Vorschriften für die Ausführung von Spritzbetonarbeiten

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen 2

2. Abweichungen von der Norm 2

3. Allgemeines 2

3.1. Spritzbetonklassen 3

4. Anforderungen 3

4.1. Rezepturen 3
4.2. Qualitätsanforderungen 3
4.3. Anforderung an Prüfbericht 4

5. Eignungsprüfung 4

5.1. Vorversuche 4
5.2. Zusätzliche Vorversuche bei Stahlfaserspritzbeton 5
5.3. Zusätzliche Vorversuche bei chemischem Angriff 5

6. Qualitäts-Überwachung, -Nachweis, -Kontrollen 5

7. Ausführung von Spritzbetonarbeiten 6

8. Überprofilregelung (Untertagbau) 6

9. Überprofilregelung (Nagelwand / Baugrubensicherung) 8

10. Prüfverfahren 9

10.1. Nassgemisch 9
10.2. Frühfestigkeitsklasse 9
10.3. Festigkeitsklasse 9
10.4. Expositionsklasse XF3 und XF4(CH) 10
10.5. Expositionsklasse XA1, XD1(CH) 10
10.6. Zusätzliche Prüfungen bei Stahlfaserspritzbeton 10
10.7. Zusätzliche Prüfungen bei chemischem Angriff XA2 oder XA3(CH) 10
10.8. Zusätzliche Prüfungen bei AAR-beständigem Beton 11

Ausgabe / Version	Freigabe	Gültigkeit
2027 / 2027	muc	ab 01.11.2026

1. Grundlagen

Es gelten die im Anhang 02 und im Werkvertrag und dessen Bestandteile aufgeführten Normen und Richtlinien, insbesondere:

- Norm SIA 198, Untertagebau, Ausführung
- Norm SN EN 14487-1: Spritzbeton -Teil 1; Begriffe, Festlegungen und Konformität
- Norm SN EN 14487-2: Spritzbeton -Teil 2; Ausführung
- Norm SN EN 206: Beton, Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- Norm SIA 262/1: Betonbau - Ergänzende Festlegungen
- Norm SN EN 14488: Prüfung von Spritzbeton, Teil 1 bis 7
- Norm SN EN 14889-1: Fasern für Beton, Stahlfasern
- NPK 164, Verankerungen und Nagelwände, Anhang Spritzbetonklassen und Spritzbetontypen

2. Abweichungen von der Norm

Bei der Spritzbetonklasse SC13 beträgt der maximal zulässige w/z-Wert 0.50.

Im Gegensatz zur Tabelle 12 der SN EN 14487-1 müssen die Frischbetoneigenschaften und die Frostbeständigkeit ebenfalls periodisch nachgewiesen werden. Zur Vereinfachung wurde der Umfang der Qualitätskontrollen während der Ausführung teilweise abgeändert.

In Abweichung zur Norm SN EN 206 gilt für die Expositionsklasse XF4(CH) bei der Spritzbetonklasse SC13 lediglich Frostangriff ohne Taumittel. Ist dieser Spritzbeton ausnahmsweise Frostangriff mit Taumittel exponiert, wird dies objektspezifisch speziell geregelt.

Für spezielle Bauteile kann ein AAR-beständiger Beton verlangt werden.

3. Allgemeines

Für das Tiefbauamt Graubünden gilt Spritzbeton nach Eigenschaften gemäss der Normenreihe SN EN 14487.

Die Klassifizierung entspricht der Norm SIA 198 (Untertagebau) bzw. dem NPK 164 (Verankerungen und Nagelwände).

Die Normanforderungen werden mit diesen Vorschriften präzisiert und ergänzt. Im Sinne der Übersichtlichkeit werden diese ebenfalls zusammengefasst. Im Falle von Widersprüchen gehen die Regelungen der BB2 den obgenannten Grundlagen vor.

Diese Bestimmungen gelten sowohl für Trocken- als auch für Nassgemisch als Ausgangsmischung. Ebenso gelten diese sowohl für Spritzbeton geliefert ab Betonanlage wie auch für werkgemischte Trockenmischungen.

Die Qualitätsvorschriften von Spritzbeton /-mörtel für Instandsetzungsmassnahmen sind dem Dokument BB2-Anhang 15 (Vorschriften für die Ausführung von Betoninstandsetzungen) zu entnehmen.

3.1. Spritzbetonklassen

Für Objekte des Tiefbauamtes Graubünden kommen folgende fünf Spritzbetonklassen zur Anwendung. Abweichungen davon müssen in der Projektierungsphase durch die Abteilung Kunstbauten genehmigt werden.

Spritzbetonklasse	**SC1**	**SC3**	**SC6**	**SC11**	**SC13**
Grundlage	Norm SIA 198 Untertagebau			NPK 164 Verankerungen und Nagelwände	
Anwendungsbereich	Auffüllen von Klüften und Hohlräumen	Erste Lage der Ausbruchsicherung	Verkleidung bei einschaligem Ausbau	Temporäre Sicherungen	Permanente Sicherungen
Bei Nassgemisch Konsistenzklasse	F3 / F4 / F5	F3 / F4 / F5	F3 / F4 / F5	F3 / F4 / F5	F3 / F4 / F5
Druckfestigkeitsklasse	C16/20	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30
Expositionsklasse (CH)	X0	XA1, XD1	XA1, XD1, XC3, XF3	XF1	XF4
D_{max} [mm]	4 / 8 / 16	4 / 8 / 16	4 / 8 / 16	4 / 8 / 16	4 / 8 / 16
Chloridgehaltsklasse	Cl 1.00	Cl 0.20	Cl 0.20	Cl 0.20	Cl 0.20
Frühfestigkeitsklasse	Keine Anforderung	J2	J2	J2	J2
Überwachungskategorie Bodenverfestigung	nicht zutreffend	Kategorie 3	Kategorie 2	nicht zutreffend	objektspezifisch
Bei Stahlfaserspritzbeton Energieabsorptionsklasse	nicht zutreffend	E800	E800	E800	E800
Zusätzlich bei Sulfatangriff	nicht zutreffend	XA2 oder XA3	XA2 oder XA3	nicht zutreffend	XA2 oder XA3
Bauteilspezifische Anforderung hinsichtlich AAR	nicht zutreffend	nicht zutreffend	nicht zutreffend	nicht zutreffend	AAR-beständig ausser bei Baugruben

Übersichtstabelle Spritzbetonklassen

4. Anforderungen

4.1. Rezepturen

Hinsichtlich Mindestanforderungen an die Zusammensetzung des Spritzbetons gilt die SN EN 14487-1.

Zur Reduktion der Auslaugung muss, bei der Expositionsklasse XA.., XD1(CH) min. 15 kg/m^3 Silikastaub beigemischt werden. Die Silikastaubdosierung bezieht sich bei Nassgemisch auf 1 m^3 fertig verdichteter Beton oder bei Trockengemisch auf 1 m^3 erdfeuchte Gesteinskörnungen.

Ist wegen des Sulfatgehaltes im Grundwasser oder Boden die Expositionsklasse XA2 oder XA3(CH) erforderlich, ist ein Zement mit hohem Sulfatwiderstand (*www.sia.ch Stichwortsuche "Register"*) zu verwenden.

Das einmal genehmigte Rezept muss beibehalten werden.

4.2. Qualitätsanforderungen

Die an den Spritzbeton gestellten Qualitätsanforderungen entsprechen den jeweiligen Normen und sind in der Tabelle T1 zusammengefasst.

4.3. Anforderung an Prüfbericht

Prüfberichte der Eignungsprüfung und der Qualitätsüberwachung während der Ausführung müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Auftraggeber, örtliche Bauleitung
- Strassenzug, Objekt, Bauteil, Lage Prüfstelle oder Eignungsprüfung
- Betonlieferant, Spritzbetonklasse, Betonrezept mit TBA GR-Nr.
- Spritzdatum, Spritzgerät, Düsenführer
- Prüfdatum, Probenehmer
- Ergebnisse der Prüfungen mit Beurteilungen bezüglich Anforderung gemäss Tabelle T1

Vom Prüflabor ist pro Baustelle, Betonklasse und Betonsorte laufend eine tabellarische Zusammenfassung aller Ergebnisse vorzunehmen und mit den Prüfberichten umgehend *dem TBA GR* (Bauleitung und Sektion Materialtechnologie) in pdf-Form per E-Mail zuzustellen.

Korrekturexemplare müssen als solche erkennbar und mit Datum der Korrektur versehen sein. Die vorgenommene Korrektur muss ersichtlich sein.

5. Eignungsprüfung

Im Rahmen einer Eignungsprüfung muss der Unternehmer vor Beginn der Arbeiten nachweisen, dass mit der gewählten Zusammensetzung und mit den gewählten Applikationsbedingungen die Anforderungen für den vorgegebenen Verwendungszweck erfüllt werden. Die Art des Spritzverfahrens ist mit der Eignungsprüfung festzulegen.

Die Eignungsprüfung erfolgt mit Vorversuchen und umfasst einen Rezeptnachweis sowie einen Nachweis der Eignung am Objekt. Der Rezeptnachweis kann vorgängig an einem separaten Prüffeld und den erforderlichen Probeplatten erbracht werden (z. B. an einem bereits ausgeführten Objekt). Der Prüfumfang ist in der Tabelle T2 festgelegt. Der Nachweis am Objekt muss mit Vorversuchen an Musterflächen vor Ort nach Tabelle T2 erfolgen.

Sämtliche Prüfungen haben im Auftrag der Unternehmung durch ein akkreditiertes Labor zu erfolgen.

Die vollständige Eignungsprüfung ist dem TBA GR, Sektion Materialtechnologie zur Genehmigung zuzustellen. Die genehmigte Eignungsprüfung muss mindestens fünf Arbeitstage vor Beginn der eigentlichen Arbeiten vorliegen.

Das TBA GR, Sektion Materialtechnologie führt eine Liste der genehmigten Spritzbetonrezepte. Rezeptnachweise welche älter als 5 Jahre sind, werden nicht akzeptiert.

5.1. Vorversuche

Die minimal erforderlichen Vorversuche für die Eignungsprüfung sind in der Tabelle T2 ersichtlich.

Im Regelfall ist ein Prüffeld von mindestens 4 m^2 sowie die gem. Tabelle T2 benötigte Anzahl Platten bis zu einer Gesamtstärke von mindestens 15 cm zu beschichten. Die Gewinnung von Proben sowie die Herstellung der Prüfplatten haben nach SN EN 14488-1 zu erfolgen. Die Bohrkerne dürfen frühestens nach 3 Tagen entnommen werden.

Es wird ausdrücklich auf die SN EN 14488-1 hingewiesen, wonach die Applikationsparameter beim Nachweis am Objekt denjenigen der tatsächlichen Arbeiten entsprechen müssen. Ist dies aus zeitlichen Gründen nicht möglich, kann ein genehmigtes Rezept provisorisch für die spezifische Verwendung zugelassen werden. Zur definitiven Genehmigung der Eignungsprüfung für die Anwendung am Objekt, muss dann zum frühestmöglichen Zeitpunkt eine Musterfläche unter den geforderten Bedingungen gespritzt und hinsichtlich Festbetoneigenschaften untersucht werden. Die erforderlichen Prüfungen sind der Tabelle T2 zu entnehmen.

Der AAR-Nachweis erfolgt an Proben welche nach dem SNR 592042 hergestellt werden.

5.2. Zusätzliche Vorversuche bei Stahlfaserspritzbeton

Die geforderte Energieabsorption muss an viereckigen Platten gemäss Ziffer 10.6 nachgewiesen werden und entspricht in etwa derjenigen einer mit einem Netz K 335 in der Mitte armierten Platte.

Die Kontrolle der Energieabsorption am Bauwerk erfolgt indirekt über den Stahlfasergehalt. Das heisst, dass der Fasergehalt, welcher zur Erreichung der geforderten Energieabsorption an den Platten erforderlich ist, auch an der Wand verlangt wird. Aus diesem Grunde muss der minimal erforderliche Fasergehalt der Platten an der Wand nachgewiesen werden.

Der Stahlfasertyp und die Dosierung sind anzugeben.

5.3. Zusätzliche Vorversuche bei chemischem Angriff

Der Sulfatwiderstand ist zu bestimmen.

6. Qualitäts-Überwachung, -Nachweis, -Kontrollen

Die laufende Qualitätsüberwachung während der Ausführung durch den Unternehmer muss die Sicherstellung der Spritzbetonqualität gewährleisten. Der Unternehmer gibt vorgängig im Prüfplan das Konzept für die vorgesehene Qualitätsüberwachung des Spritzbetons gem. Kontrollplan ab.

Der Umfang der für die Qualitätsüberwachung verlangten Prüfungen ist der Tabelle T3, zu entnehmen. Diese basieren auf der Tabelle 12 der SN EN 14487-1 Bodenverfestigung.

Der Qualitätsnachweis ist mittels Stichproben an Bohrkernen aus dem Bauwerk, oder, bei nicht ausreichender Schichtstärke, aus während den Spritzbetonarbeiten erstellten und gleich wie das Bauwerk nachbehandelten Platten zu erbringen. Sämtliche Prüfungen einer Qualitätskontrolle während der Ausführung müssen an der gleichen Mischung (Fahrmischer) erfolgen.

Alle Prüfungen haben im Auftrag der Unternehmung durch ein akkreditiertes Labor zu erfolgen. Die Prüfberichte sind umgehend der Bauleitung und dem TBA GR, Sektion MT per E-mail in pdf-Format zuzustellen. Ungenügende Teil- oder Zwischenergebnisse sind ebenfalls umgehend der Bauleitung und der Sektion MT weiterzuleiten. Die minimal erforderlichen Angaben im Prüfbericht sind der Ziffer 4.3 zu entnehmen.

Die Bauleitung kann, unabhängig von der Qualitätsüberwachung des Unternehmers, Qualitätskontrollen durchführen. Für die Kostenregelung gilt Norm SIA 118. Art. 137.

Bei Nichterreichen der Anforderungen, werden die notwendigen Massnahmen vom Projektverfasser festgelegt.

7. Ausführung von Spritzbetonarbeiten

Die Auftragsfläche für Spritzbeton ist mit geeigneten Mitteln vorzubehandeln. Lose, verwitterte oder schädliche Bestandteile sowie Rückprall sind vor dem Auftrag zu entfernen.

Armierungsnetze müssen so verlegt und befestigt werden, dass sie beim Spritzen ihre Lage beibehalten, nicht vibrieren und vollständig mit Spritzbeton ummantelt werden können.

Das Auftragen von Spritzbeton hat nach allen Regeln der Baukunst zu geschehen. Es dürfen nur erfahrene Düsenführer eingesetzt werden. Das satte Verfüllen aller Hohlräume, Klüfte und Spalten sowie das einwandfreie Einspritzen allfälliger Armierungsnetze muss durch entsprechende Düsenführung gewährleistet werden.

8. Überprofilregelung (Untertagbau)

Kosten (früher Zff. 3.2)

Grundsätzlich werden Überprofile, welche aufgrund der Grenzlinie G eruiert worden sind nach SIA 118/198 Art. 8.5 entschädigt. Dies bedeutet, es wird der volle Betonpreis bei Hinterfüllung ohne Stahleinbau resp. der volle Spritzbetonpreis bei Hinterfüllung mit Stahleinbau vergütet.

Ebenso nach SIA 118/198, Art. 21.2 erfolgt die Abrechnung des restlichen Überprofils aufgrund des effektiv eingebrachten Spritzbeton- resp. Betonvolumens mit Risikoverteilung des Überprofils auf Bauherr und Unternehmer. Dabei erhöht sich der Anteil des Unternehmers mit dem durchschnittlichen Überprofil. Die effektiven Mengen werden kontradiktorisch zwischen Unternehmer und Bauleitung aufgrund der Lieferscheine ermittelt.

Einheitspreise

Das Leistungsverzeichnis enthält die theoretischen Volumina sowie angenommene Mehrvolumen für das Hinterfüllen von Überprofilen.

Für die Preisreduktion werden in separaten Positionen (273.451.ff) des Leistungsverzeichnisses Einheitspreise (Ax) festgelegt. In der Regel entsprechen diese den Einheitspreisen der Liefer- und Auftragspositionen des Überprofilbetons bzw. des Überprofilspritzbetons.

Reduktionsfaktor „R“

Der Reduktionsfaktor „R“ für die Ermittlung des effektiv aufgebrachten Spritzbetonvolumens wird in Art. 21.2 der Norm SIA 118/198 wie folgt beschrieben:

Für Nasspritzbeton: *„0.8 mal der Menge der gelieferten Ausgangsmischung…“*
R = 0.80 (1.0 m^3 Frischbeton ergibt 0.8 m^3 fest aufgebracht)

Für Trockenspritzbeton: *„0.5 mal der gelieferten Menge…“*
R = 0.50 (1.0 m^3 Trockengemisch ergibt 0.5 m^3 fest aufgebracht)

In Ergänzung der Norm SIA 118/198 gelten für das Hinterfüllen von Stahleinbauten folgende Faktoren:

Für Nasspritzbeton: **R = 0.95** (1.0 m^3 Frischbeton ergibt 0.95 m^3 fest aufgebracht)

Für Trockenspritzbeton: **R = 0.75** (1.0 m^3 Trockengemisch ergibt 0.75 m^3 fest aufgebracht)

Ausbruchklassen-Faktor „a“

Für den Berechnungsvorgang wird in Abänderung der Norm der Faktor „a“ als Prozentzahl eingesetzt und nicht als Frankenbetrag, da nur das Ausmass für das Einsetzen in das Leistungsverzeichnis als Resultat erwünscht ist und kein Währungsbetrag.

Faktor „a“ wird wie folgt festgelegt: - für AK I - III a_{AK} = 1.0 %
- für AK IV-V a_{AK} = 0.8 %

Ermittlung des Abzuges auf Überprofilbeton:

1. Berechnung des effektiven Spritzbetonvolumens $V_{S,eff} = V_{S,LS} \times R$
2. Feststellen evtl. separat abgerechneten Überprofils $V_{geol.\ ÜP}$
3. Berechnung des effektiv als Übervolumen aufgetragenen Spritzbetons $V_S = V_{S,eff} - V_{S,theor.} - V_{geol.ÜP,S} - V_{Brust} - V_{Sohle}$
4. Berechnung des effektiv als Übervolumen eingebrachten Betons $V_B = V_{B,eff} - V_{B,theor.} - V_{geol.ÜP,B}$
5. Berechnung der theoretischen mittleren Dicke
   S_S = theoretische Aussenabwicklung des Ausbruchprofils
   S_B = theoretische Aussenabwicklung des Innenringes
   $$d_m = \frac{V}{S \times L}$$
   L = Abschnittslänge derselben Ausbruchklasse
   (Bei unterschiedlichen Abwicklungen wird d_m getrennt berechnet
   Q jedoch wird anschliessend mit der Summe der beiden d_m eruiert)
6. Bestimmung von a (aufgrund der Ausbruchklasse) und von R gemäss BB2
7. Berechnung der Quantität (bei Stahleinbau $V_B = 0$) $Q_x = V_x \times d_m \times a_{AK}$
8. Das Resultat wird in die Ausmasse eingesetzt Q_x = Ausmass auf Überprofilbeton
   Der Abzug erfolgt durch den negativ behafteten Einheitspreise (A_x) automatisch

Berechnungsbeispiel für Nassspritzbeton in AK II ohne Stahleinbau:

Annahmen	Teilstrecke		L	100 m'
	Theor. Aussenabwicklung des Ausbruchprofils		S_S	20 m'
	Theor. Aussenabwicklung des Innenrings		S_B	18 m'
	Theor. Spritzbetonstärke		d_S	0.10 m'
	Theor. Betonstärke		d_B	0.30 m'
	Reduktionsfaktor		R	0.80
	Bereits abgerechnetes ÜP		$V_{geol.ÜP,B}$	20 m^3
	Ausbruchklasse II		a_{AK}	1.0 %
Theor. Kubaturen	Spritzbeton	$V_{S,theor.} = L \times S_S \times d_S$		200 m^3
	Beton	$V_{B,theor.} = L \times S_B \times d_B$		540 m^3
Eff. Kubaturen	Spritzbeton gem. Lieferscheinen	$V_{S,LS}$		460 m^3
	Korr. Kubatur	$V_{S,eff} = V_{S,LS} \times R$		368 m^3
	Beton	$V_{B,eff} =$		780 m^3
Berechnung	ÜP Spritzbeton	$V_S = V_{S,eff} - V_{S,theor.} - V_{geol.ÜP,S} - V_{Brust} - V_{Sohle}$		168 m^3
	ÜP Beton	$V_B = V_{B,eff} - V_{B,theor.} - V_{geol.ÜP,B}$		220 m^3
	Mittlere Dicke Spritzbeton	$d_{mS} = \frac{V_S}{S_S \times L}$		8 cm'
	Mittlere Dicke Beton	$d_{mB} = \frac{V_B}{S_B \times L}$		12 cm'
	Totale mittlere Dicke	$d_m = d_{mS} + d_{mB}$		20 cm'

Quantität für Ausmass (Abzug auf Überprofilbeton)

$QS = VS \times dm \times a_{AK}$ **34.0** ($m^{4)}$

$Q_B = V_B \times d_m \times a_{AK}$ **44.0** ($m^{4)}$

(Die Kubaturen werden jeweils auf ganze m3 und die mittlere Dicke dm auf ganze cm gerundet. Das Endresultat wird auf eine Stelle nach dem Komma gerundet.)

9. Überprofilregelung (Nagelwand / Baugrubensicherung)

Die Vergütungsregelungen sind gemäss NPK 164 gegeben. Rückprallverluste sowie das arbeitstechnische Überprofil sind in den Angebotspreis einzurechnen. Mehrverbrauch verursacht durch unsachgemässe Ausführung geht zu Lasten des Unternehmers. Das geologische Überprofil und der daraus resultierende Mehrverbrauch an Spritzbeton werden nach Volumen (fest) berechnet (geltende Reduktionsfaktoren „R" für Nass- und Trocken-spritzbeton, siehe Abs. 8)

Im Leistungsverzeichnis ist die minimale, theoretische Auftragsstärke und das mutmassliche Mehrvolumen für das Verfüllen des geologischen Überprofils definiert.

Die Leistungen werden wie folgt ausgemessen:

- Spritzbeton – Auftrag: Fläche (m^2) (Dicke gemäss Plan)
- Geologisches Überprofil: Volumen (m^3) (Festmass am Bau)

10. Prüfverfahren

10.1. Nassgemisch

Frischbetoneigenschaften

Die Probenahme erfolgt gemäss Norm SN EN 14488-1.

Bestimmung folgender Frischbetoneigenschaften an der Grundmischung:

- Wassergehalt von Frischbeton nach SIA 262/1, Anhang H
  Angabe des w/z- bzw. w/z_{eq}-Wertes
  Das Wasser im Beschleuniger muss dabei berücksichtigt werden
- Ausbreitmass nach SN EN 12350-5
- Frischbetonrohdichte nach SN EN 12350-6
- Luftporengehalt im Frischbeton nach SN EN 12350-7
- Luft- und Betontemperatur

10.2. Frühfestigkeitsklasse

Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton (gemäss SN EN 14488-2, Verfahren A und B)

Abschätzen der Druckfestigkeit anhand der Eindringkraft der Eindringnadel (A) und Eindringtiefe und Ausziehkraft von eingetriebenen Bolzen (B).

Angabe der Frühfestigkeit in MPa. Die Frühfestigkeitsklasse ist jederzeit einzuhalten.

10.3. Festigkeitsklasse

Druckfestigkeit an Bohrkernen (gem. SN EN 12504-1, Beurteilung gem. SN EN 13791)

Es gilt der Vergleich des Festigkeitsergebnisses mit der Würfeldruckfestigkeit (1:1 BK).

Die Druckfestigkeit muss nach 7 und 28 Tagen bestimmt werden.

Der Nachweis der Festigkeitsklasse nach 28 Tagen erfolgt gemäss SN EN 13791, Ziffer 9.2, Tabelle 8 für ein begrenztes Volumen als Prüfbereich mit 3 Messstellen (3 Ergebnisse $f_{c,is}$).

Bezüglich Anzahl der Prüfkörper pro Messstelle gilt Ziffer NA.7.2. Im begrenzten Prüfbereich beträgt für Spritzbeton mit Grösstkorn ≤ 16 mm die minimale Anzahl Bohrlöcher (Prüfkörper):

- 3 Prüfkörper mit Ø = h und Ø ≥ 75 mm

oder

- 9 Prüfkörper mit Ø = h und Ø < 75 mm

Die Übereinstimmung der Druckfestigkeit im untersuchten begrenzten Prüfbereich gilt angenommen, wenn das folgende Kriterium erfüllt ist:

Kriterium: $f_{c,is,Tiefstwert,1:1\ BK} \geq 0.85\ (f_{ck,spec,1:1\ BK} - M)$ M = 4 für Klasse ≥ C20/25

z.B. C25/30: $f_{c,is,Tiefstwert,1:1\ BK} \geq 0.85\ (30 - 4)$ MPa = 22 MPa

$f_{c,is}$	Prüfergebnis für die Druckfestigkeit des Bauwerksbetons an einer Messstelle ($f_{c,is}$ ist jeweils: das Ergebnis eines Prüfkörpers mit Ø = h und Ø ≥ 75 mm oder das Mittel aus 3 Prüfkörpern mit Ø = h und Ø < 75 mm)
$f_{ck,spec}$	Charakteristische Mindestdruckfestigkeit der festgelegten Druckfestigkeitsklasse

10.4. Expositionsklasse XF3 und XF4(CH)

Frostbeständigkeit (gemäss VSS SN 640 464)

Nachweis des Frostwiderstandes mittels der physikalischen Zyklenprüfung BE II F. Als Mass für die Frostbeständigkeit dient der Widerstandsfaktor WF-L. Die Prüfung beginnt 28 Tage nach der Betonherstellung und dauert weitere ca. 28 Tage.

In der Regel genügt dieser Nachweis und diese Anforderung auch für die Expositionsklasse XF4(CH) der Spritzbetonklasse SC13. Wird bei dieser Spritzbetonklasse im Ausnahmefall objektspezifisch der Nachweis des Frosttausalzwiderstandes verlangt, ist dieser mittels der physikalischen Zyklenprüfung BE II FT nachzuweisen. Als Mass für die Frosttausalzbeständigkeit dient der Widerstandsfaktor WFT-L.

Ist ein Baustoff gemäss obgenanntem Verfahren als frosttausalzbeständig nachgewiesen, so gilt dieser auch als frostbeständig.

10.5. Expositionsklasse XA1, XD1(CH)

Wassereindringtiefe unter Druck (gemäss SN EN 12390-8)

Prüfung der Eindringtiefe von Wasser welches eine bestimmte Zeit unter definiertem Druck auf eine erhärtete Betonfläche einwirkt. Prüfung nach 28 Tagen.

Als Mass für den Wassereindringwiderstand dient das Mittel aus drei Probekörper Ø ≥ 150 mm der maximalen Wassereindringtiefe in mm.

10.6. Zusätzliche Prüfungen bei Stahlfaserspritzbeton

Energieabsorption (gemäss SN EN 14488-5)

Die Energieabsorption von Stahlfaserbeton muss an gespritzten, viereckigen Platten der Grösse 60 x 60 x 10 cm^3 bestimmt werden. Die Herstellung der Prüfplatten hat nach SN EN 14488-1 zu erfolgen

Angabe der absorbierten Energie E in J bei einer Durchbiegung von 25 mm. Als Mass für die Energieabsorption gilt das Mittel aus der entsprechenden Anzahl Platten.

An jeder Platte muss der Stahlfasergehalt gemäss nachfolgender Ziffer bestimmt werden.

Im Übrigen hat der Prüfbericht der SN EN 14488-5 zu entsprechen.

Stahlfasergehalt (gemäss SN EN 14488-7)

Nachweis des Stahlfasergehaltes am Festbeton mittels Verfahren A. Zur raschen Abklärung des Stahlfasergehaltes an der Wand, kann dieser auch am Frischbeton gemäss Verfahren B nachgewiesen werden.

Zur Kontrolle der korrekten Dosierung und zur Bestimmung des Rückpralls muss der Stahlfasergehalt jeweils auch an der Ausgangsmischung bestimmt werden.

Angabe des jeweiligen Stahlfasergehaltes in kg/m^3 und des Stahlfasertyps.

10.7. Zusätzliche Prüfungen bei chemischem Angriff XA2 oder XA3(CH)

Sulfatwiderstand (gemäss Norm SIA 262/1, Anhang D)

Prüfung der Sulfatdehnung an sechs Bohrkernen Ø 28 mm und Länge 150 mm nach Lagerung in einer sulfathaltigen Lösung und zyklischem Trocknen. Die Prüfung beginnt 28 Tage nach der Betonherstellung und dauert weitere 12 Wochen.

Als Mass für den Sulfatwiderstand dient die mittlere Sulfatdehnung Δls in ‰ während der Zusatzlagerung.

10.8. Zusätzliche Prüfungen bei AAR-beständigem Beton

Nachweis des AAR-Verhaltens

AAR-Nachweise werden akzeptiert, wenn diese nicht älter als 5 Jahre sind und wenn sichergestellt ist, dass die Kriterien für die Übertragbarkeit der Ergebnisse einer Beton-Performance-Prüfung gem. Tabelle T2 des SNR 592042 erfüllt sind.

Der AAR-Nachweis für jedes einzelne Produkt umfasst eine Beton-Performance-Prüfung gemäss SNR 592042 durch ein dafür akkreditiertes Labor.

Gelten die verwendeten Gesteinskörnungen aufgrund einer Mikrobar-Prüfung gemäss SNR 592042 als nicht alkalireaktiv, kann auf die Beton-Performance-Prüfung verzichtet werden. Die Prüfung hat durch ein akkreditiertes Labor zu erfolgen. Zur Identifikation der verwendeten GK müssen der Hersteller und die Abbaustelle dokumentiert werden.

Bei Verwendung von GK derselben Herkunft und Zusammensetzung für mehrere Produkte, genügt pro Lieferant eine Beton-Performance-Prüfung, sofern diese am Rezept mit dem höchsten AAR-Potential erfolgt. Die Wahl des Rezeptes mit dem höchsten AAR-Potential muss klar begründet und dokumentiert werden (Zementklinkergehalt, Brechkornanteil, Zusammensetzung, ev. Reaktivität GK mittels Mikrobar-Prüfung). Im Zweifelsfalle muss die Beton-Performance-Prüfung an mehreren Rezepten durchgeführt werden.

Werden Gesteinskörnungen von unterschiedlichen Abbaugebieten verwendet, sind die Nachweise für alle Abbaugebiete zu erbringen. Die Performance-Prüfungen müssen die Bandbreite der verwendeten Mischungsverhältnisse der Gesteinskörnungen abdecken.

Bei wesentlicher Änderung der Rezeptur oder Veränderung der Ausgangsstoffe muss der AAR-Nachweis wiederholt werden.

Vorbehalten bleiben Änderungen der Normen oder Bestimmungen des Tiefbauamtes GR.

Tabelle T1, Qualitätsanforderungen

Spritzbetonklasse	**SC3**	**SC6**	**SC13**
Anwendungsbereich	Erste Lage der Ausbruchsicherung	Verkleidung bei einschaligem Ausbau	Permanente Sicherungen
Konsistenzklasse [ ] Ziff. 10.1	F3 / F4 / F5	F3 / F4/ F5	F3 / F4/ F5
w/z-Wert [ ] Ziff. 10.1	0.50	0.50	0.50
Festigkeitsklasse Ziff. 10.3 Mittelwert-Kriterium** [MPa] Tiefstwert-Kriterium [MPa]	C25/30 ≥ 32 ≥ 22	C30/37 ≥ 37 ≥ 28	C25/30 ≥ 32 ≥ 22
Expositionsklasse (CH)	XA1, XD1	XA1, XD1, XC3, XF3	XF4*
- **XA1, XD1(CH)** Ziff. 10.5 Wassereindringtiefe [mm]	≤ 50	≤ 50	k.A.
- **XC3(CH)**	k.A.	k.A.	k.A.
- **XF3, XF4(CH)** Ziff. 10.4 Widerstandsfaktor WF-L [%]	k.A.	≥ 50	≥ 50*
Chloridgehaltsklasse Ziff. 4.1	Cl 0.20	Cl 0.20	Cl 0.20
Frühfestigkeit Ziff. 10.2 (nach 12 Stunden [MPa])	Min. Klasse J2 (≥ 3)	Min. Klasse J2 (≥ 3)	Min. Klasse J2 (≥ 3)
Zusätzlich bei Stahlfaserspritzbeton			
Energieabsorption [J] Ziff. 10.6	≥ 800	≥ 800	≥ 800
Faserdosierung [kg/m³] Ziff. 10.7	Zur Sicherstellung der Energieabsorption		
Fasergehalt ab Wand [kg/m³] Ziff. 10.7	Definition aufgrund der Energieabsorption an den Platten		
Zusätzlich bei Expositionsklasse XA2 oder XA3(CH) infolge Sulfatangriff			
Wassereindringtiefe [mm] Ziff. 10.5	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Sulfatdehnung Δl_s [‰] Ziff. 10.8	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0
Zusätzlich bei AAR-beständigem Beton			
AAR-beständig Ziff. 10.9 - Performance-Prüfung oder - Mikrobarprüfung			Beurteilung nach SNR 592042 - AAR-beständig oder - GK nicht reaktiv

k.A. = keine Anforderung

* In der Regel WF-L, im Ausnahmefall objektspezifisch der Widerstandsfaktor WFT-L.

** Dieses Kriterium gilt nur bei Eignungsprüfungen (Rezept-/Objektnachweise) gemäss Anhang A.5 der SN EN 206 mit einem festgelegten Vorhaltemass von 6 MPa.

Die Klasse SC1 erfordert keine Eignungsprüfung. Für die Klasse SC11 muss lediglich die 28-Tage-Festigkeit jedoch ohne Frostprüfung und allenfalls die Energieabsorption des Rezeptes vorgängig nachgewiesen werden. Somit werden diese beiden Klassen in den Tabellen T1 bis T3 nicht weiter erwähnt.

Tabelle T2 Vorversuche für Eignungsprüfung für Rezeptnachweis sowie für Nachweis der Eignung an Musterflächen vor Ort

Spritzbetonklasse	**SC3**	**SC6**	**SC13**
Anwendungsbereich	Erste Lage der Ausbruchsicherung	Verkleidung bei einschaligem Ausbau	Permanente Sicherungen
Konsistenzklasse [ ] Ziff. 10.1	1 Versuch	1 Versuch	1 Versuch
w/z-Wert [ ] Ziff. 10.1	1 Versuch	1 Versuch	1 Versuch
Festigkeitsklasse Ziff. 10.3	je 1 Versuch 7 und 28 Tage	je 1 Versuch 7 und 28 Tage	je 1 Versuch 7 und 28 Tage
Expositionsklasse (CH)	XA1, XD1	XA1, XD1, XC3, XF3	XF4
- **XA1, XD1(CH)** Ziff. 10.5 Wassereindringtiefe [mm]	1 Versuch	1 Versuch	-
- **XF3, XF4(CH)** Ziff. 10.4 Widerstandsfaktor WF-L [%]	1 Nachweis	1 Nachweis	1 Nachweis
Chloridgehaltsklasse Ziff. 4.1	1 Versuch	1 Versuch	1 Versuch
Frühfestigkeitsklasse Ziff. 10.2	1 Versuch	1 Versuch	1 Versuch
Zusätzlich bei Stahlfaserspritzbeton			
Energieabsorption Ziff. 10.6 jeweils an 3 Platten	1 Versuch	1 Versuch	1 Versuch
Faserdosierung Ziff. 10.7	1 Versuch	1 Versuch	1 Versuch
Fasergehalt ab Wand Ziff. 10.7	1 Versuch	1 Versuch	1 Versuch
Zusätzlich bei Expositionsklasse XA2 und XA3(CH) infolge Sulfatangriff			
Wassereindringtiefe Ziff. 10.5	1 Versuch	1 Versuch	1 Versuch
Sulfatdehnung Δℓ Ziff. 10.8	1 Versuch	1 Versuch	1 Versuch

Tabelle T3, Umfang der Qualitätsprüfungen während der Ausführung

Spritzbetonklasse	**SC3**	**SC6**	**SC13**
Anwendungsbereich	Erste Lage der Ausbruchsicherung	Verkleidung bei einschaligem Ausbau	Permanente Sicherungen
Konsistenzklasse Ziff. 10.1	1 / 250 m^3	1 / 500 m^3	Objektspezifisch
w/z-Wert Ziff. 10.1	1 / 250 m^3	1 / 500 m^3	Objektspezifisch
Frühfestigkeitsklasse Ziff. 10.2	1 / 250 m^3	-	Objektspezifisch
Festigkeitsklasse Ziff. 10.3	1 / 250 m^3	1 / 500 m^3	Objektspezifisch
XF3, XF4(CH) Ziff. 10.4 Widerstandsfaktor WF-L	-	1 / 500 m^3	Objektspezifisch
Zusätzlich bei Stahlfaserspritzbeton			
Energieabsorption Ziff. 10.6	2 Platten / 250 m^3	2 Platten / 500 m^3	Objektspezifisch
Faserdosierung Ziff. 10.7	1 / 125 m^3	1 / 250 m^3	Objektspezifisch
Fasergehalt ab Wand Ziff. 10.7	1 / 125 m^3	1 / 250 m^3	Objektspezifisch
Zusätzlich bei Expositionsklasse XA2 und XA3(CH) infolge Sulfatangriff			
Wassereindringtiefe Ziff. 10.5	1 / 250 m^3	1 / 250 m^3	Objektspezifisch
Sulfatdehnung $\Delta\ell$ Ziff. 10.8	1 / 250 m^3	1 / 250 m^3	Objektspezifisch

m^3 entspricht Kubatur gespritzter Beton an der Wand (ohne Rückprall)

Objektspezifisch: in der Regel min. 1 Prüfung pro Objekt

Die aufgeführte Anzahl in Tabelle T3 gilt für die ersten 2’500 m^3.

Für die weitere Betonmenge zwischen 2’500 und 10’000 m^3 kann die Anzahl halbiert werden.

Für die weitere Betonmenge über 10’000 m^3 kann die Anzahl nochmals halbiert werden.