Vorschriften für die Ausführung von Kunstbauten

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen / Allgemeines 3

2. Konstruktionsbeton für bewehrte Bauteile 3

2.1. Festlegung 3
2.2. Grundlegende Anforderungen 3
2.3. Klassenbezogene Anforderungen 4
2.4. Anforderungen bezüglich AAR-Verhalten 4
2.5. Anforderungen an die Ausgangsstoffe und Zusammensetzung 5

3. Weitere Baustoffe / Systeme 5

3.1. Pfahlbeton 5
3.2. Beton für unbewehrte Bauteile 6
3.3. Betonstahl 6
3.4. Spannsysteme (Brückenvorspannungen etc.) 7
3.5. Ankersysteme (Boden-, Felsanker etc.) 7
3.6. Einpressmörtel für Mikropfähle 8
3.7. Lawinen- und Steinschlagverbauungen 8

4. Erstprüfung 8

4.1. Allgemeines 8
4.2. Gültigkeitsdauer 9
4.3. Inhalt der Erstprüfung 10

5. Qualitätsüberwachung 11

5.1. Qualitätsüberwachung während der Ausführung 11
5.2. Ablauf Eigenkontrollen Bauunternehmer (Stichproben Bauherr) 13

6. Prüfverfahren 14

6.1. Frischbeton 14
6.2. Probenherstellung 14
6.3. Festbeton 15

7. Ausführung 16
7.1. Allgemeines....16
7.2. Aushub und Hinterfüllung....16
7.3. Schalungen, Lehr- und Schutzgerüste....17
7.4. Transport und Verarbeitung des Betons....18
7.5. Behandlung und Verarbeitung von Beton- und Spannstahl....19

Ausgabe / Version	Freigabe	Gültigkeit
2027/ 2027	MWi/muc	ab 01.11.2026

1. Grundlagen / Allgemeines

Es gelten die im Anhang 02_Planungs-, Ausführungs- und Produktenormen und im Werkvertrag sowie dessen Bestandteile aufgeführten Normen und Richtlinien.

Objektspezifische Festlegungen wie höhere Festigkeitsklassen, besondere Eigenschaften (z.B. Sulfat- oder AAR-Beständigkeit) und Abweichungen von nachfolgenden Vorschriften (z.B. Grösstkorn) sind mit der Abteilung Kunstbauten, bei Materialfragen mit der Sektion Materialtechnologie, abzusprechen.

Die Baustoffe Beton und Betonstahl sowie die Spannsysteme sollen grundsätzlich den Anforderungen der Norm SIA 262, die Ankersysteme der Norm SIA 267 genügen.

Bei der Wahl der Baustoffe bzw. Betonsorten sind die Weisungen für die Projektierung von Kunstbauten zu beachten.

2. Konstruktionsbeton für bewehrte Bauteile

2.1. Festlegung

Das TBA GR legt den Beton nach Eigenschaften gemäss SN EN 206 unter Berücksichtigung folgender Punkte fest:

- Nutzungsdauer von 80 bis 90 Jahren
- Teilweise extreme Sättigungs-, Frost- und Tausalzbedingungen
- Geeignete Nachbehandlungsdauer gemäss Norm
- Berücksichtigung lokaler Gesteinskörnungen aufgrund Erfahrung
- stark variierender Bauteilabmessungen und Einwirkungen aus der Umgebung
- Verwendung einer möglichst geringen Anzahl Betonsorten

2.2. Grundlegende Anforderungen

Die werkseigene Produktionskontrolle (WPK) muss im Sinne der SN EN 206 zertifiziert sein. Im Regelfall gelangen folgende Betonsorten zum Einsatz:

Ortbeton

- TBA Konstruktionsbeton, Betonsorte GR 1
  C25/30, XF2(CH)
  Konsistenz C2 oder C3 (F2 bis F4)

  Alternativ kann für bewehrte Kunstbauten folgender Beton geliefert werden
- Beton nach SN EN 206, G(T4)
  C30/37, XC4(CH), XD3(CH), XF4(CH)
  Konsistenz C2 oder C3 (F2 bis F4)

Vorfabrikationsbeton

- Beton nach SN EN 206 G(T4)
  C30/37, XC4(CH), XD3(CH), XF4(CH)
  Konsistenz Produktionsspezifisch

Im Regelfall gilt für das TBA GR Beton mit einem Grösstkorn der Gesteinskörnung von 32 mm und der Klasse des Chloridgehaltes Cl 0.10.

2.3. Klassenbezogene Anforderungen

2.3.1. Frischbeton

Die in der Norm SN EN 206 vorgegebene Konsistenzklasse C3 bei der Betonsorte G(T4) ist bei der Ausarbeitung der Erstprüfung nicht zwingend einzuhalten. Sie kann den Bedürfnissen des Verwenders verarbeitungs- bzw. bauteilspezifisch angepasst werden. Die Erstprüfung ist innerhalb der in Ziffer 2.2 aufgeführten Konsistenzklassen durchzuführen.

2.3.2. Festbeton

Anforderung bezüglich Festigkeit

Als Kriterium hinsichtlich Festigkeit gilt bei der Erstprüfung die SN EN 206, Anhang A.

Anforderung bezüglich Frosttaumittelangriff (XF2 und XF4(CH))

- Für den Nachweis des Frosttaumittelwiderstandes muss die diagnostische Prüfung BE I FT durchgeführt werden (VSS 40 464). Je nach Anteil petrographisch ungeeigneter Körner (siehe Ziffer 2.5) muss zusätzlich die physikalische Prüfung BE II FT durchgeführt werden. Beide Prüfungen müssen durchgeführt werden für Beton der Sorte G(T4), ausser bei Verwendung der unter Ziffer 2.5 erwähnten Zemente.
- Der Widerstandsfaktor hinsichtlich Frosttaumittelangriff (WFT-P bzw. WFT-L) muss bei bewehrten Kunstbauten und bei Vorfabrikationsbeton mindestens 50% betragen. Bei Verkehrsflächen muss dieser mindestens 80% betragen. Bei widersprüchlichen Ergebnissen ist die physikalische Prüfung BE II FT (WFT-L) massgebend.

Anforderungen bezüglich Chloridwiderstand (XD3(CH))

- Bei der Betonsorte GR 1 muss der Chloridwiderstand nicht nachgewiesen werden.
- Bei der Betonsorte G(T4) gilt die Normanforderung $D_{cl} \leq 10*10^{-12}$ m^2/s.

Anforderungen bezüglich Sulfatbeständigkeit (XA2s / XA3s(CH))

Wird bei starkem Sulfatangriff objekt- bzw. bauteilspezifisch die Expositionsklasse XA2s(CH) oder XA3s(CH) verlangt, sind zusätzlich folgende Vorgaben einzuhalten:

- Zement gemäss Tabelle NA.11 der SN EN 206
- w/z-Wert ≤ 0.45
- Mittelwert der grössten Wassereindringtiefen aus drei Prüfkörpern ≤ 30 mm
- Sulfatdehnung $\Delta l_S \leq 1.0‰$

2.4. Anforderungen bezüglich AAR-Verhalten

„Stark reaktive“ Betonrezepte sind in jedem Fall auszuschliessen. Dazu dürfen grundsätzlich nur Betonrezepte mit einer Längenausdehnung nach der Beton-Performance-Prüfung unter dem Doppelten der Anforderungen gemäss SNR 592042 verwendet werden.

Bei „AAR-beständigem“ Beton (Objekt- bzw. Bauteilspezifisch festgelegt) gelten alle Anforderungen gemäss SNR 592042.

Gelten die Gesteinskörnungen aufgrund einer Mikrobar-Prüfung nach dem SNR 592042 als nicht alkalireaktiv, kann auf die Beton-Performance-Prüfung verzichtet werden.

2.5. Anforderungen an die Ausgangsstoffe und Zusammensetzung

Es gelten die Tabellen NA.1 und NA.6 der SN EN 206 mit folgenden Anpassungen.

Wasser

- Der maximal zulässige w/z-Wert bzw. w/zeq-Wert für Betonsorte GR1 beträgt 0.48.

Zement

- Bei der Betonsorte GR1 dürfen nur CEM I, CEM II/A-D oder CEM II/B-M (S-T) verwendet werden. Der Mindestgehalt beträgt 320 kg/m^3.

Zusatzmittel

- Bei Beton der Expositionsklasse XF..(CH) muss der Mindestluftgehalt 3.0 Vol-% betragen.

Gesteinskörner

- Es dürfen keine rezyklierten Gesteinskörnungen verwendet werden.

Das zu wählende Prüfverfahren zum Nachweis des Frost- bzw. Frosttaumittelwiderstands hängt von den Gesteinskörnungen ab. In Anlehnung an die Norm VSS 70 115 ist am Beton:

- Bei geringen Anteilen petrografisch ungeeigneter Gesteinskörner (< 6 %) im Korngemisch und freien Schichtsilikaten (< 5 Zahl-% bzw. fPH$_5$) in der feinen Gesteinskörnung ist der Frost- bzw. Frosttaumittelwiderstand diagnostisch mittels Porenanalyse (BE I F bzw. FT) zu bestimmen.
- Bei einem erhöhten Anteil petrographisch ungeeigneter Körner im Korngemisch (zwischen 6 bis 10 %) und / oder einem Anteil freier Schichtsilikate in der feinen Gesteinskörnung zwischen 5 und 10 Zahl-% (fPH$_{10}$) ist *zusätzlich zur diagnostischen Bestimmung* des Frost- bzw. Frosttaumittelwiderstands die entsprechende physikalische Prüfung (BE II F bzw. FT) durchzuführen.
- Bei einem Anteil petrographisch ungeeigneter Körner >10 % im Korngemisch und / oder >10 Zahl-% Schichtsilikate in der feinen Gesteinskörnung dürfen die Gesteinskörnungen für Beton der Expositionsklassen XF2 und XF4(CH) nicht verwendet werden.

Fasern

- Für spezielle Anwendungen (z.B. Beton mit erhöhter Brandbeständigkeit) können Fasern beigemischt werden. Die Eignung am Rezept muss nachgewiesen werden.

3. Weitere Baustoffe / Systeme

Folgende Betonsorten müssen ebenfalls von einem Betonwerk mit zertifizierter werkseigenen Produktionskontrolle bezogen werden.

3.1. Pfahlbeton

Für Pfahlbeton ist, je nach Anwendungsbereich, die Betonsorte P1 (im Trockenen) oder P2 (unter Wasser) gem. Norm SN EN 206 mit folgender Erweiterung zu verwenden:

- Bei der Betonsorte P1 ist auch die Konsistenzklasse F5 zulässig.
- Erfordern die Umgebungsbedingungen ausnahmsweise die Expositionsklasse XF2(CH), so gilt als Anforderung für den Frostwiderstand WF-P ≥ 50%.
- Hinsichtlich AAR sind bei Pfahlbeton keine besonderen Massnahmen erforderlich.

3.2. Beton für unbewehrte Bauteile

Verkehrsflächen inklusive Betonkreisel

Für Verkehrsflächen kommt Beton nach SN 640 461 zum Einsatz:

- C30/37, XF4(CH)
- AAR-beständig
- Zusätzliche Anforderungen gemäss SN 640 461

Tunnelinnenringe

Für Tunnelinnenringe kommt die Betonsorte D(T1) nach SN EN 206, C25/30, XC4(CH), XD1(CH), XF2(CH) Konsistenz F3 bis F4 mit folgenden Präzisierungen zum Einsatz:

- Die in der Norm SN EN 206 vorgegebene Konsistenzklasse C3 bei der Betonsorte D(T1) ist nicht zwingend einzuhalten.
- Anforderung bezüglich Frostangriff (XF2(CH)):

  Für den Nachweis des Frostwiderstandes gilt Ziffer 2.5 (Gesteinskörner).

  Der Widerstandsfaktor hinsichtlich Frostangriff WF-P / WF-L muss bei Tunnelinnenringen mindestens 50% betragen.
- Anforderung bezüglich Karbonatisierungswiderstand (XC4(CH)):

  Bei der Betonsorte D(T1) für unbewehrte Tunnelinnenringe kann bei Objekten des TBA GR auf den Nachweis des Karbonatisierungswiderstandes KW verzichtet werden.

Unbewehrte Betonmauer (ohne Natursteine)

Für unbewehrte Betonmauern ohne schützende Naturstein-Schale ist die Betonsorte GR1 oder G(T4) zu verwenden.

Weitere unbewehrte Bauteile

Für weitere unbewehrte Bauteile (z.B. Natursteinmauern, Fundationsschächte) wird Beton der Festigkeitsklasse C20/25 (Betonsorte: GR 2), bzw. für Unterlags- und Füllbeton der Festigkeitsklasse C12/15 (Betonsorte: GR 3) verwendet.

Bei diesen Betonsorten wird lediglich die Festigkeitsklasse verlangt. Beton gemäss Norm SN EN 206 der Sorte A, C20/25, XC2(CH) bzw. Sorte 0, C12/15, X0(CH) darf für diese Anwendungen verwendet werden.

Diese Betonsorten dürfen uneingeschränkt als Recyclingbeton mit Betongranulat RC-C als Recyclingbeton mit Mischgranulat RC-M10 oder Recyclingbeton mit Mischgranulat RC-M40 mit einem maximalen Mischgranulatanteil von 40% geliefert werden; Mauern sind in diesem Fall rückseitig mit in den Stössen verklebten und im Normalfall horizontal verlegten Drainagematten vor Wasserzutritt zu schützen. Die Einbaukonsistenz muss ein Verdichten des Betons im Bauwerk zulassen.

Recycling-Beton mit über 40% Mischgranulat (RC-M40 ohne Einschränkungen) darf nur für unbewehrte Mauer-Fundamente, unbewehrte Fundationsschächte und Unterlags- und Füllbeton verwendet werden.

3.3. Betonstahl

Sofern der Betonstahl nicht speziell bezeichnet ist, darf nur Betonstahl der Klassen B oder C verwendet werden, der im SIA-Register der normkonformen Betonstähle aufgeführt ist.

Im Kordon und in Brüstungen von Brücken ist für Bügel Betonstahl der Korrosionswiderstandsklasse 1 (Wirksumme WS ≥ 10, z.B. TOP 12) und für Montageeisen im Überdeckungsbeton Betonstahl der Korrosionswiderstandsklasse 3 (Wirksumme WS ≥ 23, z.B. Werkstoffnummer 1.4362) zu verwenden.

3.4. Spannsysteme (Brückenvorspannungen etc.)

Es dürfen nur Spannsysteme, welche im aktuellen SIA-Register der zugelassenen Spannsysteme aufgeführt sind, durch das dort aufgeführte Fachunternehmen ausgeführt werden. Das gültige Register kann unter www.sia.ch Stichwortsuche "Register" eingesehen werden.

Der Einpressmörtel muss der Norm SN EN 447 entsprechen.

Die Produktionskontrolle des Füllguts auf der Baustelle hat nach der SN EN 446 zu erfolgen. Diese ist vom Fachunternehmen durchzuführen und zu dokumentieren. Die Dokumentation muss umgehend *vom Fachunternehmen dem TBA GR* (Bauleitung und Sektion Materialtechnologie) in pdf-Form per E-Mail zugestellt werden.

3.5. Ankersysteme (Boden-, Felsanker etc.)

3.5.1. Ankerstahl

Vorgespannte Ankersysteme müssen im aktuellen SIA-Register der zugelassenen Ankersysteme aufgeführt sind. Das gültige Register kann unter *www.sia.ch Stichwortsuche "Register"* eingesehen werden.

Für ***Stahl von ungespannten Ankern (Vollverbundankern)*** gilt Ziffer 3.3 Bei Anwendung von Ankern der Schutzstufe 2a und 3a ist zwecks Parallelkontrolle des Korrosionsschutzes das Labor der Sektion Materialtechnologie zu informieren, bevor die ersten Anker injiziert werden.

3.5.2. Einpressmörtel

Einpressmörtel für Anker mit einer Nutzungsdauer von über 5 Jahren müssen der Norm SN EN 447 entsprechen. Es ist ein Zwangsmischer mit Dosiereinrichtung für Wasser und Zusatzmittel zu verwenden. Im Kopfbereich (Frosttiefe) muss die Frostbeständigkeit des Rezeptes nachgewiesen werden. Für CEM I oder CEM II/B-M(S-T) und w/z-Wert ≤ 0.40 ist diese gewährleistet. Bei mässigem oder starkem Sulfatangriff muss ein Zement gemäss Tabelle NA.11 der SN EN 206 verwendet werden.

Das Fliessvermögen, die Wasserabsonderung, die Volumenänderung, die Druckfestigkeit sowie die Dichte des flüssigen Mörtels nach SN EN 445 und der w/z-Wert in Anlehnung an Norm SIA 262/1 sind pro Unternehmung, Rezept und Mischer mindestens einmal pro Kalenderjahr vorgängig zu prüfen und nach SN EN 447 zu beurteilen (Eignungsprüfung nach SN EN 446). Die Ergebnisse müssen umgehend vom *Prüflabor dem TBA GR* (Bauleitung und Sektion Materialtechnologie) in pdf-Form per E-Mail zugestellt werden. Mit der Ausführung darf erst begonnen werden, wenn die Frischmörteleigenschaften vorliegen und die Anforderungen erfüllt sind.

Das TBA GR, Sektion Materialtechnologie führt eine Liste der genehmigten Einpressmörtel. Rezeptnachweise bzw. Eignungsprüfungen sind nur im Jahr der Durchführung gültig.

Während der Ausführung sind die Eigenschaften stichprobenartig zu kontrollieren und gemäss SN EN 447 zu beurteilen (Produktionskontrollen auf der Baustelle nach SN EN 446). Der Umfang ist im Anhang 17 geregelt.

- Ausser bei thixotropen Einpressmörteln muss das Fliessvermögen mit dem Trichterverfahren geprüft werden.
- Bei Fertigprodukten muss zusätzlich der Luftporengehalt des Frischmörtels ermittelt werden. Ziffer 5 Tabelle 1 ist zu beachten.
- Die Druckfestigkeit wird nach 7 Tagen an zwei und nach 28 Tagen an vier Prismen-Hälften gemäss SN EN 445 bestimmt.

3.6. Einpressmörtel für Mikropfähle

Bei rein auf Druck beanspruchten Mikropfählen muss gemäss Norm SIA 267 der Injektionsmörtel mindestens 450 kg/m3 CEM I oder gleichwertiges Bindemittel enthalten.

Das Fliessvermögen, die Wasserabsonderung, die Volumenänderung sowie die Druckfestigkeit nach SN EN 445 und der w/z-Wert in Anlehnung an Norm SIA 262/1 sind vorgängig zu prüfen. Der w/z-Wert darf 0.55 und die Wasserabsonderung nach 2 Stunden darf 3% nicht überschreiten. Die Druckfestigkeit nach 28 Tagen muss mindestens 25 MPa betragen. Die übrigen Prüfungen gelten als Kennwerte. Diese können objektspezifisch festgelegt werden.

Bei Einpressmörteln für ungespannte Anker mit langer Nutzungsdauer sowie Mikropfählen mit *Zug- oder Schubbeanspruchung gilt die Ziffer 3.5*.

3.7. Lawinen- und Steinschlagverbauungen

Bei Lawinen- und Steinschlagverbauungen sind Produkte aus der Typenliste Ankermörtel des BAFU zu verwenden (*www.bafu.admin.ch Stichwortsuche "Typenliste Ankermörtel"*). Bei dieser Anwendung sind für die Konformitätsprüfung Prüfkörper nach der technischen Richtlinie des BAFU herzustellen und der Sektion Materialtechnologie des TBA GR bzw. dem vom Bauherr bestimmten Labor zuzustellen (keine Sagexschalungen). Dabei gelten die Qualitätsanforderungen nach BAFU.

4. Erstprüfung

4.1. Allgemeines

Erstprüfungen dienen dem Nachweis, dass die festgelegten Anforderungen am Frisch- und Festbeton aus festen und mobilen Betonanlagen mit dem gewählten Rezept erfüllt werden sowie als Grundlage zur Qualitätsüberwachung während der Ausführung. Sämtliche Prüfungen haben im Auftrag der Unternehmung durch ein akkreditiertes Labor zu erfolgen. Der Bericht ist der Sektion Materialtechnologie in Papierform zuzustellen.

Eine Erstprüfung ist für TBA Konstruktionsbeton und G(T4) gemäss Ziffer 2, für Pfahlbeton gemäss Ziffer 3.1 sowie für Beton für unbewehrte Tunnelinnenringe D(T1) gemäss Ziffer 3.2 erforderlich.

Für Pfahlbeton ist eine reduzierte Erstprüfung ausreichend. In diesem Fall müssen Rezeptur, die Frischbetoneigenschaften sowie die Druckfestigkeit im Voraus nachgewiesen werden. Die rezeptspezifischen Grenzen für das Einbringen des Betons müssen vorliegen. Die WPK der Herstellers muss im Sinne der SN EN 206 zertifiziert sein.

Ausser bei Beton für unbewehrte Tunnelinnenringe D(T1) ist für Beton gemäss Ziffer 3.2 keine Erstprüfung erforderlich.

Sofern die Erstprüfung, ein Zertifikat der WPK und das Kennwertblatt Beton (KBB) der Sektion Materialtechnologie des TBA GR vorliegen, wird das Rezept in die Liste genehmigter Erstprüfungen aufgenommen. Die genehmigte Erstprüfung hat mindestens 5 Arbeitstage vor Beginn der entsprechenden Arbeiten vorzuliegen.

4.2. Gültigkeitsdauer

Wird die in der Erstprüfung ausgewiesene Qualität am Festbeton bei der Qualitätsüberwachung ***während der Ausführung deutlich oder mehrmals nicht bestätigt***, wird das Rezept aus dieser Liste gestrichen. Liegen von einem Rezept über eine Zeit von ***5 Jahren keine Ergebnisse*** von Qualitätskontrollen während der Ausführung oder von entsprechenden Werkprüfungen vor, wird das Rezept ebenfalls aus der Liste gestrichen.

Wenn eine ***wesentliche Änderung der Ausgangsstoffe*** eintritt, muss die Erstprüfung wiederholt werden. Als wesentliche Änderung gelten gem. SN EN 206, Ziff. 9.5:

- Herkunft oder Eigenschaft der Ausgangsstoffe
- Änderung der Zementart und der Zementmenge (±25 kg/m3). Hinsichtlich Übertragbarkeit der Ergebnisse einer gültigen Beton-Performance-Prüfung gilt die Tabelle 2 des SNR 592042.

Bei ***Abänderung vom Grösstkorn oder Zusatzstoffbeigabe*** ist ebenfalls eine neue Erstprüfung erforderlich. Dabei ist die SN EN 206 Tabelle NA.7 zu beachten.

Beim ***Wechsel der Festigkeitsklasse*** ist das KBB zu aktualisieren.

Beim Wechsel der Zusatzmittel (ZM) gilt:

- Der geltende Bereich der Zusatzmitteldosierung sowie die geltenden Sommer- bzw. Winterprodukte sind im KBB zu benennen.
- Beim Wechsel innerhalb der gleichen Reihe (gemäss Beurteilung Zusatzmittel-Lieferant), ist mindestens eine Aktualisierung des KBB erforderlich.
- Die Zugabe eines Abbindeverzögerers oder eines Frostschutzmittes darf (nach Absprache mit dem Zusatzmittel-Lieferanten) objekt- und bauteilspezifisch ohne Erstprüfung bzw. Anpassung KBB erfolgen.

Bei ***AAR-beständigen Rezepten*** sind Nachweise innerhalb von 5 Jahren zu wiederholen. Zum Nachweis „nicht stark reaktiv“ dürfen die Prüfungen auch älter als 5 Jahre sein.

Bei jeder wesentlichen Rezeptanpassung muss das AAR-Verhalten wie folgt beurteilt werden:

a) Beurteilung des abgeänderten Rezeptes aufgrund eines geprüften Rezept desselben Werks nach SNR 592042, Tabelle 2.

   Wenn nicht alle Randbedingungen und Anforderungen erfüllt sind → b)

b) Beurteilung des AAR-Verhaltens vom abgeänderten Rezept durch eine ausgewiesene Fachperson.

   Wenn das AAR-Verhalten nicht mit Sicherheit beurteilt werden kann → c)

c) Mikrobar-Prüfung oder Beton-Performance-Prüfung des betreffenden Rezeptes nach SNR 592042.

4.3. Inhalt der Erstprüfung

Eine Erstprüfung ist grundsätzlich in der SN EN 206 geregelt. Der Prüfbericht einer Erstprüfung muss mindestens folgende Angaben enthalten:

Allgemeine Angaben

- Prüfstelle, Herstellwerk, Herstellort
- Prüfberichte der einzelnen Prüfungen

Betonrezept

- Rezept Gesteinskörnung
- Zementart, -menge
- Der geltende Bereich der Zusatzmitteldosierung sowie die geltenden Sommer- bzw. Winterprodukte.
- Bezeichnung der verwendeten Zusatzstoffe und Dosierung

Gesteinskörnung

- Prüfstelle, Lieferant und Vorkommen
- Datum und Ort der Probenahme
- Angabe der petrographisch ungeeigneten Körner in den einzelnen Korngruppen und im Korngemisch sowie Angabe der freien Schichtsilikate in den feinen Gesteinskörnungen
- Angabe Wasseraufnahme der Gesteinskörnung wG
- Allfällige Ergebnisse von Mikrobar-Prüfungen

Frischbetoneigenschaften

- Prüfstelle
- Datum und Ort Probenahme
- Zeit Betonherstellung und Prüfung
- Wassergehalt und w/z-Wert
- Frischbetonkonsistenz
- Frischbetonrohdichte
- Luftporengehalt (bei Pumpbeton vor und nach der Pumpe)
- Luft- und Betontemperatur

Festbetoneigenschaften

- Prüfstelle
- Datum und Ort Probekörperherstellung
- Zeiten Betonherstellung und Probekörperherstellung
- Druckfestigkeit
- Dichte Festbeton
- Frost- bzw. Frosttaumittelwiderstand
- Allenfalls Chloridwiderstand
- Allenfalls Wassereindringtiefe und Sulfatdehnung bei der Expositionsklasse XA2 / XA3
- Allfällige Ergebnisse von Beton-Performance-Prüfungen

Kennwertblatt Beton

Das Kennwertblatt Beton (KBB) mit allen Informationen vom Hersteller an den Verwender gemäss SN EN 206 und den Grenzen für das Einbringen des Frischbetons ist mit der Erstprüfung abzuliefern. Die rezeptspezifischen Grenzen für das Einbringen des Frischbetons müssen innerhalb der festgelegten Konsistenzklassen gemäss Tabelle 1 liegen (ohne Berücksichtigung der Grenzabweichungen einzelner Prüfergebnisse).

Das KBB muss vom Hersteller dem Verwender (Bauunternehmer) spätestens mit der ersten Lieferung zur Verfügung gestellt werden.

5. Qualitätsüberwachung

5.1. Qualitätsüberwachung während der Ausführung

Die Überprüfung der Betonqualität erfolgt mittels Frischbetonkontrollen auf der Baustelle sowie an separat hergestellten Prüfkörpern. Die kontinuierliche Kontrolle des Frischbetons und die Herstellung von Prüfkörpern zur Bestimmung der Festbetoneigenschaften hat durch den Unternehmer zu erfolgen (Eigenkontrollen). Die minimal erforderlichen Prüfungen (Eigenkontrollen Unternehmer) sind im Anhang 17 generell geregelt.

Für Eigenkontrollen sind nur akkreditierte Prüfstellen zugelassen. Labors welche nicht an den periodischen Ringversuchen des Tiefbauamtes Graubünden, Sektion Materialtechnologie teilnehmen, müssen anhand von parallelen Frischbetonkontrollen zeigen, dass die bestimmten Werte innerhalb der zulässigen Bandbreite liegen. Die Kosten gehen zu Lasten des Unternehmers.

Bei Kranbeton erfolgen die Frischbetonkontrollen und die Würfelherstellung bei der Übergabe auf der Baustelle. Ausser bei Untertagebauten haben bei Pumpbeton die Frischbetonkontrollen und die Würfelherstellung nach der Pumpe zu erfolgen. Sämtliche Probekörper müssen mit einem vollständig ausgefüllten Prüfauftrag spätestens 6 Tage nach der Herstellung dem TBA GR (Labor der Sektion Materialtechnologie) abgeliefert werden. Bis zum Eingang der Proben ins Labor sind diese normgemäss zu lagern.

Bei der Frischbetonkontrolle wird der w/z-Wert, die Konsistenz (Verdichtungsmass oder Ausbreitmass), der Luftgehalt, die Frischbetonrohdichte und die Luft- und Betontemperatur geprüft.

Beton darf eingebracht werden, wenn die rezeptspezifischen Grenzen für das Einbringen des Frischbetons gemäss Hersteller eingehalten sind. Das Prüflabor muss bei Frischbeton-kontrollen zwingend das aktuelle Kennwertblatt Beton des betreffenden Rezeptes mitführen. Grenzabweichungen einzelner Prüfergebnisse gemäss Norm dürfen nach Rücksprache mit dem Hersteller berücksichtigt werden. Die Verantwortung liegt beim Unternehmer.

Der Beton darf in jedem Fall nicht eingebracht werden, wenn die gemessenen Werte ausserhalb folgender Grenzen liegen (Beton ist nicht normkonform):

Bauteil	**Typ / Sorte**	**w/z-Wert [ ]**	**C [ ]**	**F [mm]**	**LP [%]**
Bewehrte Kunstbauten	GR 1	≤ 0.48	1.04 – 1.29	330 – 570	2.5 – 10.0
	G(T4)	*≤ 0.45*	*1.04 – 1.29*	*330 – 570*	2.5 – 10.0
Vorfabrikationsbeton	G(T4)	≤ 0.45	produktionsspezifisch		2.5 – 10.0
Unbewehrte Tunnelinnenringe	D(T1)	≤ 0.50		400 – 570	2.5 – 10.0

Tabelle 1

Die Frischbetonkontrollen haben nach dem Ablaufschema auf der folgenden Seite zu erfolgen. Wird die Anforderung bezüglich w/z-Wert nicht erfüllt, muss auf restriktive Frischbetonkontrollen umgestellt werden. Der Frischbeton darf dann erst eingebracht werden, wenn der w/z-Wert vorliegt und den Anforderungen entspricht.

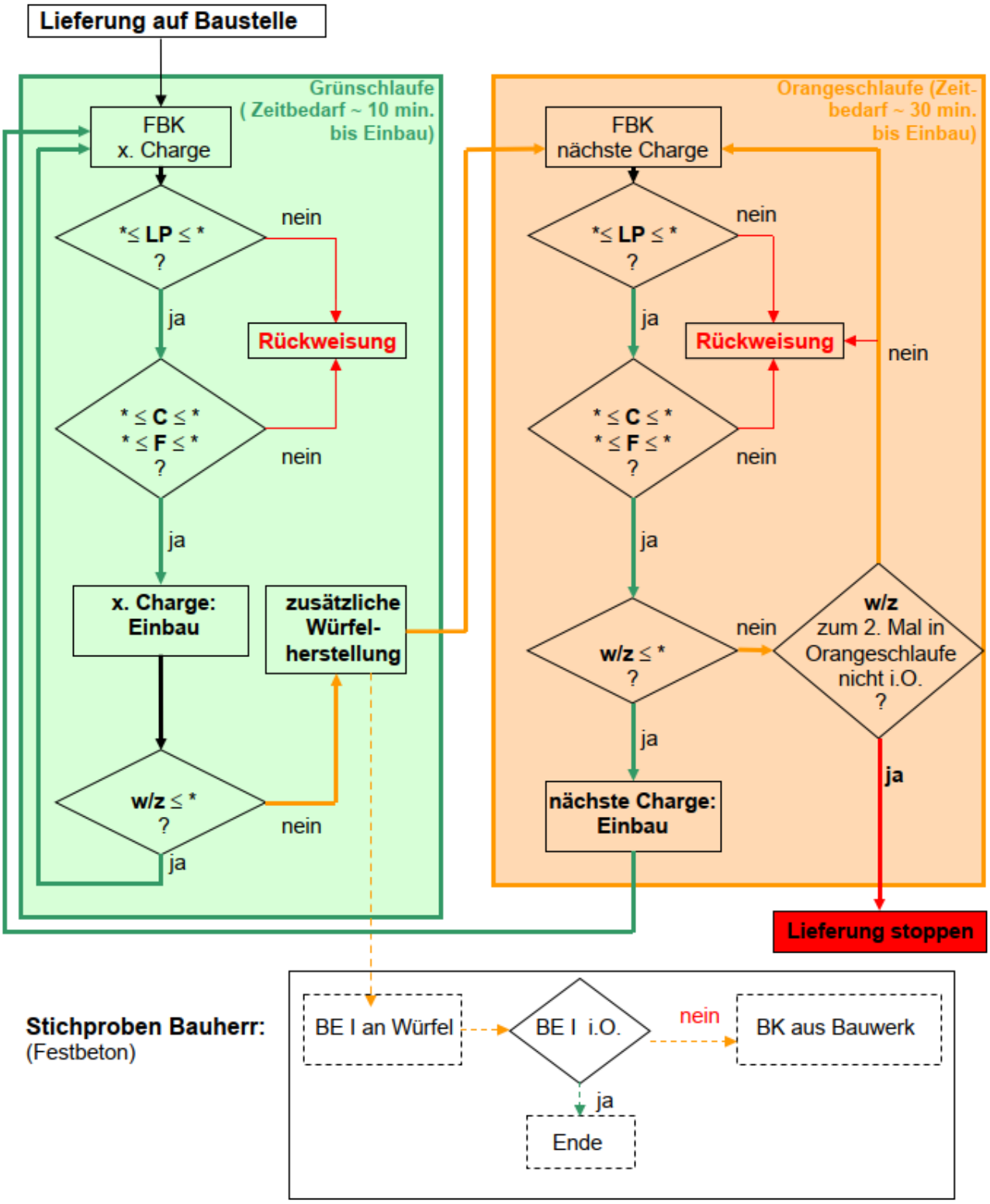
Die Druckfestigkeit wird vom TBA GR (Labor der Sektion Materialtechnologie) an den Würfeln geprüft und objektweise, ohne Berücksichtigung des Nachweiszeitraums, nach SN EN 206, Ziffer 8.2.1.3 beurteilt.

Die Dauerhaftigkeit wird vom TBA GR (Labor der Sektion Materialtechnologie) stichprobenartig an den Würfeln oder an Bohrkernen aus dem Bauwerk kontrolliert.

Eine Änderung der Mischungsanteile nach dem Hauptmischvorgang ist gemäss SN EN 206 nur in besonderen Fällen zulässig. Falls sich besondere Fälle bei den Betonierarbeiten abzeichnen, werden diese bereits in der Projektierung berücksichtigt. Solche Ausnahmefälle werden an der Startsitzung der Bauausführung kommuniziert und in den Protokollen festgehalten.

Sollen bei grossen Etappen, Betonrezepte mit unterschiedlichen Zusatzmitteln gleichzeitig geliefert und in einem Bauteil im frischen Zustand miteinander vermischt werden, muss die Verträglichkeit untereinander im Voraus abgeklärt werden. Dies soll möglichst frühzeitig an einem untergeordneten Bauteil erfolgen.

5.2. Ablauf Eigenkontrollen Bauunternehmer (Stichproben Bauherr)



* Rezeptspezifische Einbring-Grenzen am Ort des Einbringens gemäss Kennwertblatt Beton (Festlegung Betonwerk).

Grenzabweichungen einzelner Prüfergebnisse gemäss Norm dürfen nach Rücksprache mit dem Hersteller berücksichtigt werden. In diesem Falle ist eine Würfelserie herzustellen.

Maximal gelten jedoch die Grenzwerte inkl. Grenzabweichungen nach Norm und Tabelle 1.

6. Prüfverfahren

6.1. Frischbeton

Im Rahmen der Erstprüfung und der Qualitätsüberwachung während der Ausführung sind die Frischbetoneigenschaften gemäss folgenden Normen zu bestimmen. Sind gemäss Norm bei der Durchführung der Prüfung mehrere Verdichtungsmethoden möglich, so gilt für das TBA GR die Verdichtung mit Innenrüttler.

- Wassergehalt von Frischbeton SIA 262/1, Anhang H
- Luft- und Betontemperatur SN EN 12350-1
- Bei Kranbeton, Verdichtungsmass SN EN 12350-4
- Bei Pumpbeton, Ausbreitmass SN EN 12350-5
- Frischbetonrohdichte SN EN 12350-6
- Luftporengehalt im Frischbeton SN EN 12350-7
- Bei SVB, Setzfliessmass und Viskosität t_{500}-Zeit SN EN 12350-8

Bei Pumpbeton sind im Rahmen der Erstprüfung die Eigenschaftsveränderungen des Frischbetons infolge Pumpen nachzuweisen. Dazu wird der Beton mindestens 20 m gepumpt und die Frischbetoneigenschaften sowohl vor wie auch nach der Pumpe bestimmt. Der Zeitpunkt der Messungen vor der Pumpe soll dem voraussichtlichen Zeitpunkt der Übergabe auf der Baustelle entsprechen.

Die Anforderungen an den Frischbeton gelten:

- Bei Kranbeton: bei der Übergabe auf der Baustelle
- Bei Pumpbeton: nach der Pumpe

Die Ermittlung des Wassergehaltes von Frischbeton muss durch Prüfung erfolgen und ist als w/z-Wert bzw. w/z_{eq}-Wert anzugeben.

6.2. Probenherstellung

Herstellung, Lagerung und Transport der Probekörper für alle Festbetonprüfungen erfolgt nach SN EN 12390-2, verdichtet mit Innenrüttler.

Bei Tunnelinnenringen kann die Probenherstellung grundsätzlich vor der Pumpe erfolgen. Periodisch muss für den Nachweis der Dauerhaftigkeit die Probenherstellung jedoch nach der Pumpe erfolgen.

Bei Pumpbeton für andere Bauteile muss die Probenherstellung immer nach der Pumpe erfolgen.

Bei selbstverdichtendem Beton (SVB) müssen zusätzlich Bohrkerne aus einem entsprechend hergestellten Bauteil entnommen werden um die Entmischungsneigung und die Dauerhaftigkeit abzuklären.

6.3. Festbeton

Bei Erstprüfungen sind jeweils mindestens drei Probekörper aus drei Chargen zu prüfen. Für den Nachweis der Anforderungen hinsichtlich Exposition gem. Ziffer 2.3.2.2 genügt jeweils eine Prüfung. Diese soll an der ungünstigsten Mischung durchgeführt werden.

Druckfestigkeit / Rohdichte

- Die Druckfestigkeit ist grundsätzlich an Würfeln mit Kantenlänge 150 mm nach SN EN 12390-3 zu bestimmen.
- Bei Vorfabrikationsbeton sind zusätzlich min. 9 Bohrkerne Ø = Höhe = 50 mm aus einem vorfabrizierten Element zu prüfen und nach SN EN 13791 zu bewerten.
- Die Dichte von Festbeton ist nach der SN EN 12390-7 wie angeliefert zu bestimmen.

Expositionsklassen

Frosttaumittelwiderstand

Die Dauerhaftigkeit der Gesteinskörnungen wird nach SN 670 115 bestimmt.

Für das TBA GR gelten hinsichtlich Frost- bzw. Frosttaumittelwiderstand folgende Prüfmethoden nach der Norm VSS 40 464.

- Diagnostische Bestimmung des Frostwiderstands (BE I F) bzw. des Frosttaumittelwiderstands (BE I FT)
- Physikalische Prüfung des Frostwiderstands (BE II F) bzw. des Frosttaumittelwiderstands (BE II FT)

Ist ein Rezept als frosttausalzbeständig nachgewiesen, so gilt dieses auch als frostbeständig.

Chloridwiderstand

- Der Chloridwiderstand ist gemäss Norm SIA 262/1, Anhang B zu bestimmen.

Sulfatwiderstand

Die Nachweise bei sulfatbeständigen Rezepten erfolgen:

- nach SN EN 12390-8, Wassereindringtiefe unter Druck
- nach Norm SIA 262/1, Anhang D Sulfatwiderstand

Zusätzliche Anforderung bezüglich AAR-Verhalten

Für das TBA GR gelten hinsichtlich Alkali-Aggregat-Reaktion die Prüfmethoden nach SNR 592042.

- Anhang E, Mikrobarprüfung
- Anhang F, Beton-Performance-Prüfung

7. Ausführung

7.1. Allgemeines

Für die Ausführung gelten grundsätzlich die SIA-Normen 262 und 118/262 mit den nachfolgend aufgeführten Ergänzungen. Die erforderlichen Aufwendungen für diese Ergänzungen sind, sofern keine separate Position dafür ausgesetzt sind, in die entsprechenden Einheitspreise einzurechnen. Dies betrifft:

- Aufrauen der Arbeitsfugen

Die Baustelle ist mit der nötigen Sorgfalt zu erschliessen. Es dürfen keine Geländeinstabilitäten oder Rutschungen provoziert werden. Temporäre Aushub- und Abtragsarbeiten sind so auszuführen, dass das ursprüngliche Terrain nach der Fertigstellung des Bauwerks wieder hergestellt werden kann.

Auf eine gute Vorbereitung der Arbeiten wird grosser Wert gelegt. Bau- und Montagevorgänge sind frühzeitig zu planen und der Bauleitung vorzulegen. Bei vorgespannten Konstruktionen ist den Arbeitserschwernissen beim Verlegen der Bewehrung und beim Verarbeiten des Betons, sowie den terminlichen Randbedingungen (stufenweises Vorspannen, Ausschalfristen, etc.) gebührend Rechnung zu tragen.

Betreffend Ausführungstoleranzen gilt SIA-Norm 262, Anhang A.

7.2. Aushub und Hinterfüllung

Sofern im Projekt nichts anderes vorgesehen ist, gelten für den Aushub die theoretischen Festmasse.

Als Ausführungs- und Abrechnungsmasse sind, wo nichts anderes vorgegeben, die Massvorgaben gemäss „Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten“ sowie die SIA Norm 118/267, „Allgemeine Bedingungen für geotechnische Arbeiten“ einzuhalten.

Überprofile infolge ungenauer oder unsachgemässer Arbeit und vermeidbare Arbeitsverzögerungen, gehen zu Lasten des Unternehmers.

Die Lage der definitiven Deponieplätze und Zwischendeponien für Humus werden von der Bauleitung bestimmt. Für die fachgerechte Erstellung der Deponie ist der Unternehmer allein verantwortlich.

Sofern nicht von der Bauleitung angeordnet, werden Aufwendungen für Zwischendeponien, Wiederauflad, Mehrtransporte, Reinigen der Plätze, etc. nicht separat vergütet.

Vor dem Einbringen des Unterlagsbetons ist der Baugrund durch den Projektverfasser abzunehmen; nach Absprache kann dies auch durch die Bauleitung erfolgen.

Das Hinterfüllen von Bauwerken und das Wiedereinfüllen von Baugruben darf nur mit hierzu geeignetem Material im Einverständnis der Bauleitung erfolgen. Das Material soll in gleichmässigen Schichten und unter angemessener maschineller Verdichtung eingebracht werden.

Sofern keine besonderen Anforderungen verlangt sind, soll der ME-Wert bei Hinterfüllungen mindestens 30 MN/m^2 betragen.

7.3. Schalungen, Lehr- und Schutzgerüste

Gerüste haben grundsätzlich den einschlägigen SIA-Normen zu genügen.

Projektierung und Ausführung von Schalungen und Gerüsten ist grundsätzlich Sache der Unternehmung. Die Verantwortung für Tragfähigkeit und Masshaltigkeit liegt vollumfänglich beim Unternehmer.
Im Rahmen der Submission ist für das Lehrgerüst ein Vorprojekt abzugeben. Ziel dieses Vorprojekts ist es, das Tragwerkskonzept aufzuzeigen und mit einer statischen Vorbemessung für die massgebenden Schnitte die Tragsicherheit nachzuweisen.

Die Tragwirkung des Lehrgerüstes soll möglichst derjenigen des Betontragwerkes entsprechen, damit Zwängungen im Bauzustand klein bleiben. Werden Teile der Betonkonstruktion als mitwirkend berücksichtigt, so ist die Einwilligung des Projektverfassers erforderlich.

Die zulässige Durchbiegung von Lehrgerüstträgern und Schalungen infolge Nutzlast allein beträgt 1/700 der Spannweite. Die Durchbiegungen sind durch entsprechende Überhöhungen zu kompensieren.

Soweit es im Rahmen des Bauprogramms möglich ist und die Anforderungen bezüglich Betonoberfläche erreicht werden, kann die Unternehmung Teile von Schalungen und Gerüsten mehrmals verwenden.

Das zur Anwendung gelangende Holz muss mindestens der Festigkeitsklasse C24 genügen und darf Schwächungen bis höchstens 10% aufweisen.

Das Lehrgerüst umfasst alle Arbeiten und Materialien von den Fundamenten bis und mit Schiftung der Balkenlage. Das Projekt des Lehrgerüstes ist dem Projektverfasser rechtzeitig einzureichen (in der Regel 14 Tage vor Abnahme). Die Lehrgerüststatik ist in Anlehnung an die Weisungen für die Projektierung von Kunstbauten zu erarbeiten (insbesondere Kap. 9 „Statischen Berechnungen“).

Der Projektverfasser erteilt die Erlaubnis zum Betonieren schriftlich.

Die Absenkung des Lehrgerüstes hat kontrolliert und nach Weisung des Projektverfassers zu erfolgen.

Falls bei Sichtbetonoberflächen die Schalungsstruktur nicht in den Plänen dargestellt ist, soll nach Möglichkeit Tafelschalung verwendet werden. Die Schalungsfugen sind zurückhaltend auszubilden; strukturierte Schalungseinlagen sind zu vermeiden. Bei sichtbar bleibenden Betonoberflächen werden in der Regel normale ästhetische Ansprüche (BOK 2; SIA 118/262) an das Aussehen, sowie an die Anforderungen der geschalten Oberflächen gestellt. Abweichungen sind in den Ausschreibungsgrundlagen festzulegen.

Bei allen Schalungstypen sind die Stösse und Fugen so abzudichten, dass die Zementmilch nicht ausfliessen kann. Geschlossene Schalungen müssen an den tiefsten Stellen jeder Betonieretappe Reinigungsöffnungen aufweisen. Alle sichtbaren Betonkanten sind durch gehobelte Dreikantleisten (in der Regel 20/20 mm) zu brechen.

Abschalungen werden nach Ausmass vergütet, sofern sie projektbedingt sind. Streckmetall soll nur in Ausnahmefällen als Abschalung verwendet werden und ist wieder vollständig zu entfernen.

Sofern nichts anderes vereinbart ist, sind bei nicht verformungsempfindlichen Bauteilen und Temperaturen über +5°C und Betonrezepten mit schneller oder mittlerer Festigkeitsentwicklung (normalerweise CEM I und CEM II) die folgenden minimalen Ausschalfristen einzuhalten:

- Fundamente, Stützen, Wände und Kordon: 2 Tage
- Platten bis 5 m Spannweite: 9 Tage

Bei Betonrezepten mit langsamer Festigkeitsentwicklung betragen die Ausschalfristen 21 Tage (z.B. CEM III).

Auskragende Platten und solche mit mehr als 5 m Spannweite, sowie vorgespannte Bauteile sind gemäss Angaben des Projektverfassers auszuschalen.

Damit Sichtbetonflächen, insbesondere die Brückenuntersicht, nicht durch unkontrolliert abfliessendes Wasser beeinträchtigt werden, sind entsprechende Vorkehrungen, wie z.B. Vorsehen von Wassernasen, provisorisches Verschliessen von Aussparungen, etc. zu treffen.

Damit unvorhergesehene Verformungen visuell ausgeglichen werden können, sind die Brückenränder grundsätzlich nachträglich zu erstellen.

7.4. Transport und Verarbeitung des Betons

Der Transport und die Witterung kann die Verarbeitbarkeit des Betons entscheidend verändern. Diesem Umstand ist Rechnung zu tragen, indem entsprechende Vorkehrungen, wie z.B. Transport mit Fahrmischer, Kühlung der Fahrmischer, betonieren bei kühleren Tageszeiten etc., getroffen werden. Beton mit definierten Expositionsklassen ist in der Regel mittels Fahrmischer zu transportieren.

Da unvorhergesehene Verzögerungen und Betonierunterbrüche nicht ausgeschlossen werden können, ist bei Konstruktionsbeton für Brücken und Galerien der Abbindebeginn grundsätzlich um mindestens 4 Stunden zu verzögern.

Vor dem Einbringen muss jede Lieferung visuell beurteilt werden.

Das Einbringen und Verdichten des Betons ist für die Qualität am Bauwerk von entscheidender Bedeutung. Die Leute auf der Baustelle sind dementsprechend zu instruieren. Die Arbeiten sind zu unterbrechen, wenn das Abbinden des Betons nicht gewährleistet ist.

Nicht geschalte Betonoberflächen sind genau im Profil abzuziehen und sauber abzutaloschieren; zudem müssen Fahrbahnplatten, Decken und Druckplatten mit einem Oberflächenvibrator nachverdichtet werden. Die Betonoberfläche der Fahrbahnplatte oder abzudichtender Flächen hat bezüglich Ebenheit die Bedingungen der Norm SIA 272 zu erfüllen.

Bei Arbeitsfugen ist die aufgeraute Fläche der ersten Etappe 8 - 12 Stunden nach dem Einbringen des Betons mit Druckwasser zu reinigen und vor dem Weiterbetonieren ausreichend anzufeuchten. Lose Bestandteile müssen entfernt werden.

Der Beton ist grundsätzlich während mindestens 9 Tagen mittels geeigneter Vorkehrungen gegen vorzeitiges Austrocknen und vor starken Temperaturwechseln, direkter Sonneneinstrahlung und Frost zu schützen (Nachbehandlung); für Beton mit CEM III beträgt die Dauer der Nachbehandlung 21 Tage. Bei nicht geschalten Betonoberflächen geschieht die Nachbehandlung in der Regel durch Abdecken mit Plastikfolien und Isolationsmatten. Diese Massnahmen sollen möglichst frühzeitig erfolgen.

Als erster frühzeitiger Verdunstungsschutz kann ein Anspritzmittel aufgetragen werden, wenn auf der Betonfläche kein Oberflächenschutzsystem gem. SN EN 1504 aufgebracht werden soll.

Dient die Oberfläche als Untergrund für eine Abdichtung, sind Anspritzmittel nur zugelassen, falls der Schutzfilm vor der Applikation der Abdichtung restlos entfernt wird und die Abdichtungsfirma garantiert, dass die Anforderung an die Haftung der nachträglich aufgebrachten Abdichtung gewährleistet ist.

Ein zusätzlicher Schutz vor starken Temperaturwechseln, direkter Sonneneinstrahlung und Frost ist auch bei Nachbehandlung mit Anspritzmittel erforderlich.

Soll die Nachbehandlungsdauer verkürzt werden, gelten die Anforderungen der Norm SIA 262. Dieser Ausnahmefall ist nur für die Betonsorten G(T4) und D(T1) gemäss SN EN 206 zulässig und muss durch die Abteilung Kunstbauten genehmigt werden. Dazu ist die Vorgehensweise in einem Konzept (detailliertes Bauprogramm, betroffene Bauteile, Betonsorte(n), Nachweisverfahren gem. SIA 262, etc.) einzureichen.

Bei Temperaturen unter +5°C sind für Betonarbeiten besondere Massnahmen zu treffen. Der Beton muss nach dem Einbringen vor Wärmeentzug geschützt werden. Die Temperatur des angelieferten Frischbetons soll mindestens 10°C betragen, um zu gewährleisten, dass der Beton im eingebauten und verdichteten Zustand 5°C nicht unterschreitet.

Zwischen 0°C und -5°C darf nur nach Absprache mit der Bauleitung betoniert werden. Dabei muss Bewehrung und Schalung über 0°C vorgewärmt werden.

Unter -5°C darf nicht mehr betoniert werden.

Ungenauigkeiten, Kiesnester, unsaubere Kanten, etc. dürfen ohne Voranzeige bei der Bauleitung nicht verändert oder nachgearbeitet werden. Die Bauleitung entscheidet nach Absprache mit dem Projektverfasser, wie solche Mängel zu beheben sind.

Unterwasserbeton ist so einzubringen, dass er nicht frei durch das Wasser fällt, der Zement nicht ausgewaschen wird, keine Entmischung eintritt und sich keine Trennschichten aus Zementschlamm bilden. Bei Wassertiefen bis 1 m darf der Beton durch vorsichtiges Vor-treiben mit natürlicher Böschung, über 1 m muss er mit Trichtern oder Behältern eingebracht werden. Für untergeordnete Bauten darf der Beton mit Klappkästen oder fahrbaren Trichtern lagenweise geschüttet werden.

Konstruktionsbetonbauteile dürfen unter Wasser nur mit ortsfesten Trichtern oder geschlossenen Behältern in gut abgedichteter Schalung hergestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass der nachdringende Beton den zuvor eingebrachten verdrängt, ohne dass er mit Wasser in Berührung kommt und die seitlichen Fliesswege möglichst kurz sind.

7.5. Behandlung und Verarbeitung von Beton- und Spannstahl

Pro Bauteil ist Betonstahl der gleichen Marke zu verwenden, ausser wo gemäss Projekt bei besonders exponierten Bauteilen oder zur Gewährleistung einer ausreichenden Überdeckung der Bewehrung nichtrostender Betonstahl vorgesehen ist.

Das Spannsystem, insbesondere die Verankerungen müssen durch den Projektverfasser genehmigt werden; Zwillingsanker sind nicht zugelassen. Verankerungstypen der Spannsysteme die aufgrund der vorgegebenen Bewehrungsanordnung (Spiralbewehrung und Zusatzbügel) eine fachgerechte Ausführung gefährden, sind nicht zugelassen. Hüllrohre aus Stahl müssen eine minimale Wandstärke von 0.3 mm aufweisen; bei Kabeleinheiten über 3 MN beträgt die minimale Wandstärke 0.4 mm.

Bewehrung, Vorspannung und Einlagen müssen so verlegt und fixiert werden, dass sie sich während des Betonierens nicht verschieben können. Für exponierte Bauteile sind immer Binddrähte aus nichtrostendem Stahl zu verwenden (z.B. Kordon bei Stützmauern und Brücken).

Bewehrungsstäbe sollen beim Verlegen und im Bereich von Aussparungen und Einlagen nicht durchgeschnitten werden. Ist ein einwandfreies Verlegen ohne Schneiden der Bewehrung nicht möglich, so ist die Bauleitung zu benachrichtigen. Die Bauleitung entscheidet - bei grösseren Stabdurchmessern nach Absprache mit dem Projektverfasser - ob und wo allenfalls Bewehrungsstäbe geschnitten werden dürfen.

Die Abstandhalter zur Gewährleistung einer ausreichenden Überdeckung der Bewehrung müssen mindestens dieselbe Qualität aufweisen wie der sie später umgebende Konstruktionsbeton. Kunststoffklötzchen bzw. -profile sind nicht zugelassen. Die Sektion Materialtechnologie führt eine Liste der genehmigten Abstandhalter.

Die Tragstäbe der Kabelhalter müssen einen Durchmesser von mindestens 20 mm aufweisen. Zur Verhinderung von Hüllrohrbeschädigungen sind in den Bereichen mit grosser Kabelkrümmung Stützschalen einzulegen.

Sämtliche Bewehrungen sind durch die Bauleitung bzw. den Projektverfasser mindestens ein Tag vor Betonierungsbeginn abzunehmen.

Das Aufbringen der Vorspannung erfolgt grundsätzlich gemäss Spannprogramm; normalerweise geschieht das in drei Etappen:

1. Etappe:	30% der Totalvorspannung, 3 Tage nach Einbringen des letzten Betons des Brückenträgers (Fahrbahnplatte).
2. Etappe:	70% der Totalvorspannung, 17 Tage nach Einbringen des letzten Betons des Brückenträgers.
3. Etappe:	100% der Totalvorspannung, 28 Tage nach Einbringen des letzten Betons des Brückenträgers.

Sämtliche Spannprotokolle sind durch den Projektverfasser zu kontrollieren. Der Projektverfasser erteilt die Erlaubnis für das Injizieren der Vorspannkabel schriftlich.

Mit dem Betonieren des Kordons kann frühestens nach dem Aufbringen der 2. Vorspannetappe begonnen werden.