mortiers, bétons et plâtres», 382 Seiten (1981).
- [10] **Jacobs, F., und Hermann, K.**, «Self-compacting concrete», Cementbulletin 68 [1], 3–7 (2000).

hautablösungen Schwierigkeiten bereiten.

Beim Vorbetonieren sind mehr Vorversuche als beim Spritzen erforderlich. Doch auch Referenzflächen am Bauwerk selbst sind zwingend zu erstellen.

Zu den interessanten neueren Entwicklungen beim Vorbetonieren gehört selbstverdichtender Beton (Self-compacting concrete, SCC) [10]. Nach Kägi müssen hier noch weitere Erfahrungen gemacht und vertiefte Kenntnisse gewonnen werden [1].

Kurt Hermann, TFB