



Vorschriften für die Ausführung von Kunstbauten (inkl. Anforderungen an eine Erstprüfung nach SN EN 206)

1 Grundlagen / Allgemeines

- 1.1 Es gelten die im Anhang 02 und im Werkvertrag und dessen Bestandteilen aufgeführten Normen und Richtlinien.
- 1.2 Objektspezifische Festlegungen bzw. Abweichungen von nachfolgenden Vorschriften sind mit der Abt. KB, bei Materialfragen mit **der Sektion Materialtechnologie**, abzusprechen.
- 1.3 Die Baustoffe Beton und Betonstahl sowie die Spannsysteme sollen grundsätzlich den Anforderungen der Norm SIA 262, die Ankersysteme der Norm SIA 267 genügen.
- 1.4 Bei der Wahl der Baustoffe bzw. Betonsorten sind die Weisungen für die Projektierung von Kunstbauten zu beachten.
- 1.5 Eine höhere Festigkeitsklasse, Abweichungen bezüglich Grösstkorn oder weitere besonderen Eigenschaften (z.B. Sulfat- oder AAR-Beständigkeit) können objektspezifisch festgelegt werden. In diesem Falle gilt Ziffer 1.2.

2 Konstruktionsbeton für bewehrte Bauteile

2.1 Festlegung

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

- Nutzungsdauer von 80 bis 90 Jahren
- Teilweise extreme Sättigungs- Frost- und Tausalzbedingungen
- In der Regel 9 Tage Nachbehandlung
- Berücksichtigung lokaler Gesteinskörnungen aufgrund Erfahrung
- stark variierender Bauteilabmessungen und Einwirkungen aus der Umgebung
- Verwendung einer möglichst geringen Anzahl Betonsorten

2.2 Grundlegende Anforderungen

2.2.1 Die werkseigene Produktionskontrolle (WPK) muss im Sinne der SN EN 206 zertifiziert sein.

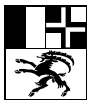
2.2.2 Im Regelfall gelangen folgende Betonsorten nach SN EN 206 zum Einsatz.

Bauteil	Typ / Sorte	Beton nach SN EN 206
Bewehrte Kunstbauten	TBA Konstruktionsbeton (TBA Kb)	C25/30, XF2(CH) Konsistenz C2 oder C3 (F2 bis F4)
	<i>alternativ G(T4) *</i>	<i>C 30/37, XC4(CH), XD3(CH), XF4(CH)</i> <i>Konsistenz C2 oder C3 (F2 bis F4)</i>
Unbewehrte Tunnelinnenringe	D(T1)*	C 25/30, XC4(CH), XD1(CH), XF2(CH) Konsistenz F3 bis F4
Vorfabrikationsbeton	G(T4) *	C 30/37, XC4(CH), XD3(CH), XF4(CH) Konsistenz Produktionsspezifisch

Tabelle 1; * Betonsorte nach SN EN 206

Alternativ zum TBA Kb darf für bewehrte Kunstbauten die Betonsorte G(T4) gemäss SN EN 206 geliefert werden.

Beton für Fahrbahndecken oder Betonkreisel basiert grundsätzlich auf die SN 640 461 und wird detailliert objektspezifisch festgelegt. Dieser Beton wird in diesem Anhang nicht weiter behandelt.



2.2.3 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

Die Prüfverfahren können der Ziffer 6 entnommen werden.

2.3.1 Frischbeton

2.3.1.1 Die in der Norm SN EN 206 vorgegebene Konsistenzklasse C3 bei den Betonsorten D(T1) und G(T4) ist bei der Ausarbeitung der Erstprüfung nicht zwingend einzuhalten, sondern kann den Bedürfnissen des Verwenders verarbeitungs- bzw. bauteilspezifisch angepasst werden. Die Erstprüfung ist innerhalb den in der Tabelle 1 aufgeführten Konsistenzklassen durchzuführen.

2.3.2 Festbeton

2.3.2.1 Festigkeitsklasse

Als Kriterium hinsichtlich Festigkeit gilt bei der Erstprüfung die SN EN 206-1, Anhang A.

2.3.2.2 Expositionsklasse

Anforderungen bezüglich Frost- / Frosttaumittelwiderstand (XF... (CH))

Bauteil	Typ / Sorte	Frostwiderstand WF-P [%] bei BE I WF-L [%] bei BE II	Frosttaumittelwiderstand WFT-P [%] bei BE I WFT-L [%] bei BE II
Bewehrte Kunstbauten	TBA Kb		> 50 %
	G(T4)		> 50 %
Unbewehrte Tunnelinnenringe	D(T1)	> 50 %	
Vorfabrikationsbeton	G(T4)		> 50 %

Tabelle 2

Das zu wählende Prüfverfahren BE I (Porenanalyse) / BE II (physikalische Prüfung) hängt von den Gesteinskörnungen ab (siehe Ziff. 2.5.4).

Anforderung bezüglich Karbonatisierungswiderstand (XC4(CH))

Bei der Betonsorte D(T1) für unbewehrte Tunnelinnenringe kann auf den Nachweis des Karbonatisierungswiderstandes verzichtet werden.

Anforderungen bezüglich Chloridwiderstand (XD3(CH))

Bauteil	Typ / Sorte	Chloridwiderstand D_{cl} [m^2/s]
Bewehrte Kunstbauten	TBA Kb	Muss nicht nachgewiesen werden
	G(T4)	$D_{cl} \leq 10 \cdot 10^{-12}$
Vorfabrikationsbeton	G(T4)	$D_{cl} \leq 10 \cdot 10^{-12}$

Tabelle 3

Anforderungen bezüglich Sulfatbeständigkeit (XA3(CH))

Wird bei starkem chemischem Angriff objekt- bzw. bauteilspezifisch die Expositionsklasse XA2(CH) oder XA3(CH) verlangt, sind zusätzlich folgende Vorgaben einzuhalten:

Hinsichtlich Zement gilt Tabelle NA.11 der SN EN 206.

Der w/z-Wert muss in jedem Fall ≤ 0.45 betragen.

Der Mittelwert der grössten Wassereindringtiefen aus drei Prüfkörpern muss ≤ 30 mm sein.

Die Sulfatdehnung ΔI_s darf 1.0 ‰ nicht übersteigen.



2.4 Zusätzliche Anforderungen

2.4.1 Anforderungen bezüglich AAR-Verhalten

- 2.4.1.1 „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 SIA MB 2042 verwendet werden.
- 2.4.1.2 Bei „AAR-beständigem“ Beton (Objekt- bzw. Bauteilspezifisch festgelegt) gelten alle Anforderungen gemäss SIA MB 2042.
- 2.4.1.3 Gelten die Gesteinskörnungen aufgrund einer Mikrobar-Prüfung nach dem SIA MB 2042 als nicht alkalireaktiv, kann auf die Beton-Performance-Prüfung verzichtet werden.

2.5 Anforderungen an die Ausgangsstoffe und Zusammensetzung

Es gilt die Tabelle NA.6 der SN EN 206 mit folgenden Anpassungen.

- 2.5.1 Wasser: Der maximal zulässige w/z-Wert bzw. w/zeq-Wert beim TBA Kb beträgt 0.48.
- 2.5.2 Zement: Beim TBA Kb dürfen nur CEM I, CEM II/A-D oder CEM II/B-M (S-T) verwendet werden und der Mindestgehalt beträgt 320 kg/m³.
- 2.5.3 Zusatzmittel: Bei Beton der Expositionsklasse XF..(CH) muss der Mindestluftgehalt 3.0 Vol-% betragen.
- 2.5.4 Gesteinskörner: Es dürfen keine rezyklierten Gesteinskörnungen verwendet werden.

In Anlehnung an die Norm SN 670 115 ist am Beton:

- bei geringen Anteilen petrographisch ungeeigneter Gesteinskörner (< 6 %) und freien Schichtsilikaten (< 2 Zahl-%) 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 2 und 10 Zahl-% zusätzlich zur diagnostischen Bestimmung des Frost- Frosttaumittelwiderstands die entsprechende physikalische Prüfung (BE II F bzw. FT) durchzuführen.

Bei einem Anteil petrographisch ungeeigneter Körner >10 % bzw. >10 Zahl-% Schichtsilikate dürfen die Gesteinskörnungen für Beton der Expositionsklassen XF2 und XF4(CH) nicht verwendet werden.

- 2.5.5 Fasern: Im Regelfall sind Fasern nicht vorgesehen. Für spezielle Anwendungen (z.B. Beton mit erhöhter Brandbeständigkeit) können Fasern beigemischt werden, wenn die Eignung am Rezept nachgewiesen ist.

3 Weitere Baustoffe / Systeme

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.

3.2 Beton für unbewehrte Bauteile

Für unbewehrte Bauteile (z.B. Schwergewichtsmauern mit Steinverkleidung, Fundamentschächte) wird Beton der Festigkeitsklasse C 20/25, bzw. für Unterlags- und Füllbeton der Festigkeitsklasse C 12/15 verwendet. Bei diesen Betonsorten wird lediglich die Festigkeitsklasse verlangt. Beton gem. Norm SN EN 206 der Sorte A, C 20/25, XC2(CH) bzw. Sorte 0, C 12/15, X0(CH) sowie Recyclingbeton dürfen für diese Anwendungen verwendet werden, bei Schwergewichtsmauern jedoch nur mit Körner aus Beton (Rc).



3.3 Betonstahl

- 3.3.1 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.
- 3.3.2 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 Überdeckungsбетон Betonstahl der Korrosionswiderstandsklasse 3 (Wirksumme WS ≥ 23 , z.B. Werkstoffnummer 1.4362) zu verwenden.

3.4 Spannsysteme (Brückenvorspannungen etc.)

- 3.4.1 Es dürfen nur Spannsysteme verwendet werden, welche im aktuellen EMPA-Verzeichnis der zugelassenen Spannsysteme figurieren. Das gültige Verzeichnis kann unter www.empa.ch/zulassungsstelle eingesehen werden.
- 3.4.2 Der Einpressmörtel muss der Norm SN EN 447: 2007 entsprechen.
- 3.4.3 Die Produktionskontrolle des Füllguts auf der Baustelle hat nach der SN EN 446: 2007 zu erfolgen. Diese ist vom Fachunternehmen durchzuführen und zu dokumentieren. Die Dokumentation ist zusammen mit den hergestellten Prismen dem TBA GR, Sektion Materialtechnologie zuzustellen.

3.5 Ankersysteme (Boden- Felsanker etc.)

- 3.5.1 Vorgespannte Ankersysteme müssen im EMPA Verzeichnis der zugelassenen Ankersysteme figurieren. Das gültige Verzeichnis kann unter www.empa.ch/zulassungsstelle eingesehen werden.

Einpressmörtel für vorgespannte Anker mit langer Nutzungsdauer muss der Norm SN EN 447: 2007 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 und w/z-Wert ≤ 0.40 ist diese gewährleistet.

Das Fließvermögen, die Wasserabsonderung, die Volumenänderung sowie die Druckfestigkeit nach SN EN 445 und der w/z-Wert nach Norm SIA 262/1 sind vorgängig zu prüfen und nach SN EN 447 zu beurteilen (Eignungsprüfung nach SN EN 446: 2007). Die Ergebnisse müssen umgehend vom Prüflabor dem TBA GR (Bauleitung und Sektion Materialtechnologie) in pdf-Form per E-Mail zugestellt werden. Mit den eigentlichen Arbeiten darf erst begonnen werden, wenn die Frischmörteleigenschaften vorliegen und die Anforderungen erfüllt sind.

Während der Ausführung sind die Eigenschaften stichprobenartig zu kontrollieren und gem. SN EN 447 zu beurteilen (Produktionskontrollen auf der Baustelle nach SN EN 446:2007). Der Umfang ist im Anhang 17 geregelt.

- 3.5.2 Für Stahl von ungespannten Ankern (Vollverbundankern) gilt Ziffer 3.3.1

Bei Einpressmörtel für ungespannte Anker mit langer Nutzungsdauer sowie Mikropfähle mit Zug- oder Schubbeanspruchung gilt die Ziffer 3.5.1

- 3.5.3 Bei Lawinen- und Steinschlagverbauungen sind Produkte aus der Typenliste Ankermörtel des BAFU zu verwenden (www.bafu.admin.ch/typenpruefung). 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.

- 3.5.4 Bei rein auf Druck beanspruchten Mikropfählen verweisen wir auf die Norm SIA 267, wonach der Injektionsmörtel mindestens 450 kg/m³ CEM I oder gleichwertiges Bindemittel enthalten muss.

Das Fließvermögen, die Wasserabsonderung, die Volumenänderung sowie die Druckfestigkeit nach SN EN 445 und der w/z-Wert nach 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. Objektspezifisch können diese jedoch festgelegt werden.

4 Erstprüfung

4.1 Allgemeines

- 4.1.1 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.**
- 4.1.2 Eine Erstprüfung ist für alle Betone der Tabelle 1 **sowie für Pfahlbeton gem. Ziffer 3.1** erforderlich.
- 4.1.3 Für Pfahlbeton ist eine reduzierte Erstprüfung ausreichend. In diesem Fall müssen die Frischbetoneigenschaften sowie die Druckfestigkeit im Voraus nachgewiesen werden **und die rezeptspezifischen Grenzen für das Einbringen des Betons müssen vorliegen. Die WPK der Herstellers muss im Sinne der SN EN 206 zertifiziert sein.**
- 4.1.4 Für Beton gemäss Ziffer 3.2 ist keine Erstprüfung erforderlich.
- 4.1.5 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.
- 4.1.6 Wird die in der Erstprüfung ausgewiesene Qualität **am Festbeton** bei der Qualitätsüberwachung während der Ausführung 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.
- 4.1.7 Wenn eine wesentliche Änderung der Ausgangsstoffe eintritt, muss die Erstprüfung wiederholt werden. Als wesentliche Änderung gelten gem. SN EN 206, Ziff. 9.5:
- Änderung der Zementart und der Zementmenge ($\pm 25 \text{ kg/m}^3$)
 - Herkunft oder Eigenschaft der Ausgangsstoffe
- 4.1.8 Bei Abänderung vom Grösstkorn oder Zusatzstoffbeigabe ist ebenfalls eine neue Erstprüfung erforderlich. Dabei ist die SN EN 206 Tabelle NA.7 zu beachten.
- 4.1.9 Beim Wechsel der Festigkeitsklasse ist das KBB zu aktualisieren.
- 4.1.10 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 Frostschutzmittles darf (nach Absprache mit dem Zusatzmittel-Lieferanten) objekt- und bauteilspezifisch ohne Erstprüfung bzw. Anpassung KBB erfolgen.
- 4.1.11 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 SIA MB 2042, Tabelle 2.
- Wenn nicht alle Randbedingungen und Anforderungen erfüllt sind \Rightarrow b)



- b) Beurteilung des AAR-Verhaltens vom abgeänderten Rezept durch eine ausgewiesene Fachperson.
Wenn das AAR-Verhalten nicht mit Sicherheit beurteilt werden kann \Rightarrow c)
- c) Mikrobar-Prüfung oder Beton-Performance-Prüfung des betreffenden Rezeptes nach SIA MB 2042.

4.2 Inhalt der Erstprüfung

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

4.2.1 Allgemeine Angaben

- Prüfstelle, Herstellwerk, Herstellort
- Prüfberichte der einzelnen Prüfungen

4.2.2 Betonrezept

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

4.2.3 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 w_G
- Allfällige Ergebnisse von Mikrobar-Prüfungen

4.2.4 Frischbetoneigenschaften

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

4.2.5 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

4.2.6 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 während der Ausführung

- 5.1 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.
- 5.2 Für Eigenkontrollen sind nur zertifizierte oder 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.**
- 5.3 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.**
- 5.4 Bei der Frischbetonkontrolle wird der w/z-Wert, die Konsistenz (Verdichtungsmass oder Ausbreitmass), der Luftgehalt, die Frischbetonrohddichte und die Luft- und Betontemperatur geprüft.
- 5.5 Beton darf eingebracht werden, wenn die rezeptspezifischen Grenzen für das Einbringen des Frischbetons gemäss Hersteller eingehalten sind (siehe KBB). 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):

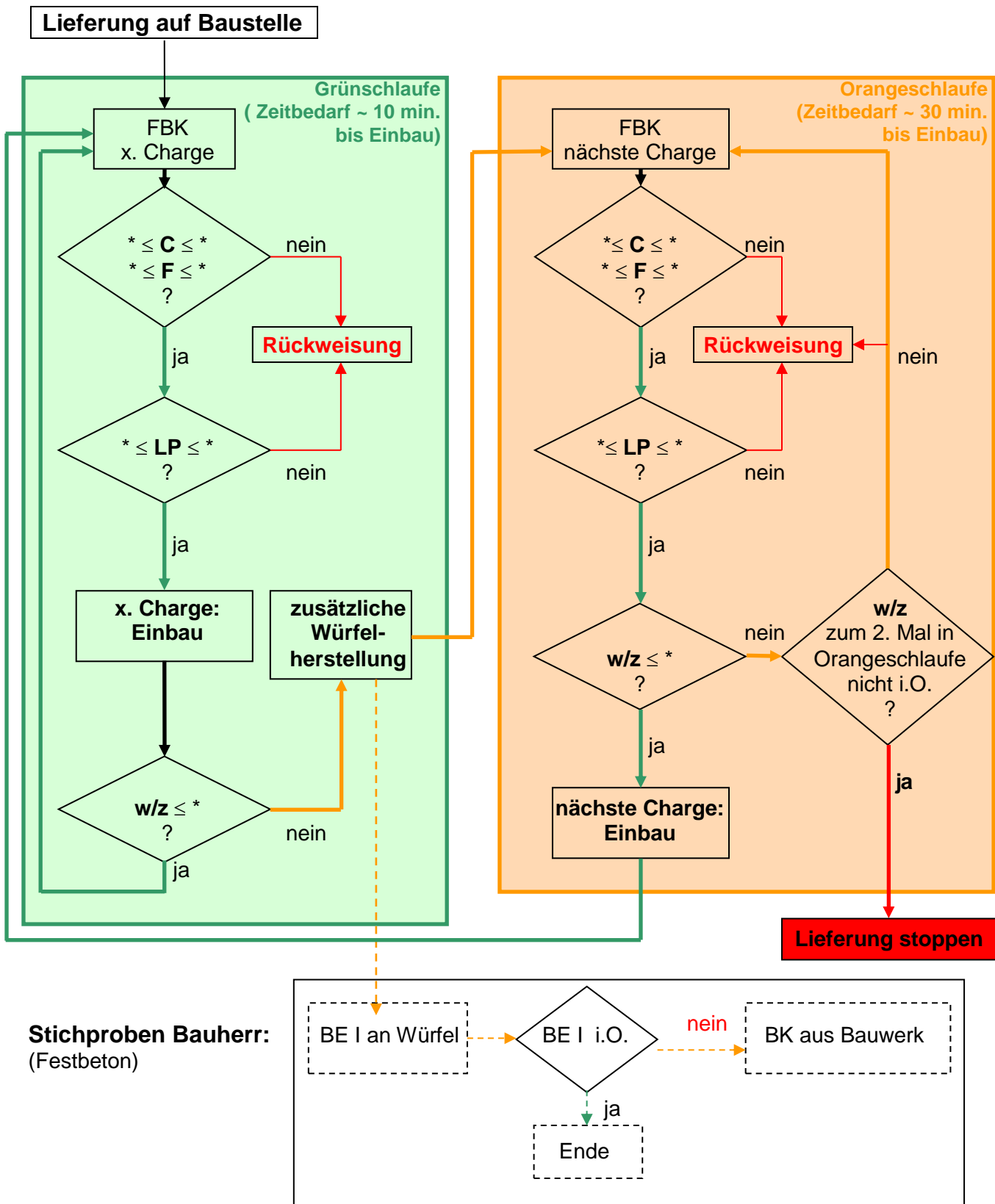
Bauteil	Typ / Sorte	w/z-Wert []	C []	F [mm]	LP [%]
Bewehrte Kunstbauten	TBA Kb	≤ 0.48	1.04 – 1.29	330 - 570	2.5 – 10.0
	G(T4)	≤ 0.45	1.04 – 1.29	330 – 570	2.5 – 10.0
Unbewehrte Tunnelinnenringe	D(T1)	≤ 0.50		400 - 570	2.5 – 10.0
Vorfabrikationsbeton	G(T4)	≤ 0.45	produktionsspezifisch		2.5 – 10.0

Tabelle 4

- 5.6 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.
- 5.7 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. Das Kriterium für Mittelwert wird bei 3 bis 14 Prüfergebnissen nach Verfahren A, und bei ≥ 15 Ergebnissen nach Verfahren B beurteilt.**
- 5.8 Die Dauerhaftigkeit wird vom TBA GR (**Labor der Sektion Materialtechnologie**) an den Würfeln oder an Bohrkernen aus dem Bauwerk kontrolliert.



Ablauf Eigenkontrollen Bauunternehmer (Stichproben Bauherr)



* rezeptspezifische Grenzen gemäss Festlegung Betonwerk (Kennwertblatt Beton).
 Grenzabweichungen einzelner Prüfergebnisse gemäss Norm dürfen nach Rücksprache mit dem Hersteller berücksichtigt werden.
 Maximal gelten jedoch die Grenzwerte inkl. Grenzabweichungen nach Norm gemäss Ziffer 5.5.



6 Prüfverfahren

6.1 Frischbeton

6.1.1 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
- Frischbetonrohddichte SN EN 12350-6
- Luftporengehalt im Frischbeton SN EN 12350-7
- Bei SVB, Setzfließmass und Viskosität t_{500} -Zeit SN EN 12350-8

6.1.2 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

6.1.3 Die Ermittlung des Wassergehaltes von Frischbeton muss durch Prüfung erfolgen und ist als w/z-Wert bzw. w/zeq-Wert anzugeben.

6.2 Probenherstellung

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

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

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

6.2.4 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.

6.3.1 Druckfestigkeit / Rohddichte

Die Druckfestigkeit ist grundsätzlich an Würfeln mit Kantenlänge 150 mm nach SN EN 12390-3 zu bestimmen.

Bei Vorfabrikationsbeton sind zusätzlich min. 9 Bohrkerne $\varnothing = \text{Höhe} = 50 \text{ mm}$ aus einem vorgefertigten 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.



6.3.2 Expositionsklassen

6.3.2.1 Frosttaumittelwiderstand

Die Dauerhaftigkeit der Gesteinskörnungen wird nach SN 670 115 bestimmt.

Für das TBA GR gelten hinsichtlich Frost- bzw. Frosttaumittelwiderstand folgende Prüfmethode nach der Norm SN 640 464.

- 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 frostausalzbeständig nachgewiesen, so gilt dieses auch als frostbeständig.

6.3.2.2 Chloridwiderstand

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

6.3.2.3 Sulfatwiderstand

Die Nachweise bei sulfatbeständigen Rezepten erfolgen:

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

6.3.3 Zusätzliche Anforderungen

6.3.3.1 Anforderungen bezüglich AAR-Verhalten

Für das TBA GR gelten hinsichtlich Alkali-Aggregat-Reaktion die Prüfmethode nach dem Merkblatt SIA 2042.

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



7 Ausführung

7.1 Allgemeines

- 7.1.1 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
- 7.1.2 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.
- 7.1.3 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 Arbeiterschwernissen beim Verlegen der Bewehrung und beim Verarbeiten des Betons, sowie den terminlichen Randbedingungen (stufenweises Vorspannen, Ausschallfristen, etc.) gebührend Rechnung zu tragen.
- 7.1.4 Betreffend Ausführungstoleranzen gilt SIA-Norm 262, Anhang A.

7.2 Aushub und Hinterfüllung

- 7.2.1 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.
- 7.2.2 Überprofile infolge ungenauer oder unsachgemässer Arbeit und vermeidbare Arbeitsverzögerungen, gehen zu Lasten des Unternehmers.
- 7.2.3 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.
- 7.2.4 Sofern nicht von der Bauleitung angeordnet, werden Aufwendungen für Zwischendeponien, Wiederauflad, Mehrtransporte, Reinigen der Plätze, etc. nicht separat vergütet.
- 7.2.5 Vor dem Einbringen des Unterlagsbetons ist der Baugrund durch den Projektverfasser abzunehmen; nach Absprache kann dies auch durch die Bauleitung erfolgen.
- 7.2.6 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.
- 7.2.7 Sofern keine besonderen Anforderungen verlangt sind, soll der ME-Wert bei Hinterfüllungen mindestens 60 MN/m² betragen.

7.3 Schalungen, Lehr- und Schutzgerüste

- 7.3.1 Gerüste haben grundsätzlich den einschlägigen SIA-Normen zu genügen.
- 7.3.2 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.
- 7.3.3 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.



- 7.3.4 Die zulässige Durchbiegung von Lehrgerüstträgern und Schalungen infolge Nutzlast allein beträgt $1/700$ der Spannweite. Die Durchbiegungen sind durch entsprechende Überhöhungen zu kompensieren.
- 7.3.5 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.
- 7.3.6 Das zur Anwendung gelangende Holz muss mindestens der Festigkeitsklasse C24 genügen und darf Schwächungen bis höchstens 10% aufweisen.
- 7.3.7 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.
- 7.3.8 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.
- 7.3.9 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.
- 7.3.10 Abschalungen werden nach Ausmass vergütet, sofern sie projektbedingt sind. Streckmetall soll nur in Ausnahmefällen als Abschalung verwendet werden und ist wieder vollständig zu entfernen.
- 7.3.11 Sofern nichts anderes vereinbart ist, sind bei nicht verformungsempfindlichen Bauteilen und Temperaturen über $+5^{\circ}\text{C}$ die folgenden minimalen Ausschulfristen einzuhalten:
- Fundamente, Stützen, Wände und Kordon: 2 Tage
 - Platten bis 5 m Spannweite: 9 Tage
- 7.3.12 Auskragende Platten und solche mit mehr als 5 m Spannweite, sowie vorgespannte Bauteile sind gemäss Angaben des Projektverfassers auszuschalen.
- 7.3.13 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.
- 7.3.14 Damit unvorhergesehene Verformungen visuell ausgeglichen werden können, sind die Brückenränder grundsätzlich nachträglich zu erstellen.



7.4 Transport und Verarbeitung des Betons

- 7.4.1 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.
- 7.4.2 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.
- 7.4.3 Vor dem Einbringen muss jede Lieferung visuell beurteilt werden.
- 7.4.4 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 keine Gewähr besteht, dass der Beton einwandfrei abbinden kann.
- 7.4.5 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.
- 7.4.6 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.
- 7.4.7 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). Bei nicht geschalteten Betonoberflächen geschieht das durch Abdecken mit Plastikfolien und Isolationsmatten oder mit einer mindestens 50 mm dicken, dauernd feuchtgehaltenen Sandschicht. Diese Massnahmen sollen möglichst frühzeitig erfolgen. Dient die Oberfläche als Untergrund für einen Oberflächenschutz, sind Anspritzmittel nicht geeignet.
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 206-1/NE:2013 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.
- 7.4.8 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 Betons beim Einbringen muss $\geq 10^\circ\text{C}$ betragen.
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.
- 7.4.9 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.
- 7.4.10 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 Vortreiben 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

- 7.5.1 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.
- 7.5.2 Das Spannsystem, insbesondere die Verankerungen müssen durch den Projektverfasser genehmigt werden; Zwillinganker 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.
- 7.5.3 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).
- 7.5.4 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.
- 7.5.5 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. Das SBL führt eine Liste der genehmigten Abstandhalter.
- 7.5.6 Die Tragstäbe der Kabelhalter müssen einen Durchmesser von mindestens 20 mm aufweisen. Zur Verhinderung von Hüllrohrbeschädigungen sind in den Bereichen mit grosser Kabelkrümmung Stützschaalen einzulegen.
- 7.5.7 Sämtliche Bewehrungen sind durch die Bauleitung bzw. den Projektverfasser mindestens ein Tag vor Betonierbeginn abzunehmen.
- 7.5.8 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.
- 7.5.9 Sämtliche Spannprotokolle sind durch den Projektverfasser zu kontrollieren. Der Projektverfasser erteilt die Erlaubnis für das Injizieren der Vorspannkabel schriftlich.
- 7.5.10 Mit dem Betonieren des Kordons kann frühestens nach dem Aufbringen der 2. Vorspannetappe begonnen werden.