

Qualitätssicherungsprogramm (PAQ) für Betonbauwerke – Kanton Wallis

Leitfaden für den Anwender – Kurzversion

Inhalt

1 ZIELE	2
2 VERSION	2
3 FESTLEGUNG DES BETON NACH EIGENSCHAFTEN.....	2
4 AUSFÜHRUNG.....	6
4.1 <i>Erstprüfungen</i>	6
4.2 <i>Eignungsversuche</i>	7
4.3 <i>Kontrollen an Frisch- und Festbeton : Prüffrequenzen, Grenzwerte und Toleranzen</i>	7
4.4 <i>Vorgehen bei Frischbetonkontrollen</i>	7
4.5 <i>Kontrollen am Festbeton</i>	8
5 BAUWERKSABNAHME	12
5.1 <i>Kontrolle der Bewehrungsüberdeckung</i>	12
5.2 <i>Behandlung der Nicht-Konformitäten</i>	12

Tabellen

Tabelle Nr. 2 : Anforderungen der drei Betontypen

Tabelle Nr. 3 : Erstprüfung, Kontrollen während und nach der Bauphase, Beurteilungskriterien und Toleranzen, sowie Prüfungen im Fall von Nichtkonformitäten

Tabelle Nr. 4 : Verantwortlichkeiten und Kompetenzen der am QS-Prozess Beteiligten

Version 3.0, November 2016

1 Ziele

Der PAQ wurde auf der Basis der Normen SN EN 206:2013, SIA 262:2013, SIA 262/1:2013 und SIA 118/262:2004 ausgearbeitet. Er ist Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen und des Werkvertrages.

Hinweis : Im Folgenden ist unter der Norm SN EN 206 immer die Norm SN EN 206:2013 zu verstehen.

Das Qualitätssicherungssystem strebt hauptsächlich folgenden drei Ziele an :

- **mit einer angemessenen Festlegung des Betons** werden die Voraussetzungen für eine genügende Dauerhaftigkeit des Betons geschaffen.
- **mit Qualitätskontrollen** wird einerseits eine konstante und genügende Betonqualität sichergestellt und andererseits verhindert, dass Beton, der die Anforderungen nicht erfüllt, eingebaut wird
- **mit der Festlegung von Beurteilungskriterien** der Betonqualität können geeignete Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten getroffen werden. Die Beurteilungskriterien werden mit definierten Toleranzen vorgängig und unter Berücksichtigung der Konsequenzen einer allfälligen Nichtkonformität bestimmt. Die angemessenen Massnahmen werden aufgrund der Einstufung der Bedeutung einer Nichtkonformität bestimmt.

Im Rahmen der Bauwerksabnahme beschränkt sich die Anwendung des PAQ auf die durch Kontrollen während der Bauphase festgestellten Nichtkonformitäten (Mangel im Sinne der Norm SIA 260).

2 Version

Der vorliegende Leitfaden ist eine abgekürzte Version des PAQ für Unternehmer und Betonwerke. Die Nummerierung der Tabellen der vollständigen Version wurde beibehalten um Missverständnisse zwischen den einzelnen Beteiligten zu vermeiden (Projektverfasser, Unternehmer, Betonwerke).

3 Festlegung für Beton nach Eigenschaften

Die Festlegung des Betons nach Eigenschaften erfolgt gemäss den Kapiteln 6.1 und 6.2 der Norm SN EN 206, resp. den Kapiteln 2.4 und 3.1 der Norm SIA 262.

Die verschiedenen Expositionsclassen, welche die Norm SN EN 206 vorsieht, wurden in **drei Betonqualitätsclassen** zusammengefasst. Die drei Betontypen sind in der **Tabelle Nr. 2** dieses Dokuments beschrieben.

Grundlegende Anforderungen :

Die Definition der Expositionsclassen wird mit den Angaben zu den **grundlegenden Anforderungen**, welche in der **Tabelle Nr. 2** dieses Dokuments vorgegeben sind, ergänzt. Diese werden, wenn nötig, an dem jeweiligen Bauteil überprüft und angepasst (siehe Kap. 6.2.2 und 11 der Norm SN EN 206 oder Kap. 3.1.1.2 der Norm SIA 262) :

- **Druckfestigkeitsklasse** (Tab. Nr. 12 der Norm SN EN 206)
- **Grösstkorn** (SN EN 12620) : normalerweise 0/32 mm, siehe auch Tab. NA.5 und NA.7 des nationalen Anhangs der Norm SN EN 206
- **Klasse des Chloridgehaltes** (Tab. NA.4 des nationalen Anhangs der Norm SN EN 206) : festgelegt auf CL 0.10

- **Konsistenzklasse** (Tab. Nr. 3 bis 6 der Norm SN EN 206) : normalerweise C2 für Kranbeton und C3 für Pumpbeton

Gemäss Tab. NA.6 im nationalen Anhang der Norm SN EN 206 ergeben sich aus den Expositionsklassen und den grundlegenden Anforderungen, eine gewisse Anzahl von **Betoneigenschaften**, nämlich:

- Druckfestigkeit
- Wasserleitfähigkeit
- Frost-Tausalzbeständigkeit
- Chloridwiderstand
- Karbonatisierungswiderstand

In der Norm SIA 262/1 sind die Prüfmethode dieser Betoneigenschaften beschrieben. Andere übliche Prüfmethode, wie die Messung der Wassereindringtiefe unter Druck (EN 12390-8) oder die Schnellmethode TFB zur Prüfung der Frost-Tausalzbeständigkeit sind ebenfalls zulässig. Die Prüfung BE I / BE II (Frosttausalzbeständigkeit nach der Norm SN 640 464) darf ebenfalls, aber nur bei Beton mit künstlichen Luftporen angewendet werden.

Die Anforderungen bzgl. dem maximalen **w/z-Wert**, den die Norm zulässt (Tab. NA.6 des nationalen Anhangs der Norm SN EN 206), sind gemäss der Norm SN EN 206 definiert, d.h. (Kap. 3.1.3.16) : „Masseverhältnis des wirksamen Wassergehaltes zum Zementgehalt im Frischbeton“.

Der Mindestzementgehalt, der in der Norm SN EN 206 (Tab NA.6) angegeben ist, berücksichtigt nicht die allfällige Zugabe von Zusatzstoffen. Wird der Zement teilweise durch Zusatzstoffe ersetzt, wie Flugasche, Silikastaub, Hüttensandmehl oder Hydrolith F200, sind die Regeln der Anrechenbarkeit für

- den w/z-Wert $w/(z + k \times \text{Zusatzstoff})$
- den Mindestzementgehalt

im Kap. 5.2.5.2.1 bis 5.2.5.2.5 (k-Wert-Ansatz) des nationalen Anhangs der Norm SN EN 206 angegeben.

Zusätzliche Anforderungen:

In bestimmten Fällen legt der Projektverfasser **zusätzliche Anforderungen** gemäss Norm SN EN 206, Kap. 6.2.3, resp. SIA 262, Kap. 3.1.1.2.2 fest. Für gewisse Anforderungen (Bestimmung der Anforderungen, Versuche und Bewertungskriterien, usw.) müssen zusätzliche Angaben fallweise gemacht werden. Dies betrifft z.B.:

- Frischbetontemperatur
- Festigkeitsentwicklung
- Wärmeentwicklung während der Hydratation
- Verzögertes Ansteifen
- Wassereindringwiderstand
- Widerstand gegen die Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR)
- Sulfatbeständigkeit
- Niedriges Schwinden des Betons
- E-Modul

Andere Betone können verwendet werden, insbesondere :

- Spritzbeton
- Selbstverdichtender Beton
- Recyclingbeton
- Sichtbeton

Füllbeton :

Für gewisse Bauteile, welche keine besonderen Anforderungen an die Betonqualität stellen, ist es möglich einen Beton vorzuschreiben, welcher der Expositionsklasse X0 entspricht. Diese Betonsorte muss mindestens 280 kg Zement pro /m³ Beton enthalten und darf einen w/z-Wert von höchstens 0.65 aufweisen. Es gibt keine Einschränkung bezüglich der verwendbaren Zementarten.

Verarbeitungsbedingungen :

Bei der Planung müssen allfällige **Betonierarbeiten bei hohen oder niedrigen Temperaturen** berücksichtigt werden. Das Betonieren bei Lufttemperaturen unter 5°C ist nicht vorgesehen, aber kann unter bestimmten Bedingungen zugelassen werden (Norm SIA 262, Kap. 6.4.5.4 bis 6.4.5.7). Die besonderen Anforderungen an die Frischbetoneigenschaften und die Massnahmen zum Schutz des frisch eingebrachten Betons müssen vorgängig definiert und vom Bauherrn zugelassen werden (siehe auch Norm SIA 262, Kap. 6.4.5 und 6.4.6). Der Unternehmer muss in seiner Offerte angeben, welche Massnahmen von ihm vorgesehen sind. Dies beinhaltet z.B. die Massnahmen vor und während dem Betonieren, bei der Nachbehandlung, der Einsatz von Zusatzmitteln, die Anforderungen der Gesteinskörnung, usw..

Die Nachbehandlung wird abhängig von den klimatischen Bedingungen, des Bauteils, der Betoneigenschaften definiert (siehe auch Norm SN EN 206, Kap. 7.2, Tab. Nr. 16 und Norm SIA 262 Kap. 6.4.6). Die Leistungen, welche zu einer fachgerechten Verarbeitung gehören und welche in den Einheitspreisen inbegriffen sind, sind in den Normen SIA 262 et SIA 118/262 beschrieben. Zusätzliche Empfehlungen bezüglich Nachbehandlung finden sich z.B. im TFB- Bulletin Nr. 2, Juli 2013.

Bewehrungsüberdeckung:

Die Bewehrungsüberdeckung muss vom Projektverfasser festgelegt werden. Der Projektverfasser muss vorgängig die repräsentative Kontrollmethoden für jeden Bauteil definieren.

Die Anforderungen an die Bewehrungsüberdeckung und die Kontrollmethoden, sowie die Massnahmen im Falle einer Nichtkonformität sind Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen und des Werkvertrages.

Tabelle Nr. 2 : Anforderungen der drei Betontypen

Betontypen	TYP 1	TYP 2	TYP 3
Übereinstimmungen mit den Betonsorten der SN EN 206:2013	Sorte C	Sorte D (T1) ¹⁾	Sorte G (T4) ²⁾
Druckfestigkeitsklasse	C30/37	C25/30	C30/37
Expositionsklassen	XC4(CH) XF1(CH)	XC4(CH) XD1(CH) XF2(CH)	XC4(CH) XD3(CH) XF4(CH)
Nennwert des Grösstkorns	D _{max} 32	D _{max} 32	D _{max} 32
Chloridgehaltsklasse ³⁾	Cl 0.10	Cl 0.10	Cl 0.10
Konsistenzklasse ⁴⁾	C3	C3	C3
Wasserleitfähigkeit ⁵⁾	1 bar	1 bar	1 bar
Chloridwiderstand			D _{Cl} ≤ 10 · 10 ⁻¹² m ² /s
Frost-Tausalz widerstand		m ≤ 1200 g/m ²	m ≤ 600 g/m ²
Anforderung an die Gesteinskörnung ⁶⁾	nicht frostbeständige Körner ≤ 5%	nicht frostbeständige Körner ≤ 5%	nicht frostbeständige Körner ≤ 5%

Anforderungen an die Betonzusammensetzung			
Maximaler w/z - Wert	0.50	0.50 ⁷⁾	0.45
Mindestzementgehalt, kg/m ³	300	300 ⁷⁾	320
Zulässige Zementarten	XC4/XF1	XF2 ⁸⁾	XF4 ⁸⁾
Maximaler Luftgehalt, Vol.-%		5.0 % ⁹⁾	5.0 % ⁹⁾

- 1) Der Beton Typ 2 (Sorte D) deckt auch die Anforderungen der Expositionsklassen XF3(CH) und XD2a(CH) (Chloridinhalt ≤ 0.5 g/l, als « weiches Wasser » bestimmt).
- 2) Der Beton Typ 3 (Sorte G) deckt auch die Anforderungen der Expositionsklasse XD2b(CH) (Chloridinhalt > 0.5 g/l, als « salzhaltiger Wasser » bestimmt).
- 3) Die angegebene Klasse des Chloridgehalts ist für Stahl- und Spannbeton geeignet.
- 4) Eine übliche Klasse wurde als Beispiel angegeben (Konsistenz : C 2 für Kranbeton, C3 für Pumpbeton). Diese ist jeweils zu kontrollieren und gegebenenfalls anzupassen. Die Bauunternehmung ist dafür verantwortlich, dass der Beton zum Zeitpunkt seines Einbringens vor Ort die geforderte Konsistenz aufweist.
- 5) Für « wasserdichten Beton » muss man sich auf den Kap. 8.2.3.5 des nationalen Anhangs der Norm SN EN 206 beziehen.
- 6) Gemäss Norm SN EN 12620 (Kap. 5.1.3 der SN EN 206).
- 7) Der Mindestzementgehalt gilt ohne Anrechnung von Zusatzstoffen.
- 8) Gegebenfalls ist es notwendig die Expositionsklasse mit chemischem Angriff durch einen Spezialisten definieren zu lassen. Daraus ergeben sich spezielle Anforderungen an die Betonzusammensetzung (Zement, Zusatzstoffe, Gesteinskörnung) und an den Eigenschaften des Betons (z. B. Wärmeleitfähigkeit, Sulfatbeständigkeit, usw ...).
- 9) Der Mindestwert für den Luftgehalt ist vom Hersteller dem Verwender des Betons auf Nachfrage anzugeben.

4 Ausführung

4.1 Erstprüfungen

Aufgrund der Betonfestlegung schlägt das Betonwerk einen Beton vor, der die Anforderungen der **Tabellen Nr. 2 und 3** dieses Dokuments erfüllt. Die Zulassung der vorgeschlagenen Betonsorte erfolgt durch den Bauherrn anhand der Ergebnisse der Erstprüfungen und/oder der Konformitätskontrolle der laufenden Herstellung gemäss Norm SN EN 206. Wenn die Erstprüfungen die Anforderungen erfüllen, wird die Betonsorte zugelassen. **Dem Betonhersteller ist es zwar überlassen, die genaue Betonrezeptur zu formulieren (unter Anwendung des nationalen Anhangs der Norm SN EN 206) – und damit das ausreichende Vorhaltemass, um die Anforderungen zu erfüllen – aber er verpflichtet sich die ausgewählte und anhand der Erstprüfungen (bzw. Konformitätskontrolle der laufenden Herstellung) zugelassene Betonrezeptur zu liefern.**

Bei jeder Änderung in der Art, Herkunft und Dosierung des Zementes, der Gesteinskörnung und allfälliger Zusatzstoffe, sowie der Dosierung des Anmachwassers muss der Betonhersteller mittels Erstprüfungen nachweisen, dass die Anforderungen an die Betonqualität erfüllt sind (bezüglich Betonfamilien, vgl. dazu auch den Anhang K der Norm SN EN 206 und die Kap. 8.2.3.4.10 bis 8.2.3.4.13 des nationalen Anhangs).

Die Erstprüfungen dienen ebenfalls dazu, die Frischbetoneigenschaften zu definieren, wie z.B. die Zielwerte der Konsistenz und die Rohdichte. Die Erstprüfungen müssen bei einer definierten Temperatur durchgeführt und dokumentiert werden. Die Unterschiede zwischen der Mischerart und dem Mischverfahren während der Erstprüfung und denen während der laufenden Produktion müssen berücksichtigt werden. Die Beurteilung der Druckfestigkeitsentwicklung muss den allfälligen Einfluss eines Temperaturunterschiedes zwischen Erstprüfung und Baustelle berücksichtigen.

Der Projektverfasser muss die Konsistenzklasse des Frischbetons festlegen, während der Unternehmer dem Betonwerk angibt, wie der Beton eingebracht wird (Pumpbeton, Kranbeton usw.). Im Rahmen der Erstprüfungen **muss der Unternehmer mit dem Betonwerk einen Zielwert für die Konsistenz innerhalb der festgelegten Konsistenzklasse** (Konsistenz zum Zeitpunkt der Lieferung: vor allem in Berggebieten müssen die Temperaturunterschiede zwischen Betonwerk und Baustelle, sowie Transportart und lange Transportwege berücksichtigt werden) **und die Messmethode der Konsistenz (siehe Norm SN EN 206, Kap. 5.4.1 und 8.2.3.3/Tab. 21) vereinbaren**. Die Streuung um diesen Zielwert bei den Erstprüfungen muss kleiner oder darf höchstens so gross sein wie die auf der Baustelle zulässigen Abweichungen. **Der Zielwert für die Konsistenz, welcher anhand der Erstprüfungen definiert wird, muss vom Projektverfasser genehmigt werden.**

Die Bestimmung des Zielwertes für die Konsistenz ist wichtig, denn auf der Baustelle müssen die Frischbetonkontrollen so ausgeführt werden, dass sie keinen Verzug in den Betonierarbeiten auslösen und trotzdem eine korrekte Beurteilung der Qualität des gelieferten Betons erlauben.

Die erste Genehmigung der Betonlieferung für das Einbringen des Betons beruht auf den in **Tabelle Nr. 3** dieses Dokuments angegebenen Frischbetoneigenschaften (der w/z-Wert z. B. wird erst danach gemessen).

Auf der Baustelle wird für die Kontrolle des w/z-Wertes der Gesamtwassergehalt bestimmt, welcher nicht dem maximalen w/z-Wert der Norm entspricht (letzterer beruht auf dem wirksamen Wassergehalt). **Die Berechnungsmethode des w/z-Wertes muss unbedingt vorgängig definiert werden und ist Bestandteil des Werkvertrages**. Im Rahmen der Vorversuche müssen mit dem Betonwerk die Toleranzen auf dem w_{gesamt}/z -Wert bestimmt werden, um eine Toleranz von 0.02 auf dem festgelegten Grenzwert des w_{wirksam}/z -Wertes einhalten zu können. Macht das Betonwerk keine Angaben zur Wasseraufnahme der

Gesteinskörnung für die Berechnung des w_{wirksam}/z -Wertes, gilt die Wasseraufnahme gleich Null.

4.2 Eignungsversuche

Wenn notwendig, sind Eignungsversuche durchzuführen. Dies kann der Fall sein, wenn man gewisse Betoneigenschaften am Bauwerk prüfen will, wie z.B. die Verarbeitbarkeit eines Betons mit stark verzögerten Ansteifen, die Qualität einer Sichtbetonfläche usw. Diese Betonierversuche sollten wenn möglich zu Beginn der Bauphase und an wenigen bedeutenden Bauteilen durchgeführt werden. Das Vorgehen bei der Beurteilung und Genehmigung ist dasselbe wie bei den Erstprüfungen.

Falls Betonierversuche notwendig sind für die Festlegung des Betons (z.B. für einen Sichtbeton), werden diese Versuche in Zusammenarbeit mit dem Betonwerk durchgeführt, die Kosten dafür werden vom Bauherrn getragen. Die Betonierversuche können als Referenzmuster für die Bauwerksabnahme dienen und sind Bestandteil der Ausschreibung.

4.3 Kontrollen an Frisch- und Festbeton : Prüffrequenzen, Grenzwerte und Toleranzen

Die zugelassene Betonrezeptur wird bei der Lieferung auf der Baustelle regelmässig vom Unternehmer und punktuell vom Bauherrn kontrolliert, gemäss dem Kontrollplan der Projektverfasser und dem Prüfplan des Unternehmers.

Der Inhalt der Frisch- und Festbetonkontrollen ist in der **Tabelle Nr. 3** dieses Dokuments angegeben.

Die Häufigkeit der Frisch- und Festbetonprüfungen muss vom Projektverfasser im Kontrollplan aufgrund der Bedeutung des Bauwerks und des Bauteils definiert werden. Im Prüfplan des Unternehmers werden diese Angaben übernommen und die Prüfungen in Funktion der Betonieretappen und dem vorgesehenen Bauprogramm, des Betontyps, der zusätzlichen Anforderungen und allfälliger Eignungsversuche beschrieben. ***Der Prüfplan des Unternehmers muss vom Projektverfasser genehmigt werden.*** Der Bauherr führt ebenfalls stichprobenweise Frisch- und Festbetonkontrollen durch, gemäss dem Kontrollplan.

4.4 Vorgehen bei Frischbetonkontrollen

Die Norm SN EN 206 (Kap. 7) sieht vor, dass jede Betonladung anhand des Lieferscheins und visuell überprüft wird. Es wird empfohlen, dass der Unternehmer mit dem Betonwerk auch die Abgabe der Chargenprotokolle vereinbart.

Eine Betonladung, deren Lieferschein nicht mit der vom Bauherrn genehmigten und bestellten Betonsorte übereinstimmt (Zusammensetzung oder Frischbetoneigenschaften) wird zurückgewiesen.

Der Unternehmer kontrolliert danach die Temperatur und die Konsistenz des Frischbetons. ***Der Beton wird nicht akzeptiert und zurückgewiesen im Falle einer Nichtkonformität seiner Temperatur oder seiner Konsistenz.***

Wenn die Ergebnisse mit den Frischbetonwerten übereinstimmen, welche bei den Erstprüfungen definiert wurden, wird die Betonladung freigegeben für die Betonierarbeiten, während dem die Betondichte und der w_{gesamt}/z -Wert (resp. w_{wirksam}/z -Wert) kontrolliert werden.

Wenn der w_{wirksam}/z -Wert nicht konform ist und den oberen Grenzwert übersteigt, aber die Ladung schon freigegeben wurde, werden die Betonierarbeiten gestoppt und das Restmaterial zurückgeschickt. Der schon eingebrachte Beton wird so weit wie möglich entfernt.

Liegt der w_{wirksam}/z -Wert unter dem unteren Grenzwert (trotz zufriedenstellender Konsistenz), wird der Grund dafür gesucht (Chargenprotokolle).

Auf jeden Fall werden Würfel von der nicht konformen Lieferung hergestellt, um die Qualität des Festbetons zu prüfen.

Die Ergebnisse der Frischbetonkontrollen des Unternehmers müssen jedesmal dem Bauherrn abgegeben werden.

4.5 Kontrollen am Festbeton

Anhand des Prüfplanes für den Beton

- wird bei den Frischbetonkontrollen eine Würfelserie gemäss Norm SN EN 12390-3 für die Prüfungen am Festbeton hergestellt
- oder es werden Bohrkern aus dem Bauwerksteil gemäss Norm SN EN 12504-1 entnommen.

Die Anzahl Würfel oder Bohrkern hängt ab von der Anzahl und Art der Versuche, welche notwendig sind um die grundlegenden und zusätzlichen Anforderungen an die Betoneigenschaften zu kontrollieren.

Die Festbetonkontrollen werden vom Unternehmer ausgeführt. **Die Ergebnisse der Festbetonkontrollen werden vom Bauherrn kontrolliert und beurteilt, ob sie die in Tabelle Nr. 3 dieses Dokuments vorgegebenen Grenzwerte und Toleranzen einhalten.**

Tabelle Nr. 3 : Prüfungen : Verfahren, Frequenzen, Grenzwerte und Toleranzen, Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten

Kontrollen	Erstversuche			Kontrollen während dem Bau		Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten
	Prüfverfahren	Anforderungen	Toleranzen	Frischbetonkontrolle : Toleranzen	Frequenzen/ Anzahl Versuche/ Probeentnahmen	
Lieferung		SN EN 206 und andere zwischen Unternehmer und Betonwerk vereinbarte Angaben		Kontrolle des Lieferscheins : die Angaben müssen mit der bestellten und zugelassenen Betonsorte übereinstimmen	Jede Lieferung	Rückweisung
Temperatur des Beton	Thermometer mit einer Ablesepräzision von 1°C, Kalibrierung alle 2 Jahre	> 5C° und < 30°C		> 5C° und < 30°C absolute Grenzwerte, solange keine andere Grenzwerte bestimmt wurden, siehe Kap. 6.4.5.5 der Norm SIA 262	Gemäss vereinbarten Prüfplan zwischen dem Projektverfasser und dem Unternehmer (Kap. 4.3): z.B.	Rückweisung
Konsistenz (bei Anlieferung)	SN EN 12350-2 bis 12350-5 und SN EN 206, Kap. 5.4.1	Die Konsistenzklasse wird vom Ausschreibenden festgelegt, der Zielwert muss zwischen dem Unternehmer und dem Betonwerk bestimmt und vereinbart werden.	≤ jene der Frischbetonkontrollen auf der Baustelle	<i>Verdichtungsmass</i> : 1.25 – 1.11 : ± 0.08 <i>Ausbreitmass</i> : ± 30mm	- entweder jede Betonlieferung - oder jede Betonieretappe, kleiner als 100m ³ (Halbtageseinsatz). - für Volumen > 100m ³ , entweder alle 100 à 200m ³ (Ganztageseinsatz) - oder 1 bis 2 Mal auf einen halben Tag verteilt.	Rückweisung
Frischbetondichte	SN EN 12350-6	vom Betonwerk zu bestimmen		± 3%	Probeentnahme des Frischbetons gemäss SN EN 12350-1	Betonier-Stop und Rückweisung des restlichen Materials, Festbetonkontrollen an Würfeln oder am Bauwerk für die schon betonierten Bauteile. Der schon eingebrachte Beton wird so weit wie möglich entfernt.
w/z - Wert	SIA 262/1, Anhang H	TYP 1: $w_{\text{wirk.}}/z \leq 0.5$ TYP 2: $w_{\text{wirk.}}/z \leq 0.5$ TYP 3: $w_{\text{wirk.}}/z \leq 0.45$	absolute Grenzwerte für den w/z-Wert	≤ 0.02 zum Grenzwert des w/z-Wertes. Die Toleranzen zum w_{gesamt}/z - Wert sind bei den Erstprüfungen zu definieren.		

Tabelle Nr. 3, 1. Folge: Prüfungen : Verfahren, Frequenzen, Grenzwerte und Toleranzen, Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten

	Erstprüfungen			Kontrollen während dem Bau		Kontrollen am Bauwerk	Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten
Kontrollen	Prüfverfahren	Anforderungen	Toleranzen	Frequenzen/ Anzahl Prüfungen/ Probe- entnahmen	Kontrollen an Würfeln: Toleranzen	Kontrollen an Bohrkernen: Toleranzen	Prüfungen an Bauwerksproben
Frühdruckfestigkeit	SN EN 12390-2, 12390-3 und 12390-7	F_{xTage} Prüfung und Angabe durch das Betonwerk	absolute Grenzwerte	jede Betonier- etappe (Kap. 4.3)	untere und obere Grenzwerte vom Ingenieur bestimmt	untere und obere Grenzwerte vom Ingenieur bestimmt	Überprüfung am Bauwerk der Druckfestigkeit $f_{28 Tage}$, Beurteilung gemäss gültiger Normen durch den Ingenieur in Funktion des Bauwerkelementes : 3 mögliche Fälle: - Nicht konforme, aber genügende Festigkeiten : Minderwert - Ungenügende Festigkeiten, aber Verstärkung möglich - Ungenügende Festigkeiten und Verstärkung unmöglich oder unverhältnismässig : Rückbau
Druckfestigkeit 28 Tage	SN EN 12390-2, 12390-3 und 12390-7 ; Prüfung am Bauwerk : EN 12504-1	geforderte Festigkeitsklasse	SN EN 206: Kap. 8.2.1.3	jede Betonier- etappe (Kap. 4.3)	SN EN 206, Anhang B3	EN 13791	
Frost-Tausalzbeständigkeit	Schnellprüfung TFB, Methode BE I / BE II ¹⁾	Beständigkeit \geq hoch oder mittel	absolute Grenzwerte	jede Betonier- etappe (Kap. 4.3)	Beständigkeit \geq hoch oder mittel	Schnellprüfung TFB : \geq genügend	Überprüfung am Bauwerk (Schnellprüfung TFB, Alter vgl. Kap. 2.2.2) : Klassierung der Betonqualität in : genügend, ungenügend oder schlecht in Funktion der Umgebungsbedingungen Massnahmen : Individuell zu bestimmen oder gemäss Tab. A2
	SN EN 206 Tab. NA.14	$\Delta m_{28} : \leq 600 \text{ g/m}^2$ oder $\Delta m_{28} : \leq 1200 \text{ g/m}^2$ ($\Delta m_{14} < \Delta m_{28}$)			$\Delta m_{28} : \leq 1200 \text{ g/m}^2$		
Wasserleitfähigkeit	SIA 262/1, Anhang A	1 bar wasserdichter Beton (Kap. 8.2.3.5 SN EN 206)	absolute Grenzwerte	jede Betonier- etappe (Kap. 4.3)	absolute Grenzwerte	absolute Grenzwerte	Überprüfung am Bauwerk und Klassierung der Betonqualität in : genügend, ungenügend oder schlecht in Funktion der Umgebungsbedingungen Massnahmen : Individuell zu bestimmen oder gemäss Tab. A2

1) die Prüfmethode BE I /BE II wird nur für Beton mit künstlichen Luftporen angewendet.

Tabelle Nr. 3, 2. Folge: Prüfungen : Verfahren, Frequenzen, Grenzwerte und Toleranzen, Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten

	Erstprüfungen			Kontrollen während dem Bau		Kontrollen am Bauwerk	Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten
Kontrollen	Prüfverfahren	Anforderungen ¹⁾	Toleranzen	Frequenzen/ Anzahl Prüfungen/ Probe- entnahmen	Kontrollen an Würfeln: Toleranzen	Kontrollen an Bohrkernen: Toleranzen	Prüfungen an Bauwerksproben
Chloridwiderstand	SIA 262/1, Anhang B	SN EN 206 Tab. Nr. 2	absolute Grenzwerte	jede Betonier- etappe (Kap. 4.3)	SN EN 206 absolute Grenzwerte	SN EN 206 absolute Grenzwerte	Massnahmen : individuell zu bestimmen
Sulfatbeständigkeit	SIA 262/1, Anhang D		absolute Grenzwerte	Keine Prüfungen an Würfel oder Bohrkernen vorgesehen	absolute Grenzwerte	absolute Grenzwerte	Im Fall von Nichtkonformität einer anderen Betoneigenschaft : Prüfung am Bauwerk und Beurteilung der Sulfatbeständigkeit in Funktion der Betonqualität, Exposition, Bauwerkstyp und Nutzungsdauer durch einen Spezialisten: genügend, ungenügend und schlecht . Massnahmen individuell zu bestimmen.
Überdeckung				Kontrollplan des Projekt- verfassers		5% ²⁾ der Mess- werte mit un- genügenden Über- deckungen ³⁾	Klassierung der Nichtkonformität in Funktion der Betonqualität, der Bewehrung, der geforderten Überdeckung, des Bauwerkteiles usw. durch einen Spezialisten.

1) ohne Veränderung der Herkunft der Gesteinskörnung, der Herkunft, Art und Dosierung des Zementes und allfälliger Zusatzstoffe (sonst muss der Test wiederholt werden).

2) wenn nicht strengere Vorgaben vorgesehen sind.

3) der Standort und die Menge der Messungen werden vorgängig definiert.

5 Bauwerksabnahme

5.1 Kontrolle der Bewehrungsüberdeckung

Die Betonüberdeckung der Bewehrung wird gemäss Kontrollplan (siehe Kap. 5.2.2 der Norm SIA 262) überprüft. Diese Bauwerkskontrolle wird durch den Bauherrn (beauftragter Spezialist) durchgeführt.

5.2 Behandlung der Nicht-Konformitäten

Im Falle von ungenügenden Ergebnissen der Festbetonversuche an Würfeln, dient eine Überprüfung anhand von Bauwerksproben aus der betroffenen Betonieretappe zur Klassierung der Betonqualität in genügend, ungenügend oder schlecht, gemäss den in Tabelle Nr. 3 dieses Dokuments angegebenen Kriterien.

Die Mess- und Beurteilungsmethoden und die Grenzwerte für die Klassierung der Nicht-Konformitäten sind Bestandteil des Werkvertrags.

Die Planung, die Überwachung und die Kontrolle der Prüfungen am Bauwerk übernimmt der Bauherr. Bei Bedarf wird ein Spezialist zugezogen für die Beurteilung der Nicht-Konformität. Die Kosten für die Bauwerkskontrollen im Falle einer Nicht-Konformität und für ihre Beurteilung gehen zu Lasten des Unternehmers.

Die Beurteilung des Ausmasses einer Nicht-Konformität beruht nicht nur auf den Qualitätskriterien des Betons, der Ausführungsqualität, der Exposition des Bauwerks und der Bedeutung des betroffenen Bauwerkteils, sondern auch auf der Bedeutung des Bauwerks selber (Nutzungsvereinbarung und Projektbasis).

Der Unternehmer schlägt ein Fachbüro vor (mit der Zustimmung des Bauherrn), welche zu seinen Lasten die notwendigen Massnahmen zur Erreichung der gestellten Anforderungen ausarbeitet.

Die Massnahmen im Falle einer Nicht-Konformität müssen detailliert ausgearbeitet werden und dem betroffenen Bauwerk angepasst sein. Sie müssen vom Bauherrn genehmigt werden.

Sobald das Ausmass der Nicht-Konformität bestimmt ist, müssen die entsprechenden Massnahmen getroffen werden, um die Dauerhaftigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit des Bauwerks zu gewährleisten. Diese Massnahmen gehen zu Lasten des Unternehmers.

Tabelle Nr. 4 : Verantwortlichkeiten und Kompetenzen der am QS-Prozess Beteiligten

Phase	Verantwortlicher	Elemente des PAQ / Zielsetzungen	Grundlage PAQ	Kontrollen / Genehmigung durch den Bauherrn (sein Vertreter)	Rückweisung / Nichtkonformität
Nutzungsvereinbarung	Bauherr / Projektverfasser	Klassierung des Bauwerks (SIA 260, 2.2 et 2.3) : - Definition des Kontrollniveau und der Massnahmen im Falle einer Nichtkonformität	Anhänge : Tabellen A1 und A2 (*)		
Projektbasis	Bauherr / Projektverfasser im Spezialfall : Unterstützung durch Spezialist	Klassierung der Bauwerkteile (SIA 260, 2.5) : - Festlegung der Expositionsklasse für jeden Bauwerkteil - Festlegung der grundlegenden und zusätzlichen Anforderungen an den Beton und die Überdeckung	Tab. Nr. 1 Tab. Nr. 2		
Kontrollplan		Festlegung der Ausführungskontrollen : - Rahmenbedingungen für den Prüfplan (Häufigkeit und Inhalt, Überwachung durch Bauherr) - Allfällige Eignungsversuche am Bauwerk	Tab. Nr. 3		
Prüfplan	Unternehmer	Prüfplan und Ausführungskontrollen : - Frisch- und Festbetonkontrollen	Tab. Nr. 3	Übereinstimmung mit dem Kontrollplan	
Überprüfung der Anforderungen des Kontrollplans	Betonwerk	Erstprüfungen - Bestimmung der Betoneigenschaften gemäss den grundlegenden und zusätzlichen Anforderungen - Festlegung der dazugehörigen Frischbetoneigenschaften	Tab. Nr. 2 Tab. Nr. 3	- Angemessenheit der vorgeschlagenen Betonrezepturen - Einhaltung der Betonspezifikationen - Frischbetoneigenschaften - Einhaltung der Toleranzen	Änderung der Betonrezepturen und Wiederholung der Erstprüfungen
Ausführung	Unternehmer und Bauherr	Allfällige Eignungsversuche am Bauwerk - Bestimmung der Betoneigenschaften gemäss den grundlegenden und zusätzlichen Anforderungen - Festlegung der dazugehörigen Frischbetoneigenschaften		- Angemessenheit der vorgeschlagenen Betonrezepturen - Einhaltung der Betonspezifikationen - Frischbetoneigenschaften - Einhaltung der Toleranzen	Änderung der Betonrezepturen und Wiederholung der Erstprüfungen und Eignungsversuche
	Unternehmer	Regelmässige Frisch- und Festbetonkontrollen	Tab. Nr. 2 Tab. Nr. 3	- Einhaltung der Spezifikationen und Toleranzen	Überprüfung am Bauwerk
	Bauherr	Punktuelle Frisch- und Festbetonkontrollen		- Punktuelle Frisch- und Festbetonkontrollen	
Bauwerksabnahme	Bauherr	Kontrolle der Überdeckung gemäss im Kontrollplan vorgegebenem Vorgehen Bauwerkskontrollen im Falle von Nichtkonformitäten gemäss Kontrollplan	Tab. Nr. 3	Im Spezialfall : Unterstützung durch einen Spezialisten	Korrekturmassnahmen gemäss Nutzungsvereinbarung und Projektbasis
	Unternehmer	Korrekturmassnahmen Gewährleistung der Dauerhaftigkeit, der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit	Anhänge : Tabellen A1 und A2 (*)		

(*) siehe Leitfaden – Vollständige Version