



"achieving the highest standards"

EFNARC RICHTLINIE FÜR SPRITZBETON

VORGEHEN BEIM EINBAU VON SPRITZBETON

(zusätzliche Anforderungen)

DEFINITIVE AUSGABE JUNI 1999

Die in dieser Richtlinie veröffentlichten Daten und Informationen wurden sorgfältig und nach unserem besten Wissen auf ihre Richtigkeit geprüft, insofern sie sich auf zur Zeit der Veröffentlichung gültige Tatsachen oder anerkannte Praktiken oder Meinungen beziehen. Die EFNARC lehnt jedoch jede Haftung ab für Fehler oder falsche Darstellungen dieser Daten und/oder Informationen oder Verluste oder Schäden, die aus oder im Zusammenhang mit ihrem Gebrauch entstehen könnten.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungssystemen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

VORWORT

Die «Europäische Richtlinie für Spritzbeton» wurde 1996 veröffentlicht, nachdem bereits drei Jahre zuvor eine Entwurfsfassung erschienen war. Die Kommentare, die zu den über 1000 in Umlauf gebrachten Exemplaren der provisorischen Version gemacht wurden, sind in der Schlußfassung berücksichtigt. Seitdem findet die 'Richtlinie' in der Bauindustrie weltweit eine breite Verwendung als Standardnachschlagewerk.

Im Zuge der verbreiteten Verwendung wurde EFNARC mehrfach um eine Ergänzung der den Einbau von Spritzbeton betreffenden Absätze angefragt, damit eine bessere Sicherstellung der Qualität des Endproduktes ermöglicht werde. Dieser Zusatz zur 'Richtlinie' ersetzt das Kapitel 8 der 'Richtlinie' vollständig, muß aber in Verbindung mit allen übrigen Anforderungen der 'Richtlinie' gelesen werden.

* * * * *

8 VORGEHEN BEIM EINBAU VON SPRITZBETON

8.1 Vorbereitungsarbeiten

Die Vorbereitungsarbeiten sowie alle übrigen Maßnahmen, die erforderlich sind, um eine korrekte Wirkungsweise und Qualität des Spritzbetons zu erhalten, müssen vor dem Einbau abgeschlossen sein. Vor Beginn der Spritzarbeiten muß der Düsenführer die nötige Verfahrensbeschreibung für einen korrekten Einbau erhalten.

8.1.1 Untergrund

Spritzbeton darf nicht auf einen Untergrund aufgebracht werden, der eine Temperatur von unter +2°C aufweist oder starken Winden oder Regenfällen ausgesetzt ist, ohne daß besondere Maßnahmen getroffen werden.

Als Untergrund von Spritzbeton eignet sich jede belastbare Fläche, die dem Aufprall des Spritzgutes standhalten kann, z.B. Fels, Erde, Mauerwerk, Beton, Holz, Metall, Kunststoff, Schalungen oder Isolierungen. Um einen korrekten Einbau und eine gute Haftung am Untergrund sicherzustellen, sollte dieser ausreichend robust sein und weder nachgeben noch vibrieren.

Die Oberflächenbeschaffenheit, die Festigkeit und die Sauberkeit des Untergrunds sind gleichermaßen wichtig für eine optimale Haftung des Spritzbetons. Beim Spritzbetoneinbau muß die Oberfläche feucht, aber frei von Wasser sein.

8.1.2 Für die Gebirgssicherung

Der Fels muß frisch ausgebrochen, fest und sauber sein.

Vor dem Spritzbetoneinbau müssen die Felsoberflächen und/oder der bereits vorhandene Spritzbeton mit einem Luft-Wassergemisch so gereinigt werden, daß alles Material, welches eine korrekte Haftung an der Oberfläche verhindern würde, entfernt wird, sofern die Verhältnisse vor Ort dies zulassen.

Während des Spritzbetoneinbaus darf kein unter Druck stehendes Wasser aus dem Untergrund austreten.

Das Grundwasser muß unter Kontrolle gebracht werden, um negative Auswirkungen auf die Betonauskleidung zu vermeiden. Die Maßnahmen dazu müssen von der Bauleitung genehmigt werden und bis mindestens 28 Tage nach dem Einbau des Spritzbetons wirksam bleiben. Einströmendes Wasser, das zu einer Beeinträchtigung des Spritzbetons führen oder die Haftung verhindern könnte, muß umgeleitet oder unter Kontrolle gehalten werden.

8.1.3 Für die Betoninstandsetzung

Entfernung von Beton

Sämtlicher loser, schadhafter und abbruchreifer Beton muß wie folgt entfernt werden:

- Wenn eine Karbonatation stattgefunden hat, muß der Beton bis zu einer Tiefe von mindestens 20 mm hinter den Bewehrungsstäben entfernt werden, um eine vollständige Wiedereinbettung

sicherzustellen; an den Übergängen zum nicht karbonisierten Beton bis zu einer Tiefe von 50 mm.

- Bei einem Chloridgehalt, der über dem kritischen Grenzwert liegt (siehe 6.2), muß der Beton bis zu einer Tiefe von mindestens 30 mm hinter den Bewehrungsstäben entfernt werden; an den Übergängen zum Beton, dessen Chloridgehalt unter dem kritischen Grenzwert liegt, bis zu einer Tiefe von 100 mm.
- Wurde der Beton durch Feuer beschädigt, muß er aus allen Bereichen entfernt werden, die Temperaturen von über 300°C ausgesetzt waren. Weist der darunterliegende Beton einen Chloridgehalt auf, muß obiger Absatz betreffend Chloridkontaminierung befolgt werden.

Sämtlicher schlecht verdichteter Beton und alle Kiesnester müssen ausgeräumt werden.

Sollten Schäden die in der 'Richtlinie' aufgeführten Grenzen überschreiten oder im Falle von stark korrodierten Bewehrungsstäben, muß die Bauleitung unverzüglich benachrichtigt werden.

Die Kanten von ausgeschnittenen Bereichen müssen nach innen einen schrägen Winkel von etwa 45° zur umliegenden Oberfläche bilden.

Wenn mehr als 50% vom Umfang der einzelnen Bewehrungsstäbe sichtbar ist oder wenn keine Haftung mehr besteht, muß der Beton bis zu einer Tiefe von mindestens 20 mm hinter den Bewehrungsstäben entfernt werden.

Nach dem mechanischen Ausbruch muß die Betonoberfläche mit Druckluft gereinigt werden.

Der Beton muß so entfernt werden, daß weder an der Bewehrung noch am verbleibenden Beton Schäden entstehen.

Es dürfen nur manuell bediente Drucklufthämmer verwendet werden.

Der roboterisierte Abbruch mit Wasserhochdruck (*hydrodemolition*) muß von der Bauleitung genehmigt werden (Unternehmer und Geräte).

Manuell bediente *hydrodemolition*-Maschinen müssen rückschlagfrei und mit einer Totmanneinrichtung versehen sein.

Bewehrungsstäbe

Falls nicht anders angeordnet, müssen die Bewehrungsstäbe gemäß der schwedischen Norm Sa 2 gereinigt werden.

Schalung

Das Schalungssystem muß der Belastung beim Spritzbetoneinbau standhalten können und den Einschluß von Rückprallmaterial verhindern.

8.1.4 Mengen

Vor dem Spritzbetoneinbau muß die Felsqualität geprüft und aufgezeichnet werden.

8.1.5 Genehmigungen

Ohne vorherige Zustimmung der Bauleitung darf Spritzbeton auf keinen Untergrund eingebaut werden. Daher muß der Unternehmer der Bauleitung zu einem um eine vereinbarte Zeitspanne vor dem beabsichtigten Einbau liegenden Zeitpunkt eine schriftliche Mitteilung machen. Davon ausgenommen sind Situationen, in denen die Sicherheit des Bauwerkes auf dem Spiel steht, worüber die Bauleitung unverzüglich in Kenntnis zu setzen ist.

8.2 Ausführung

8.2.1 Handhabung der Düse

Jede Spritzbetonschicht muß in mehreren Düsenpassagen über die Oberfläche aufgebaut werden, wobei auf eine richtige Verfahrenstechnik und eine optimale Düsenführung zu achten ist. Das Spritzgut muß in einem gleichmäßigen und nicht abbrechenden Strahl sowie im rechten Winkel und im korrekten Abstand zum Untergrund aus der Düse austreten. Sollte der Strahl aus irgendeinem Grund unregelmäßig werden, muß ihn der Düsenführer sofort von der Spritzfläche abwenden, bis er wieder konstant wird.

Bei senkrechten und beinahe senkrechten Oberflächen muß mit dem Einbau unten begonnen werden; bei großen Schichtdicken muß die Oberkante der Schicht eine Neigung von etwa 45 Grad aufweisen. Bei gebogenen Überkopf-Oberflächen wird der Spritzbeton wenn möglich von den Wänden zum Scheitel aufgebracht.

Jede Schicht muß genügend lange abgebunden haben, bevor die nächste eingebaut wird (siehe dazu Anhang 1, Tabelle 2 und Absatz 8.2.6). Lockeres Material und Rückprallgut müssen entfernt werden. Die Oberfläche muß auf Mängel überprüft sowie mit Druckluft und Wasser gereinigt und vorgeätzt werden. Falls keine besonders dringlichen Gründe - wie rascher Einbau von möglichst dicken Schichten zur Sicherung an der Ortsbrust - vorliegen, ist es ratsam, die vorgeschriebene Schichtdicke des Spritzbetons aus möglichst vielen Einzelschichten aufzubauen.

8.2.2 Behebung von Mängeln

Stellen mit Nestern, durchhängendem Beton oder anderen Mängeln müssen ausgeschnitten und frisch gespritzt werden, wobei die Fläche nicht weniger als 300 mm x 300 mm betragen darf.

8.2.3 Oberflächenbearbeitung

Oberflächenbearbeitungen wie das Abziehen oder Glätten sollten vermieden werden, da sie Reparaturarbeiten nach sich ziehen können. Für Instandsetzungsarbeiten wird auf 8.2.6 verwiesen.

8.2.4 Entsorgung des Rückprallmaterials

Rückprallmaterial darf nicht mit Spritzbeton überdeckt werden. Sämtliches Rückprallmaterial muß aus dem Arbeitsbereich entfernt werden und darf beim Einbau nicht verwendet werden. Die Entsorgung muß gemäß den Vertragsbestimmungen erfolgen und mit Rücksicht auf die Risiken einer Umweltverschmutzung.

8.2.5 Einbettung der Bewehrung bei der Felssicherung

Wo keine anderen Schichtdicken vorgeschrieben sind, müssen Gitterträger und/oder eingebettete Stahlbewehrungen mit mindestens 30 mm Spritzbeton überdeckt werden.

8.2.6 Spritzbetoneinbau bei Instandsetzungen

Für Betoninstandsetzungen können sowohl das Naß- wie auch das Trockenspritzverfahren angewendet werden. Beim Naßspritzverfahren gelten die allgemeinen Anforderungen, die in den anderen Abschnitten aufgeführt sind. Bei der Betoninstandsetzung gelten zudem folgende Anforderungen:

- Der Betonuntergrund muß frei von Staub, Zementschlämme, Öl oder stehendem Wasser sein.
- Bei Bedarf muß der Untergrund vorgeätzt werden, um die Wasserabsorption in den Untergrund zu vermeiden.
- Vor Einbaubeginn müssen Maschinen und Düsenführer von der Bauleitung genehmigt werden.
- Vor Beginn der eigentlichen Instandsetzungsarbeiten muß ein Prüfkörper hergestellt werden, um die korrekte Einbettung der Bewehrungsstäbe und die korrekte Oberflächenstruktur nachzuweisen.
- Bei Spritzbeginn muß die Düse von der Auftragfläche abgewendet werden, bis die Mischung richtig eingestellt ist.
- Trockenspritzen: Die Ausrüstung muß eine kontinuierliche Regulierung des Durchsatzes mit proportionaler Einstellung von Wasser und Trockengemisch erlauben, damit die Bewehrung korrekt eingebettet wird.
- Normalerweise muß die Düse in einem Abstand von 50-100 cm vom Untergrund und in einem rechten Winkel dazu gehalten werden.
- Wenn hinter Bewehrungsstäbe gespritzt wird, muß die Düse näher an den Untergrund gehalten werden und in einem Winkel, der eine vollständige Einbettung der Bewehrung sicherstellt und den Einschluß von Rückprallmaterial verhindert.

- Der Beton muß bis zur Höhe des umliegenden Betons eingebaut werden oder bis die vorgeschriebene Überdeckung erreicht ist. Nötigenfalls muß eine Schalung verwendet werden, um die ursprüngliche Form wiederherzustellen.
- Sind die Abstände zwischen den Stäben kleiner als 50 mm, müssen spezielle Maßnahmen getroffen werden (nur beim Trockenspritzen), wie Erhöhung des Wasserzementwertes, Verringerung des Durchsatzes sowie Verkleinerung des Abstands zwischen der Düse und dem Untergrund.
- Bei senkrechten und schrägen Oberflächen muß mit dem Spritzen unten begonnen werden.
- Angrenzende Bereiche müssen vor dem Überspritzen hinreichend geschützt werden.

Wenn im Vertrag eine Oberflächenbearbeitung (Glätten) verlangt wird, darf dies nur anhand des Feingunitverfahrens geschehen. Bevor die letzte Schicht eine ausreichende Festigkeit erreicht hat, darf keine Oberflächenbearbeitung durchgeführt werden. Unmittelbar nach der Oberflächenbearbeitung der letzten Schicht muß die Oberfläche mit einem Nachbehandlungsmittel oder mit einem anderen Nachbehandlungsverfahren vor dem Austrocknen geschützt werden. Ist eine Oberflächenbeschichtung vorgeschrieben, muß die Nachbehandlungsmembrane vor deren Einbau entfernt werden.

8.2.7 Eignung der Düsenführer

Die Düsenführer müssen kompetent sein und nachweisliche Erfahrungen im Einbau von Spritzbeton haben oder müssen unter der unmittelbaren Aufsicht eines Poliers oder eines Instructors stehen, die solche Erfahrungen haben. Der Einbau von Spritzbeton im Bauwerk darf nur durch Düsenführer erfolgen, die ihre Kompetenz und Fähigkeit, unbewehrten oder stahlfaserbewehrten Spritzbeton gemäß dieser 'Richtlinie' herzustellen, erfolgreich unter Beweis gestellt haben.

8.2.8 Baustellenversuche

8.2.8.1 Allgemeines

Baustellenversuche müssen normalerweise vorgeschrieben werden. Ausnahmen können gemacht werden, wenn ein genehmigtes abgepacktes Markenprodukt mit erwiesener Leistung verwendet werden soll.

8.2.8.2 Zeitplan

Die Baustellenversuche müssen zu einem ausreichend frühen Zeitpunkt begonnen werden, um sicherzustellen, daß alle benötigten Rezepturen entwickelt und alle Versuche zufriedenstellend abgeschlossen werden können, bevor der Einbau der jeweiligen Spritzbetonklasse erfolgt. Es darf keinerlei Spritzbeton eingebaut werden, bevor die notwendigen Baustellen- und Laborversuche abgeschlossen und von der Bauleitung genehmigt worden sind.

8.2.8.3 Ausrüstung und Material

Bei Baustellenversuchen muß dieselbe Ausrüstung verwendet werden wie bei der Ausführung, und die verwendeten Bestandteile sollten den bei der Ausführung verwendeten ebenfalls vollständig entsprechen.

8.2.8.4 Herstellung von Versuchsplatten

Für jede verwendete Spritzbetonklasse kann eine vom Unternehmer entworfene Versuchsmischung hergestellt werden; dabei müssen dieselben Bestandteile und Mischungsverhältnisse verwendet werden wie bei der Ausführung. Die Verfahren für Probeentnahme und Prüfung müssen gemäß Abschnitt 10.1 dieser 'Richtlinie' erfolgen. Ein sauberer und trockener Zwangsmischer muß verwendet und die erste Charge beseitigt werden.

Mit der Versuchsmischung muß ein erfahrener Düsenführer eine ausreichende Zahl von Versuchsplatten spritzen. Jede Platte muß eine Fläche von mindestens 1000 x 1000 mm (Roboterspritzen), bzw. 600 x 600 mm (manuelles Spritzen) und eine Dicke von mindestens 100 mm aufweisen. Die Platten müssen durch Spritzen von senkrecht angeordneten Formen hergestellt werden. Die Formen müssen den Beschreibungen in Abschnitt 10.1 dieser

'Richtlinie' entsprechen. Der Spritzbeton muß gut an den Formen haften, eine gute Verdichtung aufweisen und darf nicht durchhängen.

Die Platten dürfen während 18 Stunden nach dem Bespritzen nicht bewegt werden und müssen bis zur Probeentnahme bei einer Temperatur von $20 \pm 5^\circ\text{C}$ und mit Plastikfolien bedeckt störungsfrei gelagert werden.

8.3 Ausrüstung

8.3.1 Allgemeines

Die gesamte Ausrüstung, welche bei der Dosierung und dem Mischen der Bestandteile sowie beim Einbau aller Spritzbetonklassen verwendet wird, muß von der Bauleitung genehmigt und vom Unternehmer während der gesamten Dauer des Spritzbetoneinbaus (Vortrieb und permanente Auskleidung) in einwandfreiem Zustand gehalten werden. Alle Angaben zur verwendeten Ausrüstung müssen der Bauleitung vor Beginn der Baustellenversuche vorgelegt werden. Das Leistungsvermögen der Spritzausrüstung und des Zubehörs muß den einzubauenden Mengen entsprechen. Die Ausrüstung muß bezüglich aller Materialien leckfrei sein.

Die Spritzausrüstung muß eine regelmäßige Förderung des Spritzgutes sicherstellen, und die Geschwindigkeit des an der Düse austretenden Strahles muß groß genug sein, um eine maximale Haftung und Dichte des eingebauten Materials bei minimalen Rückprall sicherzustellen.

Eine vollständige Reinigung der Ausrüstung muß mindestens einmal je Arbeitsschicht oder - bei Verwendung von Zusatzmitteln zur Hydratationssteuerung - in anderen Zeitabständen erfolgen, um eine Ansammlung von Ablagerungen zu vermeiden.

Die Förderleitungen, bestehend aus Schläuchen oder Rohren, müssen in gerader Linie oder in flachen Bogen ausgelegt werden. Sie müssen einen gleichmäßigen Durchmesser aufweisen, der den Eigenschaften des Spritzgutes und der Fasern, die bei den Baustellenversuchen bestimmt wurden, angepaßt ist, und dürfen weder Beulen noch Knicke aufweisen.

Beim Spritzbetoneinbau müssen die Arbeitsbereiche gut beleuchtet sein (Zustimmung der Bauleitung erforderlich). An den Helmen angebrachte Lampen gelten nicht als ausreichende Beleuchtung.

8.3.2 Für das Naßspritzverfahren

Die Ausrüstung für das Naßspritzverfahren muß gemäß den Empfehlungen des Herstellers aufgebaut werden.

Die Düse muß die Zugabe ermöglichen von

- Den erforderlichen flüssigen Zusatzmitteln (Spritzbetonbeschleuniger oder -aktivatoren)
- Druckluft, um Geschwindigkeit und eine gute Verdichtung des Betons zu erzeugen.

Die flüssigen Zusatzmittel sollten in der Düse vor der Durchmischung mit dem Spritzgut mit der Druckluft vermischt werden. Die Düse sollte lang genug sein, daß die Druckluftenergie ausgenutzt wird, und sollte ohne Flattern und Vibrationen arbeiten.

Die für das Spritzen benötigte Druckluft muß sauber, trocken und frei von Öl sein und an den Maschinen kontinuierlich den vom Hersteller vorgeschriebenen Arbeitsdruck und das Volumen aufweisen.

8.3.3 Für das Trockenspritzverfahren

Die Ausrüstung für das Trockenspritzverfahren muß gemäß den Empfehlungen des Herstellers aufgebaut werden und so beschaffen sein, daß möglichst wenig Staub entsteht.

Die Spritzdüse muß eine vollständige und kontinuierliche Steuerung der Wassermenge erlauben und eine ausreichende Vermischung der Spritzbetonbestandteile sicherstellen. Sie muß den Trockengutstrom in einen formbaren Beton umwandeln, ohne daß dieser an Geschwindigkeit verliert, damit eine gute Verdichtung entsteht. Die Düse muß mit mindestens einem Ring ausgestattet sein, aus dem Wasser rechtwinklig in das Fördergut gespritzt werden kann.

Zudem muß die Düse die Zugabe und genaue Durchmischung von Zusatzstoffen/Zusatzmitteln erlauben. Sie muß mit einem Drosselventil ausgestattet sein zur Steuerung der Wassermenge sowie mit einem Zu-Auf-Ventil.

Die für das Spritzen benötigte Druckluft muß sauber, trocken und frei von Öl sein und an den Maschinen kontinuierlich den vom Hersteller vorgeschriebenen Arbeitsdruck und das Volumen aufweisen.

8.3.4 Dosierung von Spritzbetonbeschleunigern

Spritzbetonbeschleuniger müssen mit einer Dosierpumpe zugeführt werden. Die manuelle Zugabe von Zusatzmitteln ist nicht gestattet.

Für das Naßspritzen verwendete Maschinen müssen eine integrierte Dosiereinheit aufweisen, welche die Beschleuniger in der erforderlichen Menge zugibt.

Wird beim Trockenspritzen ein Flüssigbeschleuniger verwendet, müssen die verwendeten Maschinen eine integrierte Dosierpumpe enthalten, welche die flüssigen Beschleuniger mit einer Genauigkeit von $\pm 5\%$ der vorgeschriebenen Dosierung in den Wasserzulauf einschleust und nach den Richtlinien des Herstellers kalibriert und betrieben werden muß.

Beschleuniger sollten vor Frost und Verschmutzungen geschützt aufbewahrt werden.

8.4 Der Einbau von Naßspritzbeton zur Felssicherung

- Vor Spritzbeginn muß die Felsoberfläche untersucht und vermessen und die Felssicherungsmaßnahmen bestimmt werden.
- Die Oberfläche muß mit der Düse unter Verwendung von Druckluft und Wasser gereinigt werden.
- Die Reinigung muß systematisch von der Tunneldecke auf beiden Seiten abwärts zur Tunnelsohle erfolgen. Die Oberfläche muß während des Reinigungsvorgangs beobachtet werden, um sicherzustellen, daß sie sauber wird.

8.5 Baugerüste

Die Baugerüste müssen alle vor Ort geltenden Sicherheitsbestimmungen erfüllen.

8.6 Nachbehandlung

Der gesamte Spritzbeton muß richtig nachbehandelt werden, wobei die verwendeten Verfahren und Materialien von der Bauleitung genehmigt werden müssen. Die Nachbehandlung hat zur Aufgabe, die Bildung von Schwindrissen in der plastischen Phase, das durch Wärme beeinflusste frühe Schwinden und das langfristige Schwinden durch Erhärten einzuschränken und durch die Verhinderung einer vorzeitigen Austrocknung der Oberfläche eine gute Haftung zwischen den Spritzbetonschichten sicherzustellen. Bei der Verwendung von Zusatzmitteln für die interne Nachbehandlung müssen die Bestimmungen von Anhang 1: Abschnitte 3.6, 4.1 und 4.2 sowie Tabelle 5 befolgt werden.

Wenn die Verwendung von aufspritzbaren Nachbehandlungsmitteln vor dem Einbau einer weiteren Spritzbetonschicht vorgesehen ist, muß vor der Ausführung die Haftung zwischen den Schichten anhand von von der Bauleitung genehmigten Baustellenversuchen ermittelt werden. Dabei müssen dieselben Materialien und Einbauverfahren wie bei der Ausführung verwendet werden.

Die Nachbehandlung muß innerhalb von 20 Minuten nach Abschluß jedes Spritzvorganges erfolgen, wenn Abbindebeschleuniger verwendet wurden und innerhalb einer Stunde beim unbeschleunigten Spritzbeton. Die Nachbehandlung mit Wasser muß während mindestens 7 Tagen aufrechterhalten werden.

8.7 Frostschutz

Bis der Spritzbeton eine Druckfestigkeit von mindestens 5 MPa erreicht hat, muß er vor Frost geschützt werden.