Qualitätssicherung für Betonbauten des Kantons Uri

Bauherren- und Planerversion, 6.12.2011

		Seite
Inhaltsverzeichnis		**1/2**
Stand der Aktualisierung		**3**
1	**Grundsätze und Verantwortlichkeiten**	**4**
2	**Anwendungsbereich**	**4**
TEIL 2: PROJEKTIERUNG		**6**
3	**Festlegen der erforderlichen Betonqualität**	**6**
3.1	Anforderungen an die erforderliche Dauerhaftigkeit	6
3.2	Umgebungsbedingungen und Expositionsklassen	8
3.3	Festlegung des Betons nach Eigenschaften	9
4	**Massnahmen zur Vermeidung von Schäden infolge Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR)**	**15**
4.1	Wahl der Betonsorte	15
4.2	Bauliche Massnahmen zum Schutz vor AAR	15
5	**Verarbeitungsbedingungen bei hohen oder niedrigen Temperaturen**	**16**
6	**Bewehrungsüberdeckung**	**18**
7	**Massnahmen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit**	**19**
7.1	Planung und Ausführung von Oberflächenschutzsystemen	20
7.1.2	Hydrophobierende Imprägnierung	23
8	**Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen**	**24**
TEIL 3 AUSFÜHRUNG		**25**
9	**Ausführung**	**25**
9.1	Erstprüfungen	25
9.2	Eignungsversuche	26
9.3	Kontrollen an Frisch- und Festbeton: Prüffrequenz, Grenzwerte und Toleranzen	26
9.4	Vorgehen bei Frischbetonkontrollen	27
9.5	Kontrollen am Festbeton	31
9.6	Kontrollen der Bewehrungsüberdeckung	31
9.7	Kontrolle von Oberflächenschutzsystemen	32
10	**Bauwerksabnahme**	**32**
10.1	Behandlung von Nichtkonformitäten bei der Bewehrungsüberdeckung	32
10.2	Behandlung von Nichtkonformitäten bei der Betonqualität	32

ANHÄNGE 34

Anhang A AAR-Prävention 35
A1 Grundlagen 35
A2 Betontechnologische Massnahmen 35
A3 Nachweisverfahren der AAR-Beständigkeit 36
A3.1 Langzeiterfahrungen am Bauwerk 36
A3.2 Laborprüfungen 38

Anhang B Schutz- und Instandsetzungsmassnahmen 39
B.1 Einsatz der verschiedenen Verfahren 39

Anhang C Massnahmen im Falle von Nichtkonformitäten 40

TABELLEN

Tabelle 1.1 Verantwortlichkeiten und Kompetenzen der am QS-Prozess Beteiligten
Tabelle 3.1: Tolerierte Schäden am Ende der vorgesehenen Nutzungsdauer, abhängig vom Schadenmechanismus
Tabelle 3.2: Zuordnung von Bauwerken und Bauteilen in eine Dauerhaftigkeitsklasse.
Tabelle 3.3: Beurteilung der Umgebungsbedingungen und Zuordnung der entsprechenden Umgebungsklasse
Tabelle 3.4: Wahl der erforderlichen Betonsorte
Tabelle 3.5: Standard-Ausschreibung der grundlegenden Anforderungen für die Betonsorten SORTE C, SORTE D und SORTE G
Tabelle 3.6: Anforderungen an die Zusammensetzung der Betonsorten SORTE C, SORTE D und SORTE G
Tabelle 3.7: Standardeigenschaften der Betonsorten SORTE C, SORTE D und SORTE G
Tabelle 3.8: Richtwerte für die 28 Tage - Druckfestigkeiten
Tabelle 5.1: Mögliche Massnahmen beim Betonieren bei niedrigen oder hohen Temperaturen
Tabelle 5.2: Regelungen für die Massnahmen bei tiefen Temperaturen
Tabelle 5.3: Dauer der Nachbehandlung für die drei Betonsorten
Tabelle 6.1: Erforderliche Bewehrungsüberdeckungen
Tabelle 7.1: Anwendungssituationen für Beschichtungen gemäss Nationalem Anhang der SN EN 1504-2
Tabelle 9.1 : Prüfungen : Verfahren, Frequenzen, Grenzwerte und Toleranzen, Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten
Tabelle 9.2: Grenzwerte zur Beurteilung der Konformität der Bewehrungsüberdeckung

Version: 3.11.2010, ersetzt Version vom 21.1.2010

Autoren:
Dr. Christine Merz, TFB Wildegg
Dr. Heidi Ungricht, TFB Wildegg
Dipl. Ing. Björn Mühlan, TFB Wildegg

Stand der Aktualisierung

Datum: (Version)	Seite	Aktualisierungsvermerk

Altdorf, 17. April 2012

TEIL 1: ALLGEMEINES

1 Grundsätze und Verantwortlichkeiten

Die Vorgaben zur **Q**ualitätssicherung bei der **P**lanung und **A**usführung (QPA) von Betonbauten im Kanton Uri entsprechen den Anforderungen der Normen SN EN 206-1, SN EN 206-9, SIA 262, SIA 262/1 und SIA 118/262. Sie sind Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen und des Werkvertrags.

Das Qualitätssicherungssystem hat eine ausreichende Qualität und Dauerhaftigkeit des Betons zum Ziel, um Gebrauchstauglichkeit und Tragsicherheit des Betonbauwerks während der geforderten Nutzungsdauer zu gewährleisten. Es beinhaltet folgende Elemente:

Einheitliche Festlegung der Betonqualität bei der Planung und normkonforme Ausschreibung des Betons.
Einsatz einer ***begrenzten Anzahl geeigneter Betonsorten***, um die Planung und die Ausführung von Betonbauten zu vereinfachen und zu systematisieren.
Vorgaben für ***Qualitätskontrollen*** (Prüfplan und Kontrollplan) um eine konstante und genügende Betonqualität sicherzustellen und zu verhindern, dass Beton, der die Anforderungen nicht erfüllt, eingebaut wird.
Einheitliche Festlegung der ***Beurteilungskriterien der Betonqualität***, um geeignete Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten treffen zu können. 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.

Bei der Bauwerksabnahme kann sich die Anwendung des QS-Systems auf die durch Kontrollen während der Bauphase festgestellten Nichtkonformitäten beschränken (Mangel im Sinne der Norm SIA 260).

In Tabelle 1.1 sind die Verantwortlichkeiten und Kompetenzen der am QS-Prozess Beteiligten aufgeführt.

2 Anwendungsbereich

Grundsätzlich gelten die Qualitätsvorschriften für den Neubau und die Instandsetzung aller Arten von Bauwerken, Bauteilen sowie auch für vorfabrizierte Elemente. Ausnahmen sind im Einzelfall möglich, sie sind aber immer zu begründen.

Die Qualitätsvorschriften gelten für konventionellen Stahl- und Spannbeton. Sie sind sinngemäss auf Sonderbetone, unbewehrten Beton, Spritzbeton, SCC etc. anzuwenden.

Für aussergewöhnliche, übergeordnete Bauten (z.B. Tunnel) ist die QS objektspezifisch anzupassen.

Phase	Elemente des QPA / Zielsetzungen	Grundlage QPA	Verantwortlicher	Kontrollen / Genehmigung durch den Bauherrn (sein Vertreter)	Rückweisung / Nicht-Konformität
Projektierung	**Projektbasis:** *Klassierung des Bauwerks* Definition des Kontrollniveau und der Massnahmen im Falle einer Nicht-Konformität	Tab. 1.1 Tab. 3.1-3.8 Tab. 6.1	Bauherr / Projektverfasser im Spezialfall: Unterstützung durch Spezialist		
	Klassierung der Bauwerkteile: - Festlegung der massgebenden Expositionsklassen für jeden Bauwerkteil - Festlegung der grundlegenden und zusätzlichen Anforderungen an den Beton und die Überdeckung				
	Kontrollplan: *Festlegung der Ausführungskontrollen :* - Rahmenbedingungen für den Prüfplan (Umfang und Inhalt, Überwachung durch Bauherr) - Allfälllige Eignungsversuche am Bauwerk	Tab. 9.1			
	Überprüfung der Anforderungen des Kontrollplans: *Erstprüfungen* - Bestimmung der Betoneigenschaften gemäss den festgelegten Anforderungen - Festlegung der dazugehörenden Frischbeton-eigenschaften	Tab. 3.1-3.7	Betonwerk	- Angemessenheit der vorgeschlagenen Betonrezepturen - Einhaltung der Betonspezifikationen - Frischbetoneigenschaften - Einhaltung der Toleranzen	Änderung der Betonrezepturen und Wiederholung der Erstprüfungen
Ausführung	**Prüfplan und Ausführungskontrollen :** - Frisch- und Festbetonkontrollen	Tab. 9.1		Übereinstimmung mit Kontrollplan	
	Allfällige Eignungsversuche am Bauwerk - Bestimmung der Betoneigenschaften gemäss den grundlegenden und zusätzlichen Anforderungen - Festlegung der dazugehörenden Frischbeton-eigenschaften		Unter-nehmer	- Angemessenheit der vorgeschlagenen Betonrezepturen - Einhaltung der Betonspezifikationen - Frischbetoneigenschaften - Einhaltung der Toleranzen	Änderung der Betonrezepturen und Wiederholung der Erstprüfungen und Eignungs-versuche
	Regelmässige Frisch- und Festbetonkontrollen			- Einhaltung der Spezifikationen und Toleranzen - Punktuelle Kontrollen	Überprüfung am Bauwerk
	Punktuelle Frisch- und Festbetonkontrollen		Bauherr		
Bauwerksabnahme	**Kontrolle der Überdeckung** gemäss im Kontrollplan vorgegebenem Vorgehen **Bauwerkskontrollen** bei Nichtkonformitäten	Tab. 6.1 Tab. 9.2		Im Spezialfall : Unterstützung durch einen Spezialisten	Korrekturmass-nahmen gemäss Projektbasis
	Korrekturmassnahmen Gewährleistung der Dauerhaftigkeit, Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit	Tab. 7.1 Anhang C	Unter-nehmer		

Tabelle 1.1 : Verantwortlichkeiten und Kompetenzen der am QS-Prozess Beteiligten

TEIL 2: PROJEKTIERUNG

3 Festlegen der erforderlichen Betonqualität

Die Qualitätsanforderungen wie sie im QPA formuliert sind und die Betonspezifikationen sind neben weiteren grundlegenden Aspekten für die Projektierung in der Projektbasis festzuhalten.

Die Rahmenbedingungen für den Prüfplan des Unternehmers und dessen Überwachung während der Ausführung sind im Kontrollplan festzulegen.

3.1 Anforderungen an die erforderliche Dauerhaftigkeit

Die Nutzungsanforderungen und die Nutzungsdauer werden in der Nutzungsvereinbarung festgelegt. Auf Grund dieser Anforderungen und den daraus abzuleitenden tolerierten Schäden am Ende der Nutzungsdauer werden das Bauwerk als gesamtes und dessen Bauteile einer Dauerhaftigkeitsklasse zugeordnet:

- Klasse D1: geringe Anforderungen an die Dauerhaftigkeit
- Klasse D2: normale Anforderungen an die Dauerhaftigkeit
- Klasse D3: erhöhte Anforderungen an die Dauerhaftigkeit

In Tabelle 3.1 sind die tolerierten Schäden am Ende der Nutzungsdauer in drei Stufen für verschiedene Schadenmechanismen festgelegt. Die Zuordnung der Bauwerke bzw. der Bauteile zu den drei Dauerhaftigkeitsklassen erfolgt mit Hilfe der Tabelle 3.2. Sie enthält verschiedene Aspekte, welche zu bewerten sind. Die Tabelle kann und soll mit wichtigen objektspezifischen Kriterien ergänzt werden. Das Vorgehen ist wie folgt:

- Im Minimum werden die Nutzungsdauer und die tolerierten Schäden gewählt und daraus die Dauerhaftigkeitsklasse bestimmt.
- Die Bewertung der zusätzlichen Kriterien auf Ebene Bauteil und/oder Bauwerk dient dazu, die Wahl der Dauerhaftigkeitsklasse besser abzustützen. Wird eher die unterste Zeile gewählt, sind eher höhere Anforderungen zu stellen, ist es die oberste Zeile, kann eher die tiefere Dauerhaftigkeitsklasse gewählt werden.

Wenn angrenzende Bauteile mit unterschiedlichem Anforderungsniveau konstruktiv, bzw. ausführungstechnisch nicht getrennt werden können, gilt das höhere Anforderungsniveau an die Betonqualität für beide Bauteile.

Anzunehmende bzw. mögliche Schäden	**AAR** maximale Rissbreiten [mm]	**Korrosionsgrad KG** (Querschnittverlust [%])		**Chloridgehalt ↔ Überdeckung** $Cl_{krit.}$ ↔ $c_{Bew\ bzw.\ HR}$		**Karbonati_sierungstiefe KT ↔ Überdeckung**	**Frostschäden**
		Schlaffe Bewehrung	Vorspannung	Schlaffe Bewehrung	Vorspannung		
A gross	≤ 1.0	< 25 bis 30	HR: 4 (100) Spannstahl: bis 2	Cl_{krit} erreicht in Tiefe >> c_{Bew}	Cl_{krit} erreicht in Tiefe > c_{HR}	KT >> c_{Bew}	Abblättern der Oberfläche
B mittel	≤ 0.5	≤ 10	HR: 4 (30) Spannstahl: bis 1	Cl_{krit} erreicht in Tiefe ≥ c_{Bew}	Cl_{krit} erreicht in Tiefe ≥ c_{HR}	KT ≥ c_{Bew}	Absanden
C klein	< 0.3	bis 2	HR: bis 2 Spannstahl: 0	Cl_{krit} erreicht in Tiefe ≤ c_{Bew}	Cl_{krit} erreicht in Tiefe < c_{HR}	KT < c_{Bew}	Oberfläche intakt

Tabelle 3.1: Mögliche, anzunehmende Schäden am Ende der vorgesehenen Nutzungsdauer, abhängig vom Schadenmechanismus.
HR: Hüllrohr; KG: Korrosionsgrad nach Merkblatt SIA 2006; $Cl_{krit.}$: kritischer Chloridgehalt; c_{Bew}: Überdeckung Bewehrung; c_{HR}: Überdeckung Hüllrohr;
KT: Karbonatisierungstiefe

Anforderungen an die Dauerhaftigkeit	In jedem Fall zu bewerten		Zusätzliche Kriterien Ebene Bauteil				Zusätzliche Kriterien Ebene Bauwerk				
	Nutzungsdauer [Jahre]	Anzunehmende bzw. mögliche Schäden (Tab.3.1)	Auswirkung von Mängeln und Schäden auf die Funktionstüchtigkeit	Überwachungsmöglichkeiten	Instandsetzungsmöglichkeiten	Beeinträchtigung des Betriebs durch Instandsetzungen	Bedeutung der Infrastrukturfunktion	Engpass im Verkehrsnetz	Konsequenzen bei Versagen	Gefährdung der Umwelt	Finanzielle Möglichkeiten
D1: Gering	≤20, Provisorium	A/B	gering	einfach	einfach	klein	untergeordnet	nein	gering	keine	klein
D2: Normal	>50, ≤ 75	B/C	erheblich	schwierig	schwierig	mittel	bedeutend	bedingt	erheblich	beschränkt	mittel
D3: Erhöht	>75	B/C	schwerwiegend	kaum vorhanden	kaum möglich	gross	sehr bedeutend	ja	schwerwiegend	erheblich	gross

Tabelle 3.2: Zuordnung von Bauwerken und Bauteilen in eine Dauerhaftigkeitsklasse

3.2 Umgebungsbedingungen und Expositionsklassen

Jedem Bauteil werden auf Grund der voraussehbaren Einwirkungen aus der Umwelt die entsprechenden Expositionsklassen gemäss Norm SIA 262 zugeordnet. Massgebende Kombinationen von Umweltbedingungen und Expositionsklassen werden unter Berücksichtigung der AAR-Gefährdung bei den entsprechenden Bedingungen in drei Umgebungsklassen U1 bis U3 zusammengefasst. Mit den Angaben in Tabelle 3.3 kann für jedes Bauteil die Umgebungsklasse festgelegt werden. Zusammen mit der Dauerhaftigkeitsklasse bildet die Umgebungsklasse die Grundlage für die Wahl der erforderlichen Betonqualität und allfällig notwendiger Begleitmassnahmen.

Beispiele für Umgebungsbedingungen	**Expositionsklassen (SIA 262)**	**Beurteilung der Umgebung (alle Schadenmechanismen, inkl. AAR): Umgebungsklasse**
In Innern des Bauwerks (tiefe rel. Feuchtigkeit), im Aussenbereich Vertikale Flächen vor Witterung geschützt mit niedrigem Frostrisiko	XC0 (CH)/ XC1(CH)/ XC3 (CH)/ **XC4 (CH)** **XF1 (CH)**	**trocken bis mässige Wassersättigung** keine Chloride kein chemischer Angriff geringe Frostbelastung → **Umgebung U1**
In Innern des Bauwerks (hohe rel. Feuchtigkeit), Massenbeton im Innenbereich Beton im Erdreich oder unter Wasser Pfahlbeton	XC1(CH)/ XC2(CH)/ **XC3(CH)**	**ständig nass, selten trocken** ohne Alkalizufuhr keine Chloride kein chemischer Angriff → **Umgebung U2**
Der Witterung ausgesetzte Betonoberflächen. Hohe Luftfeuchtigkeit, Kondenswasser, Sprühnebel mit und ohne Salz. Ohne grosse Taumittelzufuhr von aussen. Pfahlbeton	**XC4 (CH)** XF1(CH)/ **XF2(CH)** **XD1 (CH)**	**wechselnd nass/trocken und/oder mässige Wassersättigung** geringe Alkalizufuhr von aussen möglich Chloride möglich kein chemischer Angriff Frostbelastung → **Umgebung U2**
Der Witterung ausgesetzte horizontale od. südorientierte vertikale Betonoberflächen. Bauwerksteile im salzhaltigen Spritzwasserbereich	**XC4(CH)** **XD3 (CH)** XF3 (CH)/ **XF4(CH)** Evtl. zusätzlich: XA1(CH)/ XA2(CH)/ XA3 (CH)	**nass/trocken, und/oder hohe Wassersättigung** grosse Alkalizufuhr von aussen mit Chloriden /Taumitteln evtl. chemischer Angriff mit Frostbelastung → **Umgebung U3**

Tabelle 3.3: Beurteilung der Umgebungsbedingungen und Zuordnung der entsprechenden Umgebungsklasse

3.3 Festlegung des Betons nach Eigenschaften

Um die Anforderungen an die erforderlichen Eigenschaften zu erfüllen, stehen drei Betonsorten zur Verfügung: **SORTE C, SORTE D und SORTE G** (Tabelle 3.5).

Die Wahl der Betonsorte erfolgt mit Hilfe der Tabelle 3.4, die den Zusammenhang zwischen der bestimmten, gewünschten Dauerhaftigkeitsklasse des Bauteils gemäss Tabelle 3.2, den vorhandenen Umgebungsbedingungen gemäss Tabelle 3.3 und den definierten Betonsorten gemäss Tabelle 3.5 herstellt. Weitere Angaben zur Wahl der Betonsorten sind in Kap. 4 zu finden.

Aus der Tabelle folgt, dass bei der Kombination von hohen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit (D3) und

- der Umgebung U1 ausnahmsweise die Betonsorte SORTE D gefordert ist
- der Umgebung U3 zusätzlich zur Betonsorte SORTE G bauliche Schutzmassnahmen zu ergreifen sind.

Dauerhaftigkeitsklasse (aus Tabelle 3.2)	**Umgebungsklasse** (aus Tabelle 3.3)		
	U1	**U2**	**U3**
D1 geringe Anforderungen	SORTE C	SORTE D	SORTE G
D2 normale Anforderungen	SORTE C	SORTE D	SORTE G
D3 erhöhte Anforderungen	SORTE D	SORTE D	SORTE G[1)]

Tabelle 3.4: Wahl der erforderlichen Betonsorte.

1) zusätzlich geforderte Schutzmassnahmen: vgl. Kapitel 4.2.

Die baulichen Massnahmen zum Schutz vor den Konsequenzen eines AAR-Schadens sind spezifisch, d.h. zusätzlich zu den grundsätzlichen Anforderungen der Norm SIA 262 bzgl. Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und konstruktive Durchbildung zu planen. Angaben dazu sind in Kap. 4.2 zu finden. **Die Anforderungen des SIA Merkblatts 2042 sind einzuhalten.**

3.3.1 Ausschreibung des Betons nach Eigenschaften

Die hier beschriebene Ausschreibung des Betons nach Eigenschaften entspricht den Anforderungen der Normen SN EN 206-1, resp. SIA 262.

Die Betonsorten werden grundsätzlich gemäss Tabelle 3.5 ausgeschrieben: Bezeichnung der Betonsorte plus alle grundlegenden Anforderungen. Einzelne dieser Anforderungen müssen objektspezifisch überprüft und angepasst werden (Kap.3.1.1.2 der SIA 262):

- **Festigkeitsklasse**: Tabelle 2 der Norm SIA 262
- **Grösstkorn**: normalerweise 0/32 mm, (vgl. Tab. NA.4 des nationalen Anhangs der Norm SN EN 206-1)
- **Konsistenzklasse** (Tabelle 2 der SIA 262), normalerweise C2 für Kranbeton und C3 für Pumpbeton.

Die grundlegenden Anforderungen der Sorten **SORTE D und SORTE G** stimmen mit denjenigen der Tiefbaubetone T1 und T4 überein, welche von der Arbeitsgruppe "Tiefbaubetone“ des ASTRA zuhanden ASTRA, Kantone und SBB definiert wurden. Sie entsprechen im Weiteren denjenigen der Betonsorten D und G des Anhang E in der Norm SIA 118/262. Die grundlegenden Anforderungen der Sorte **SORTE C** entsprechen denjenigen der Betonsorte C derselben Norm. Im vorliegenden QPA werden noch zusätzliche Anforderungen an die Betonqualität definiert.

Grundlegende Anforderungen	**Betonsorte gemäss SIA 118/262 Anhang E**		
	SORTE C	**SORTE D**	**SORTE G**
Referenz	Beton gemäss SN EN 206-1 [1)]		
Druckfestigkeitsklasse (Beispiel, untere Grenze)	C30/37	C25/30	C30/37
Expositionsklasse	XC4 (CH) XF1 (CH)	XC4 (CH) XD1 (CH) XF2 (CH)	XC4 (CH) XD3 (CH) XF4 (CH) evtl. XA1-XA3 (CH) [4)]
Nennwert Grösstkorn	D_{max} 32, sonst Tab. NA.4 der SN EN 206-1		
Chloridgehalt [2)] Klasse	Cl 0.10		
Konsistenz [3)] Klasse (**Beispiel**)	C3 oder F4	C3 oder F4	C3 oder F4
Frosttausalzwiderstand nach SIA 262/1	nein	mittel	hoch
Zusätzliche Anforderungen [5)]			
AAR-Beständigkeit		AAR-beständig nach Merkblatt SIA 2042	

Tabelle 3.5: Standard-Ausschreibung der grundlegenden Anforderungen für die Betonsorten SORTE C, SORTE D und SORTE G.

1) In den Ausschreibungsunterlagen (und im Werkvertrag) ist festzuhalten, dass die Betone den Anforderungen dieser Regelung entsprechen müssen und der Betonhersteller zertifiziert sein muss. Der Betonhersteller ist verpflichtet, das Zertifikat, welches bestätigt, dass die Betonproduktion die Norm SN EN 206-1erfüllt, dem Besteller unaufgefordert vorzulegen. Der Besteller (Unternehmer, Bauherr oder deren Vertreter) hat dieses Zertifikat zu prüfen. Betonhersteller, die nicht gemäss Anhang C der SN EN 206-1 zertifiziert sind, dürfen keinen Beton nach Norm SN EN 206-1 anbieten.
2) Die Klasse des Chloridgehaltes gilt für Beton mit Stahlbewehrung und Spannstahlbewehrung.
3) Konsistenz: Es wurde eine übliche Klasse als Beispiel angegeben (Konsistenz: C2 für Kranbeton, C3/F4 für Pumpbeton). Die Vorgabe für die Konsistenz in der Ausschreibung des Betons kann bei der Ausführung in Absprache zwischen Bauherr, Unternehmer und Betonhersteller angepasst werden. SCC kann ebenfalls auf diese Weise ausgeschrieben werden (Konsistenzklasse z.B. SF2). Alle übrigen Eigenschaften gelten gleichermassen.
4) Expositionsklassen mit chemischem Angriff sind durch einen Spezialisten definieren zu lassen. Daraus ergeben sich spezielle Anforderungen an die Betonzusammensetzung (Zement, Zusatzstoffe, Gesteinskörnung) und Eigenschaften des Betons (z.B. Dichtigkeit, Sulfatbeständigkeit usw.). Siehe auch Anforderungen im Nationalen Anhang der SN EN 206-1.
5) Es können objektspezifisch weitere zusätzliche Eigenschaften gefordert werden, siehe dazu Kap.3.3.4.

<u>In den Ausschreibungsunterlagen und im Werkvertrag</u> ist festzuhalten, dass die Betone den Anforderungen des QPA entsprechen müssen und der Betonhersteller zertifiziert sein muss. Der Betonhersteller ist verpflichtet, das aktuelle Zertifikat einer Überwachungsstelle, welches bestätigt, dass die Betonproduktion die Norm SN EN 206-1 erfüllt, dem Besteller jährlich unaufgefordert vorzulegen. Der Besteller (Unternehmer, Bauherr oder deren Vertreter) hat dieses Zertifikat zu prüfen.

Betonhersteller, die nicht gemäss Anhang C der SN EN 206-1 zertifiziert sind, dürfen keinen Beton nach Norm SN EN 206-1 anbieten.

Vom Betonhersteller wird verlangt, dass für die Betonherstellung nur Produkte eingesetzt werden, für die Nachweise vorliegen, dass sie die entsprechenden Normen erfüllen, d.h.:

- Es dürfen nur jene Zemente verwendet werden, die gemäss Tabelle NA.3 der SN EN 206-1 in der Schweiz freigegeben sind.
- Es dürfen nur Gesteinskörnungen, Zusatzstoffe (z.B. Flugasche und Silikastaub) und Zusatzmittel von zertifizierten Herstellern eingesetzt werden. Solche Produkte sind mit einem CE-Zeichen bezeichnet.

Es wird empfohlen, vom Unternehmer zu verlangen, dass er mit dem Betonwerk die Abgabe der Chargenprotokolle und sämtlicher relevanter Informationen zum Beton vereinbart (Details der Zusammensetzung, Herkunft der Ausgangsstoffe etc., siehe SN EN 206-1).

Sind Abweichungen von diesen Grundsätzen nötig, müssen diese dem Bauherrn gemeldet und von ihm genehmigt werden.

3.3.2 Anforderungen an die Betonzusammensetzung

Für Beton nach Eigenschaften sind in der Tabelle NA 3 des nationalen Anhangs der SN EN 206-1 Mindestanforderungen an die Betonzusammensetzung, abhängig von den Expositionsklassen festgelegt. In **Tabelle 3.6** sind diese Anforderungen für die Sorten SORTE C, SORTE D und SORTE G zusammengestellt. Sie müssen erfüllt werden, wenn der Beton gemäss 3.3.1 ausgeschrieben und bestellt worden ist.

Betonkomponente	**Betonsorte**		
	SORTE C	**SORTE D**	**SORTE G**
Maximaler w/z – Wert [1)]	0.50	0.50	0.45
Mindestzementgehalt, kg/m^3 [2), 3), 4)]	300	300	320
Zulässige Zementarten	nach Tab. NA.3 der SN EN 206-1		
Luftgehalt, Vol.-% [5)]	ohne künstliche Luftporen	Der nötige Luftgehalt wird vom Betonhersteller festgelegt	

Tabelle 3.6: Anforderungen an die Zusammensetzung der Betonsorten SORTE C, SORTE D und SORTE G.

1) Maximaler w/z-Wert nach SN EN 206-1 entspricht dem „Massenverhältnis des wirksamen Wassergehaltes zum Zementgehalt im Frischbeton“
2) Der Betonhersteller wird verpflichtet, auf dem Lieferschein oder auf einem anderen Dokument (z.B. Sortenverzeichnis) die Betonzusammensetzung, insbesondere Zementart und –menge, Art und Gehalt an Zusatzstoffen sowie den w/z- bzw. w/z_{eq}-Wert anzugeben

3) Der Mindestzementgehalt gilt ohne Anrechnung von Zusatzstoffen und für ein Grösstkorn Dmax. 32mm. Je nach Betonausgangstoffen (z.B. grössere Anteile an gebrochener Gesteinskörnung) und Anwendung (z.B. Sichtbeton) kann es erforderlich sein, diesen Mindestzementgehalt anzuheben. Bei AAR - beständigen Betonen darf die Betonzusammensetzung nur beschränkt verändert werden ohne erneuten Nachweis der AAR-Beständigkeit (vgl. Kap. 4).
4) Der Mindestzementgehalt berücksichtigt nicht die allfällige Zugabe von Zusatzstoffen. Wird der Zement teilweise durch Zusatzstoffe ersetzt, wie Flugasche oder Silikastaub, sind die Regeln der Anrechenbarkeit für den w/z-Wert w/(z + k x Zusatzstoff und den Mindestzementgehalt im Kap. 5.2.5.2 (k-Wert Ansatz) angegeben. Es gelten die K-Werte für Silikastaub, Flugasche und Hydrolith nach SN EN 206.-1 und deren nationalen Anhänge NA, NB, NC und ND.
5) Hinweis: Die Zugabe von Luftporenbildnern ist nicht unbedingt erforderlich. Bei horizontalen Flächen mit salzhaltigem stehendem Wasser, die eine hohe Frosttausalzbeständigkeit aufweisen müssen, ist die Zugabe von Luftporenbildnern empfehlenswert. Der minimale Luftgehalt, der für das Erreichen des geforderten Frost-Tausalz-widerstandes notwendig ist, wird vom Betonhersteller bestimmt. Der angestrebte Wert ist dem Besteller zur Orientierung bekannt zu geben. Er gilt aber nicht als Grenzwert.

3.3.3 Anforderungen an die Eigenschaften der Betonsorten

Die Anforderungen an die Standardbetoneigenschaften, welche sich aus der Ausschreibung und den Anforderungen an die Zusammensetzung ergeben, sind in **Tabelle 3.7** zusammengestellt und stimmen mit Ziffer 8.2.3.2 des nationalen Anhangs der SN EN 206-1 überein (Neufassung 2008).

Betoneigenschaft	**Betonsorte**		
	SORTE C	**SORTE D**	**SORTE G**
Wasserleitfähigkeit (SIA 262/1)	$q_w \leq 10$ g/m^{2}h	$q_w \leq 10$ g/m^{2}h	—
Frost-Tausalzwiderstand (SIA 262/1)	—	**Mittel:** $\Delta m_{28} \leq 1200$ g/m^2	**Hoch:** $\Delta m_{28} \leq 200$ bzw. $\Delta m_{28} \leq 600$ g/m^2 und $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$
Chloridwiderstand (SIA 262/1)	—	—	$\leq 10 \times 10^{-12}$ m^2/s
Gesteinskörnung (SN 670 115) [1)]	ungeeignete und nicht frostbeständige Körner $\leq 5\%$		
AAR-Beständigkeit (Merkblatt SIA 2042) [2)]	—	AAR-beständig Grenzwerte und Kriterien: siehe Kap. 4	

Tabelle 3.7: Anforderungen an die Eigenschaften der Betonsorten SORTE C, SORTE D und SORTE G.

1) Für die Verwendung von Beton- und Mischabbruchgranulat als Gesteinskörnung für die Betonsorte SORTE C gelten das Merkblatt SIA 2030 „Recyclingbeton“ und die Norm SN EN 12620.
2) Werden Gesteinskörnungen von verschiedenen Abbaugebieten verwendet, ist der Nachweis für alle Abbaugebiete zu erbringen. Dabei müssen die Performance-Prüfungen die Bandbreite der verwendeten Mischungsverhältnisse der Gesteinskörnungen abdecken. Die Zugabe von Recycling-Material ist gemäss Merkblatt SIA 2042 für AAR-beständigen Beton ohne besonderen Eignungsnachweis nicht gestattet.

Betonsorte	SORTE C	SORTE D	SORTE G
Richtwerte für die Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tage [N/mm^2]	55-60	45-50	55-60

Tabelle 3.8: Richtwerte für die 28-Tage-Druckfestigkeiten für den projektierenden Ingenieur zur Bemessung der Mindestbewehrung (Basis: Festigkeitsklasse gemäss Tabelle 3.5). Bei Vorliegen von genügenden Erfahrungswerten können diese Werte angepasst werden.

Die Druckfestigkeiten ergeben sich aus der in der Norm SN EN 206-1, Tab. NA3, vorgegebenen Zusammensetzung des Betons und bei einwandfreier Verarbeitung. Sie sind erfahrungsgemäss deutlich höher als die geforderten Mindestwerte der Festigkeitsklassen. Aufgrund der Baustellenverhältnisse (Sommer, Winter usw.) kann zudem die Druckfestigkeit des eingebauten Betons stark schwanken und sich von den Druckfestigkeiten von Laborproben deutlich unterscheiden. Diese Werte sind deshalb als Hinweis für den projektierenden Ingenieur zur Bemessung der Mindestbewehrung zu verstehen.

Wenn andere Druckfestigkeitsklasse gefordert oder Anforderungen an die Frühfestigkeit gestellt werden, sind die o.g. aufgeführten Richtwerte zu prüfen und ggf. anzupassen.

3.3.4 Zusätzliche Anforderungen an die Betoneigenschaften

Nach Bedarf kann der Projektverfasser zusätzliche Anforderungen festlegen (Norm SN EN 206-1, Kap. 6.2.3, resp. SIA 3.1.1.2.2). Für die Festlegung der Anforderungen, der Prüfmethoden, der Beurteilungskriterien usw. ist allenfalls ein Spezialist beizuziehen. Im Folgenden sind einige grundsätzliche Hinweise gegeben.

1. Beständigkeit gegenüber Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR):
   Die AAR-Beständigkeit ist für die Betonsorten SORTE D und SORTE G immer gefordert. Die Regelungen dazu in Kapitel 4 entsprechen den Vorgaben des Merkblattes SIA 2042.

2. Beständigkeit gegenüber Sulfatangriff oder anderen chemischen Angriffen durch aggressive Böden oder Wässer (weiche oder saure Wässer, sulfathaltige Wässer usw.): Der Projektverfasser muss die Eigenschaften des angreifenden Mediums quantifizieren und evtl. die Expositionsklasse angeben (XA1, XA2, oder XA3 - je nach dem Niveau der Aggressivität der Umgebungsbedingungen). Die Beurteilung der Betonrezeptur und der Betoneigenschaften unter den gegebenen Verhältnissen muss durch einen Spezialisten erfolgen. Für die Expositionsklassen XA2(CH) und XA3(CH) sind Zemente mit einem hohen Sulfatwiderstand zu verwenden (HS-Zemente gemäss Norm SN EN 197-1). Bei anderen chemischen Angriffen sind andere betontechnologische (Zement, Zusatzstoffe, Gesteinskörnung) oder konstruktive Massnahmen zum Schutz des Betons nötig (z.B. Abdichtungen, Beschichtungen). Die besonderen Anforderungen an die Betonzusammensetzung und die Eigenschaften des Betons und deren Prüfung sind in der Ausschreibung festzulegen (z.B. Dichtigkeit, Sulfatbeständigkeit usw.).

3. Verzögerter Beton: Der Besteller muss die Dauer der geforderten Verzögerung des Erstarrungszeitpunkts angeben. Eventuelle negative Einflüsse auf die Endqualität des

Betons müssen im Rahmen der Erstprüfungen geprüft und vom Projektverfasser zugelassen werden. Die zusätzliche Anforderung „verzögerter Beton“ betrifft nicht die evtl. notwendige Verzögerung infolge langer Transporte vom Betonwerk zur Baustelle.

4. Beton mit erhöhter Frühfestigkeit: Wird ein Mindestwert für die Druckfestigkeit vor Erreichen des Betonalters von 28 Tagen gefordert, so muss der Projektverfasser den geforderten Mindestwert angeben, unter Anwendung der Angaben der Tabelle Nr. 12 der Norm SN EN 206-1. In diesem Fall ist die zusätzliche Anforderung an die maximale Druckfestigkeit nach 28 Tagen zu überprüfen und gegebenfalls zu streichen.

5. Wärmeentwicklung während der Hydratation: Der Projektverfasser muss die zulässigen Höchsttemperaturen angeben, die während der Hydratation in Funktion der Bauteilabmessungen erreicht werden dürfen. Bei massiven Bauteilen sollte der Projektverfasser die Höchsttemperaturen jeweils immer abschätzen. Ergibt sich, dass die Höchsttemperatur 70 bis 80 °C übersteigt, sind Massnahmen erforderlich (andere Zementart, tiefe Frischbetontemperaturen), die vom Betonwerk, resp. Unternehmer zu treffen sind. Wird ein Maximalwert für die Höchsttemperatur festgelegt, müssen die entsprechenden Nachweise verlangt werden.

6. Schwindmass des Betons: Die Probleme in Verbindung mit der Schwindverformung sind über die Zusammensetzung des Betons, dessen Nachbehandlung und mit konstruktiven Massnahmen zu lösen. Der Projektverfasser muss die maximal zulässigen Schwindmasse angeben (Messmethoden, Beginn und Ende der Schwindmessung, Messungen vor Ort oder im Labor, Umgebungsbedingungen usw., siehe Norm SIA 261/1, Anhang F).

7. Höchstwert der Druckfestigkeit: die Norm SN EN 206-1 kennt keine obere Begrenzung der Druckfestigkeit. Falls notwendig, muss eine solche Begrenzung vom Projektverfasser angegeben werden (siehe hierzu auch Tabelle 3.8).

8. Spritzbeton: Für die Projektierung, Ausführung und Prüfung von Spritzbeton gelten die Normen der Reihe SN EN 144887-1und -2, sowie der SN EN 14488-1 bis -7.

9. Selbstverdichtender Beton: Es gelten die Anforderungen der SN EN 206-9, inkl. Der zugehörigen Prüfnormen. Der Projektverfasser muss neben der entsprechenden Konsistenzklasse allfällige spezielle Eigenschaften des Frischbetons vorgeben (rheologische Eigenschaften, Fliessfähigkeit). Ansonsten wird der Beton wie die 3 Betonsorten ausgeschrieben.

10. Sichtbeton: Der Projektverfasser muss die Eigenschaften der fertigen Betonoberfläche umschreiben, z.B. Anordnung und Art der Fugen, zulässige Lunkern, Schwankungen im Farbton usw., dies z.B. anhand von vorgängig erstellten oder bezeichneten Musterflächen (Norm SIA 118/262, Anhänge B, C und D).

4 Massnahmen zur Vermeidung von Schäden infolge Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR)

Ausführungen zur AAR-Prävention befinden sich im Anhang A.

4.1 Wahl der Betonsorte

Es hat sich gezeigt, dass die Gesteinskörnungen welche aus dem Urnersee gewonnen wurden und werden, alkalireaktiv sind. In den seit den sechziger Jahren eingebauten Urner Betonen entwickeln sich AAR-bedingte Schäden langsam über die Jahrzehnte hinweg (mittlerer w/z-Wert, mittlerer Zementgehalt, keine Zusatzstoffe). ***Generell ist deshalb im Kanton Uri eine AAR-Prävention bei Tiefbauten notwendig.*** Diese kann betontechnologische und/oder konstruktive Massnahmen umfassen. **Das Vorgehen entspricht den Angaben des SIA Merkblattes 2042, Vermeidung von AAR-Schäden beim Betonbau.**

Untersuchungen zur AAR - Beständigkeit von Betonen, die mit Gesteinskörnungen aus dem Urnersee hergestellt worden sind, haben gezeigt, dass beispielsweise mit einem Mindestgehalt von ca. 50 bis 70 kg Flugasche auf einen Gehalt von ca. 280 bis 300 kg CEM I/m^3 Beton ein AAR-beständiger Beton erreicht werden kann. Der Flugasche-Anteil im Bindemittel sollte mindestens 20 % betragen.

Für Betone, die nicht mit Urnerseematerial hergestellt werden, gelten die gleichen Anforderungen an die AAR-Beständigkeit wie für SORTE D und SORTE G (vorfabrizierte Betonelemente, Werkfertigmischungen für Instandsetzungsarbeiten etc.).

Der Nachweis der AAR - Beständigkeit kann aufgrund von Langzeiterfahrungen oder mit Hilfe von Laborprüfungen erfolgen (vgl. Anhang A). Die Gültigkeit der Nachweise (Alter, Vergleichbarkeit) muss durch von der Bauherrschaft anerkannte Fachspezialisten beurteilt werden.

4.2 Bauliche Massnahmen zum Schutz vor AAR

Das im SIA Merkblatt 2042 vorgegebene Verfahren zur Ausarbeitung der konstruktiven Massnahmen ist anzuwenden.
Bauliche Massnahmen haben zum Ziel, die Zufuhr von zusätzlichen Alkalien von aussen zu verhindern (z.B. Streusalz, Bergwasser) und/oder den Feuchtigkeitsgehalt im Beton möglichst tief zu halten bzw. zu reduzieren (anzustrebender Wert < 80%). Um den Eintrag von ggf. alkalienhaltigem Wasser in das Innere des Betons zu stoppen oder zu reduzieren, stehen verschiedene Massnahmen (einzeln oder in Kombination) zur Verfügung:

- gute Oberflächenentwässerung
- ausreichendes Gefälle
- Beschränkung der Rissbreiten
- gute Drainage bei Wänden
- Wasserabfluss bei Fugen und Wasserspeiern über andere Bauteilflächen vermeiden
- Aufbringen einer Abdichtung oder eines Oberflächenschutzsystems.

Als weiteres Ziel kann eine Reduktion der Ausdehnungen angestrebt werden, indem die Bauteilabmessungen (-geometrie) minimiert werden. Dadurch wird auch das Austrocknungsverhalten verbessert. Eine stark umschnürende Bewehrung kann ebenfalls dazu

beitragen die Ausdehnungen zu reduzieren, bzw. deren Hauptausrichtung zu beeinflussen. Zwängungen und Folgeschäden an benachbarten Bauteilen müssen durch weitere, situationsspezifische Massnahmen vermieden werden.

Die geplanten konstruktiven Massnahmen sind von einer, von der Bauherrschaft anerkannten Fachperson zu beurteilen und in der Projektbasis zu beschreiben und zu begründen. Die Folgen bei einem allfälligen Versagen der konstruktiven Massnahmen sind abzuschätzen.

5 Verarbeitungsbedingungen bei hohen oder niedrigen Temperaturen

Das Betonieren bei Frischbetontemperaturen unter +5 °C oder über +30 °C ist nicht vorgesehen, kann aber unter bestimmten Bedingungen erlaubt werden (Norm SIA 262, Kap. 6.4.5.4 bis 6.4.5.7). Bei der Nachbehandlung des Betons sind besondere Massnahmen zu treffen, wenn die Aussentemperatur unter +10 °C oder über +25 °C liegt.

Frischbeton-temperatur	**Mögliche Massnahmen bei der Betonherstellung**
< 5 °C	Aufwärmen von Anmachwasser, Gesteinskörnung, Bewehrung (wenn < +1 °C), Einsatz von Beschleuniger, Frostschutzmittel, schnelle Verarbeitung, keine gefrorenen Gerätschaften benutzen
5 - 30 °C	Normale Massnahmen: den Betonierverhältnissen angepasster Einsatz von Zusatzmitteln um Entmischungen zu vermeiden und eine ausreichende Verarbeitbarkeit zu gewährleisten
> 30 °C	Anmachwasser, Gesteinskörnung, Gerätschaften abkühlen, bzw. kühl halten, Einsatz von Kühlsystemen, Verzögerer, Betonieren am späten Abend
Aussen-temperatur	**Mögliche Massnahmen bei der Nachbehandlung**
< 10 °C	Verlängerte Ausschalfrist, Abdecken mit Dämmmatten, Beheizen, nach dem Ausschalen: erneutes Abdecken um Temperaturschock zu vermeiden. Kontrolle der Festigkeitsentwicklung anhand von Betonwürfeln vor dem Ausschalen.
10 - 25 °C	Normaler Schutz gegen vorzeitiges Austrocknen, Sonnenbestrahlung, Auswaschen, starke Temperaturwechsel, Erschütterungen: mind. 5 Tage Nachbehandlung (inbegriffene Leistung) in Form von Abdecken, Feuchthalten, Benetzen, in der Schalung belassen, Auftragen eines Nachbehandlungsmittel
> 25 °C	Kleine Bauabschnitte vorsehen, um die Entwicklung der Hydratationswärme zu vermindern, weniger rasch abbindenden Zement einsetzen, verlängerte Ausschalfristen, Thermomatten, Aufbringen von feuchten Abdeckungen, kontinuierliches Benetzen, Stahlschalungen abdecken, Holzschalungen befeuchten

Tabelle 5.1: Mögliche Massnahmen beim Betonieren bei niedrigen oder hohen Temperaturen

Bei tiefen Temperaturen gelten grundsätzlich folgende Regelungen:

Aussen-temperatur	Betonierarbeiten	Massnahmen
< -5 °C	**Grundsätzlich kein Betonieren** (nur in Ausnahmefällen nach Absprache mit Bauleitung um Bauprogramm einzuhalten)	
> -5 bis 0 °C	**Betonieren nur nach Absprache mit Bauleitung** - Bei Schneefall kein Betonieren möglich - Eingeschneite Bewehrungen und Schalungen müssen gereinigt und trocken sein, Bewehrung mind. +1 °C, ohne Kondenswasser oder Eisschicht - Kein Betonieren von Elementen mit Sichtbetonqualität	Massnahmen gemäss Werkvertrag; Ausschalfrist wird um jeden Tag mit Temperaturen < +5 °C verlängert. Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird an separaten Probekörpern oder anhand des Reifegrades überwacht.
> 0 bis +5 °C	**Betonieren möglich, Bauleitung wird informiert** - Einschränkungen wie oben - Massnahmen gemäss Werkvertrag	Massnahmen gemäss Werkvertrag; Ausschalfrist wird um jeden Tag mit Temperaturen < +5 °C verlängert. Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird an separaten Probekörpern oder anhand des Reifegrades überwacht.

Tabelle 5.2: Regelungen für die Massnahmen bei tiefen Temperaturen

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 (z.B. Frostschutzmittel, Verzögerer) usw.

Der Einsatz von Nachbehandlungsmitteln ist zu prüfen. Insbesondere bei Föhnlage und bei Bauteilen, die eine grosse besonnte Oberfläche) aufweisen (z.B. Bodenplatten), bietet das Auftragen eines Nachbehandlungsmittels (Curing Compound) keinen genügenden Schutz vor dem Austrocknen. Auch bei Oberflächen, für die ein Oberflächenschutzsystem geplant ist, können mit dem Curing Compound Inkompatibilitäten auftreten.

Der Einsatz von Plastikfolien bietet nur dann einen effizienten Schutz vor dem Austrocknen, wenn gewährleistet werden kann, dass kein Luftzug zwischen der Betonoberfläche und der Folie auftreten kann.

Auch die Massnahmen zum Vermeiden einer zu hohen Hydratationswärme, falls eine Begrenzung vom Projektverfasser vorgegeben wird (Kap. 3.1.4), sind zu beschreiben.

Die besonderen Anforderungen an die Frischbetoneigenschaften und die Massnahmen zum Schutz des frisch eingebrachten Betons müssen im Werkvertrag vereinbart werden. Gemäss SIA 118/262, Kap. 8.2.5 ist die Nachbehandlung während 5 Tagen eine in den Betonierarbeiten inbegriffene Leistung.

Der Ingenieur legt die minimalen Ausschalfestigkeiten für die einzelnen Bauteile fest.

Die Dauer der Nachbehandlung wird abhängig von den klimatischen Bedingungen, der Geometrie des Bauteils und der Betonsorte vom Projektverfasser definiert (vgl. Kap. 6.4.6 der SIA 262).

		Mindestnachbehandlungsdauer [Tage][1]									
Festigkeitsentwicklung bei 20°C gemäss Norm SN EN 206-1		schnell			mittel			langsam			Sehr langsam
		r ≥ 0.50			*0.50 > r ≥ 0.30*			*0.30 > r ≥ 0.15*			*r < 0.15*
Nachbehandlungsklasse		2	3	4	2	3	4	2	3	4	
Oberflächentemperatur des Betons	*T ≥ 25°C*	**1.0**	**1.5**	**3**	**1.5**	**2.5**	**5**	**2.5**	**3.5**	**6**	Spezielle Anforderungen sind festzuhalten
	25 >T ≥ 15°C	**1.0**	**2.0**	**5**	**2.5**	**4**	**9**	**5**	**7**	**12**	
	15 >T ≥ 10°C	**1.5**	**2.5**	**7**	**4**	**7**	**13**	**8**	**12**	**21**	
	10 >T ≥ 5°C[2)]	**2.0**	**3.5**	**9**	**5**	**9**	**18**	**11**	**18**	**30**	
1)	Bei mehr als 5 h Verarbeitungszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern										
2)	Bei Temperaturen unter 5°C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeitspanne zu verlängern, während der die Temperatur unter 5°C lag										

Tabelle 5.3: Dauer der Nachbehandlung [Tage] gemäss Tab. 21 der SIA 262. Die Betonsorten C, D und G zeigen bei Verwendung von CEM I oder CEM II/A-LL eine schnelle Festigkeitsentwicklung. Für die Betonsorten C und D gilt die Nachbehandlungsklasse 3 und für die Betonsorte G die Nachbehandlungsklasse 4 (vgl. Tab. 20 SIA 262).

Wenn früher als vorgegeben ausgeschalt werden soll, oder die Nachbehandlung weniger lang als vorgegeben durchgeführt werden soll, muss anhand der Festigkeitsentwicklung des Betons nachgewiesen werden, dass dies ohne Qualitätseinbussen, bzw. Schaden möglich ist.

6 Bewehrungsüberdeckung

Die Bewehrungsüberdeckung müssen die Mindestanforderung der Tabelle 6.1 erfüllen. Sie beruhen auf den Vorgaben der SIA 262, Tab. 17. In den Werten C_{nom} sind ein Vorhaltemass ΔC_{dev} = 10mm inbegriffen. Die festgesetzten Werte entsprechen solchen der Eurocodes 2 für die Anforderungsklassen S2-S5.

Sind die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit hoch (D3) und liegt die Umgebungsklasse U3 vor, genügt die Kombination der Betonsorte SORTE G mit den angegebenen Bewehrungsüberdeckungen nicht, um während einer Nutzungsdauer von 100 Jahren die Schäden in Bezug auf Korrosion klein zu halten (tolerierte Schäden gemäss Tabelle 3.1). In diesen Fällen müssen bei der Erstellung und/oder während der Nutzung des Bauwerks zusätzliche konstruktive Massnahmen (Oberflächenschutz) ergriffen werden (Kapitel 7).

Für jedes Bauteil muss der Projektverfasser vorgängig im Kontrollplan repräsentative Kontrollmethoden bei der Bauwerksabnahme sowie die Massnahmen im Falle einer Nichtkonformität definieren:
- Messmethode,
- Zeitpunkt der Kontrolle
- Bauteile
- Ausmass der Messungen (Anzahl Eisen oder Flächenausmasse)

Die Bewehrungsüberdeckung muss **VOR** dem Betonieren kontrolliert und wenn nötig korrigiert werden. Die Kontrolle umfasst auch die richtige Lage, die genügende Anzahl und die Frosttausalzbeständigkeit der Abstandhalter und das korrekte Zurückbiegen der Bindedrähte. Es ist ein entsprechendes Abnahmeprotokoll zu erstellen und von der Bauherrschaft oder deren Vertretung zu visieren.

Ursache der Korrosion	***Karbonatisierung***	***Chloride***	
Umgebungsklasse	*U1/U2*	*U2*	*U3*
Expositionsklasse	***XC4***	***XD1/XD2a***	***XD2b/XD3***
Betonstahl	*40mm*	*40mm*	*55mm*
Hüllrohr (Vorspannung)	*50mm*	*50mm*	*65mm*

Tabelle 6.1: Erforderliche Bewehrungsüberdeckungen C_{nom}, abhängig von der Exposition/Umgebung gemäss Tab. 17 der SIA 262. In den angegebenen Werten ist ein Vorhaltemass von 10mm inbegriffen.

7 Massnahmen zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit

Eine geeignete Betonqualität kombiniert mit einer genügenden Überdeckung ist die Massnahme mit dem wohl besten Kosten-Nutzen-Verhältnis. Daneben gibt es aber auch noch andere Möglichkeiten zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit:

- Inhibitoren, Massenhydrophobierungen (dem Beton als Zusatzmittel beigegeben)
- Oberflächenschutzsysteme
- Stahlqualität (nichtrostende Stähle)

Mit Inhibitoren kann der kritische Chloridgehalt, bei welchem die Korrosion einsetzt, erhöht und damit der Zeitpunkt der Korrosionsinitiierung hinausgeschoben werden. Inhibitoren lagern sich an der Metalloberfläche an oder fördern die Schutzschichtbildung. Entscheidend für die Wirksamkeit ist die vorhandene Konzentration auf der Stahloberfläche. Eignungsnachweise sind vorzusehen.

Mit Massenhydrophobierungen wird die kapillare Wasseraufnahme des Betons stark reduziert. Dadurch wird auch der Chlorideintrag stark verlangsamt und damit die Korrosionsinitiierung hinausgeschoben. Da die Wasserdampfdiffusion kaum beeinflusst wird, trocknet der Betonquerschnitt im Laufe der Zeit als Ganzes aus bis die der Umgebung entsprechende Gleichgewichtsfeuchtigkeit erreicht ist. Dies hat bei initiierter Korrosion und bei AAR kleinere Reaktionsgeschwindigkeiten zur Folge.

Mit Oberflächenschutzsystemen wird primär das Ziel verfolgt, die Wasser- und Schadstoffaufnahme zu verhindern. Bei Film bildenden Systemen bleibt vorhandene Feuchtigkeit im Beton und gleicht sich allenfalls aus. Bereits ablaufende Prozesse (z.B: AAR) sind mit derartigen Systemen demnach nur bedingt zu beeinflussen. Die Planung von Oberflächenschutzsystemen wird nachfolgend noch detaillierter ausgeführt (Kap. 7.1)

Mit nichtrostenden Stählen wird der Beginn der Korrosion, infolge erhöhter kritischer Chloridgehalte, stark bis sehr stark hinausgezögert (abhängig von der Stahlqualität). Mehr Informationen zum Einsatz von nichtrostenden Stählen sind im Merkblatt SIA 2029 zu finden.

7.1 Planung und Ausführung von Oberflächenschutzsystemen

Es gelten grundsätzlich die Anforderungen der SN EN 1504-2 und SIA 269/2.

7.1.1. Beschichtungen

Auswahl und Planung

Bei der Auswahl und Planung von Oberflächenschutzsystemen ist Folgendes zu beachten:

- Chemische Einwirkung (z.B. Streusalze, aggressive Wässer oder Böden usw.),
- Feuchtigkeitseinwirkung (Bewitterung, Spritzwasser, usw.)
- Mechanische Einwirkung (nicht begehbare, begeh- und befahrbare Flächen usw.)
- Vorhandene oder erwartete Rissbildungen (Rissbreite, Rissbewegung).

Im Nationalen Anhang der SN EN 1504-2 sind für 6 typische Anwendungssituationen die erforderlichen Leistungsmerkmale der Beschichtungen definiert (Tabelle 7.1). Die Auswahl des geeigneten Systems erfolgt auf dieser Basis. Für die konkrete Anwendung ist zu prüfen, ob gegebenenfalls zusätzliche Anforderungen festzulegen sind (Farbton, Lichtreflexion usw.).

- Es dürfen nur Oberflächenschutzsysteme gemäss Tabelle 7.1 verwendet werden, die die Anforderungen der SN EN 1504-2 NA erfüllen. Die Eignung eines Oberflächenschutzsystems für eine bestimmte Anwendung ist vom Auftragnehmer nachzuweisen. Die Eignung gilt als nachgewiesen, wenn die Identitäts- und Leistungsanforderungen gemäss EN 1504-2 erfüllt werden. Die entsprechenden gültigen Nachweise oder Prüfzertifikate von dafür akkreditierten Prüfstellen sind vom Auftraggeber immer einzufordern.
- Die Kombination von einzelnen Komponenten von verschiedenen Systemen ist ohne Systemnachweis nicht zulässig.
- Vor dem Aufbringen des Oberflächenschutzsystems ist der Betonuntergrund entsprechend den Anforderungen des Oberflächenschutzsystems vorzubereiten.
- Bei besonderen Umständen (z.B. hohe ästhetische Anforderungen) sind Referenzflächen vorzusehen.

Im Leistungsverzeichnis sind anzugeben:

- Art des Oberflächenschutzsystems (Systembezeichnung nach Tabelle 7.1, bzw. SN EN 1504-2)
- zusätzliche Anforderungen (z.B. Farbton)
- allfällige besondere Anforderungen an den Brandschutz
- zu erwartende bzw. vorhandene maximale Rautiefe (Schätzwert)
- Anzahl, Grösse und Art von Musterflächen
- Art und Häufigkeit der Prüfungen im Rahmen des Kontroll- und Prüfplans sowie allfällige Massnahmen beim Nichterfüllen der Anforderungen.
- Schichtdicke wird durch die Messung der Trockenschichtdicke und über die Verbrauchsmenge überprüft

Ausführung

- Der Auftragnehmer muss dem Auftraggeber den Beginn und die Fertigstellung jedes Auftrags der Hydrophobierung sowie jeder Lage der Beschichtung anzeigen. Der Auftraggeber behält sich das Recht vor, jede Lage oder Schicht einzeln freizugeben.
- Sollen vor Beginn der Ausführung von Oberflächenschutzsystemen am Bauwerk Vergleichs- bzw. Referenzflächen angelegt werden (insbesondere bei Oberflächenschutzsystemen ohne Feinspachtel oder wegen des Farbtons), ist dies in der Leistungsbeschreibung vorzusehen.
- Der Auftragnehmer hat zu verhindern, dass Einbauteile (z.B. Fugenbänder, Fugenverguss) durch Bestandteile der Oberflächenschutzsysteme angegriffen werden.
- Oberflächenschutzsysteme dürfen nur aufgebracht werden, wenn die Temperatur der Betonunterlage mindestens 3°C höher ist als die Taupunkttemperatur und wenn die Temperatur der Betonunterlage mindestens 8 °C beträgt. Sie sind gemäss den Angaben des Herstellers ausreichend lange gegen ungünstige Witterungseinflüsse zu schützen.
- Die Aushärtungszeiten der einzelnen Schichten sowie weitere Weisungen des Lieferanten sind einzuhalten.

Verfahren/ Anwendung	**Exposition / Einwirkungen / Risse Verfahren nach SN EN 1504-2 NA**	**Bezeichnung nach nach SN EN 1504-2 NA**
Beschichtung mit erhöhter Dichtheit	Exposition: frei bewittert, geneigt, nicht begeh- und befahrbar keine Chlorideinwirkung bis Sprühbereich Risse: bis 0.2 mm Rissbreite Verfahren: 1.3, 2.3 und 8.3	OS 2 und OS 4 Beschichtung (mit/ohne Ausgleichs-spachtelung) mit erhöhter Dichtigkeit für nicht begeh- und befahrbare Flächen. Für frei bewitterte Betonbauteile (guter Abfluss gewährleistet) auch im Sprühbereich von Tausalzen, wenn Untergrund rissfrei ist.
Beschichtung mit geringer Rissüberbrückung	Exposition: frei bewittert, geneigt, nicht begeh- und befahrbar Chlorideinwirkung: Sprühbereich Risse: oberflächennahe Risse Verfahren: 1.3, 2.3 und 8.3	OS 5a und 5b Beschichtung mit geringer Rissüber-brückungsfähigkeit für nicht begeh- und befahrbare Flächen. Für frei bewitterte Betonbauteile mit oberflächen-nahen Rissen auch im Sprühbereich von Tausalzen.
Beschichtung mit erhöhter Rissüberbrückung	Exposition: frei bewittert, geneigt, nicht begeh- und befahrbar Chlorideinwirkung: Spritz- und Sprühbereich Risse: oberfächennahe und /oder Trennrisse Verfahren: 8.3	OS 9 Beschichtung mit erhöhter Rissüber-brückungsfähigkeit für nicht begeh- und befahrbare Flächen. Für frei bewitterte Betonbauteile mit oberflächen-nahen Rissen und/oder Trennrissen auch im Sprüh- und Spritzbereich von Tausalzen.
Beschichtung mit mechanischer bzw. chemischer Widerstandsfähigkeit	Exposition: befahrbar, mechanisch stark belastete Flächen Chlorideinwirkung: chemische Einwirkungen Risse: bis 0.2 mm Rissbreite Verfahren: 5.1 und 6.13	OS 8 Chemisch widerstandsfähige Be-schichtung für befahrbare, mechanisch stark belastete Flächen.
Beschichtung mit erhöhter statischer Rissüberbrückung und mechanischer bzw. chemischer Widerstandsfähigkeit	Exposition: planmässige mechanische Beanspruchung Chlorideinwirkung: Spritz- und Sprühbereich Risse: oberfächennahe und/oder Trennrisse Verfahren: 5.1und 6.1	OS 13 Beschichtung mit nicht dynamischer Rissüberbrückungsfähigkeit für begeh- und befahrbare, mechanisch belastete Flächen.
Beschichtung mit erhöhter dynamischer Rissüber-brückungsfähigkeit und mechanischer bzw. chemischer Widerstandsfähigkeit	Exposition: planmässige mechanische Beanspruchung Chlorideinwirkung: Spritz- und Sprühbereich Risse: oberfächennahe und/oder Trennrisse Verfahren: 5.1 und 6.1	OS 11 Beschichtung mit erhöhter dynami-scher Rissüberbrückungsfähigkeit für begeh- und befahrbare, mechanisch belastete Flächen.

Tabelle 7.1: Anwendungssituationen für Beschichtungen gemäss Nationalem Anhang der SN EN 1504-2

7.1.2 Hydrophobierende Imprägnierung

Anforderungen

- Eindringtiefe:
  - 0-5mm mit Wasseraufnahmekoeffizient < 0.05kg/m^{2}h$^{0.5}$
  - 5-10mm mit Wasseraufnahmekoeffizienten < 50% des Referenzwertes (unbehandelter Beton)
- Applikation in zwei Arbeitsgängen für die Paste und in 2 Arbeitsgängen für die flüssige Hydrophobierung, wobei pro Arbeitsgang solange nass in nass aufgetragen wird, bis der Beton gesättigt ist
- Mindestauftragsmenge gesamthaft ca. 800g/m^2 bei Musterflächen (die endgültige Auftragsmenge wird anhand der Ergebnisse der Musterflächen definiert)
- Prüfung der Wirksamkeit der Hydrophobierung mit Prüfung DIN EN ISO 15148 in mind. 3 Tiefenstufen; Vergleich mit unbehandeltem Beton.

Musterflächen und Ausführung

- Herstellung von Musterflächen zum Eignungsnachweis:
  - Mindestgrösse 1m^2
  - keine Benetzung am Vortag (Regen, Reinigung). Eine Reinigung sollte wenn möglich ein paar Tage vorher erfolgen, damit der Beton wieder austrocknen kann
  - Ausführung bei schöner Witterung, aber nicht über 30°C (Umgebungs- und Bauteiltemperatur), keine Beregnung unmittelbar nach Applikation
  - Zeitpunkt so wählen, dass eine möglichst geringe direkte Sonneneinstrahlung während und nach der Applikation entsteht. Betontemperatur muss < 25°C sein.
  - Weitere Anforderungen des Produktherstellers sind zu beachten
  - Zwischen den beiden Applikationsdurchgängen sollten ein paar Tage liegen (mind. 24h), damit das Produkt im Beton ausreagieren kann und maximale Eindringtiefen erreicht werden können
  - Folgende Parameter sind aufzuzeichnen: relative Luftfeuchtigkeit, Luft- und Bauteiltemperatur, Angaben zur Witterung (sonnig, bewölkt, Regen, Wind), applizierte Menge pro Fläche und Applikation (abwägen); Bei der Paste: Einschätzung des Standverhalten der Paste (Verflüssigungseffekt ab einer gewissen Auftragsmenge), Dauer bis die Paste eingedrungen ist (Stunden); beim Flüssigprodukt: Schätzung der abgelaufenen, nicht eingedrungenen Mengen
  - Für einen Vergleich der Wirksamkeit der Produkte müssen gleich viele Applikationsgänge durchgeführt werden, die gleich hohe gesamte Applikationsmengen ergeben.

Die Vorgaben für die Witterungsverhältnisse beim Erstellen der Musterflächen gelten auch für die Ausführung.

Grundsätzlich kann man sich überlegen, ob eine Vorhydrophobierung (einfache Hydrophobierung flüssig aufgesprüht ein paar Wochen vor der eigentlichen Hydrophobierung) oder eine Nachbehandlung (Abdecken mit Folie) vom Aufwand her denkbar wären. Beides sind Massnahmen, welche die Wirkung der Hydrophobierung deutlich verbessern können.

8 Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen

Für den Schutz und die Instandsetzung von Betonbauteilen gibt es verschiedene grundsätzliche Prinzipien und zahlreiche dazugehörige Verfahren. Diese werden einzeln oder kombiniert eingesetzt um das Entstehen und die Weiterentwicklung von Schäden zu verhindern oder wenigstens so zu verlangsamen, dass bis zum Ende der Nutzungszeit das Schadenausmass (Betonabplatzungen, Querschnittsverluste an der Bewehrung etc.) in einem für den Eigentümer bzw. Betreiber tolerierbaren Rahmen bleibt.

Tabelle B.1 (Anhang B) gibt einen Überblick über die wichtigsten Verfahren und deren Einsatzmöglichkeiten. Die Effektivität aller Massnahmen hängt ab vom Schadensmechanismus und vom Ausmass des bereits vorhandenen Schadens. Generell ist es einfacher, die Entwicklung eines Schadens präventiv zu verhindern oder wenigstens hinauszuschieben als einen laufenden Schadensmechanismus abzubremsen oder gar zu stoppen.
Für die Planung von Schutz- und Instandsetzungsmassnahmen bei Betonbauten sind folgende Normen anzuwenden:

- SN EN 1504, Teile 1 bis 10, inkl. Nationale Anhänge (gültig seit Januar 2009)
- SIA 269 und SIA 269/2

TEIL 3 Ausführung

9 Ausführung

9.1 Erstprüfungen

Aufgrund der Betonfestlegung schlägt das Betonwerk einen Beton vor, der die Anforderungen der **Tabelle 3.5** 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 206-1. Wenn die Erstprüfungen die Anforderungen erfüllen, wird die Betonsorte zugelassen.

Dem Betonhersteller ist es zwar überlassen, die genaue Betonrezeptur zu formulieren (unter Berücksichtigung des nationalen Anhänge der Norm SN EN 206-1) – 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 w/z-Wert, muss der Betonhersteller mittels Erstprüfungen nachweisen, dass die Anforderungen an die Betonqualität erfüllt sind (vgl. dazu auch den Anhang K der Norm SN EN 206-1 bzgl. Betonfamilien).

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 Festigkeitsentwicklung muss den allfälligen Einfluss eines Temperaturunterschiedes zwischen Erstprüfung und Baustelle berücksichtigen.

Der Projektverfasser muss für die Ausschreibung die Konsistenzklasse des Frischbetons festlegen. Im Rahmen der Vertragsverhandlungen muss die Konsistenzklasse gemeinsam mit dem Unternehmer (und evtl. mit dem Betonwerk) festgelegt werden (abhängig von der Art des Einbringens des Betons mit Pumpen, Kran usw.).

Bei den Erstprüfungen ***muss der Unternehmer mit dem Betonwerk einen Zielwert für die Konsistenz innerhalb der festgelegten Konsistenzklasse vereinbaren*** (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 206-1, Kap. 5.4.1 und 8.3)***. 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 schnell 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 9.1** angegebenen Frischbetoneigenschaften Temperatur, Konsistenz, Dichte, evtl. Luftgehalt (der w/z-Wert wird erst danach gemessen).

Auf der Baustelle wird für die Kontrolle des w/z-Wertes der Gesamtwassergehalt bestimmt. ***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 die Toleranzen von 0.02 auf dem $w_{wirksam}$/z-Wert einhalten zu können. Macht das Betonwerk keine Angaben zur Wasseraufnahme der Gesteinskörnung, wird für die Berechnung des $w_{wirksam}$/z-Wertes die Wasseraufnahme gleich Null gesetzt und nicht berücksichtigt. In diesem Fall wird der w_{gesamt}/z-Wert berechnet. Der berechnete w_{gesamt}/z-Wert ist massgebend für die Beurteilung.

9.2 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 stark verzögerten Betons, die Qualität einer Sichtbetonfläche usw. Diese Betonierversuche sollten wenn möglich zu Beginn der Bauphase und anhand von weniger bedeutenden Bauteilen durchgeführt werden. Das Vorgehen bei der Beurteilung und Genehmigung ist dasselbe wie bei den Erstprüfungen.

Falls Betonierversuche notwendig sind für die Ausschreibung 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.

9.3 Kontrollen an Frisch- und Festbeton: Prüffrequenz, Grenzwerte und Toleranzen

Jede Betonlieferung wird vom Unternehmer und punktuell vom Bauherrn kontrolliert, gemäss dem Kontrollplan der Projektverfasser und dem Prüfplan des Unternehmers.

Der Inhalt der Frisch- und Festbetonkontrollen der Betonsorten C, D und G ist in der **Tabelle 9.1** angegeben. Die angegebenen Toleranzen entsprechen denjenigen, wenn vorhanden, der Norm SN EN 206-1 und der Tabelle NA.5[1].

[1] Neufassung der Ziffer 8.2.3.2 des Nationalen Anhangs zur Norm SN EN 206-1, gültig ab 1.7.2008

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, der Betonsorte, der zusätzlichen Anforderungen und allfälliger Eignungsversuche beschrieben. ***Der Prüfplan des Unternehmers muss vom Bauherrn genehmigt werden.*** Der Bauherr führt ebenfalls stichprobenweise Frisch- und Festbetonkontrollen durch, gemäss dem Kontrollplan.

Anmerkungen:
Die Norm SN EN 206-1 gilt grundsätzlich für Betonwerke und Baustellenanlagen. Der Bauherr muss daher auch vom Unternehmer mit Baustellenanlagen verlangen, dass dieser die Anforderungen der Norm erfüllt, d.h. er muss dem Bauherrn detaillierte Angaben zur Betonproduktion abliefern.

Es ist möglich, dass das Betonwerk und der Unternehmer die erforderlichen Kontrollen gemeinsam durchführen. Dies sollte vom Bauherrn akzeptiert werden, sofern in seinem Auftrage stichprobenweise Frischbetonkontrollen durch ein unabhängiges Labor durchgeführt werden.

9.4 Vorgehen bei Frischbetonkontrollen

1. **Der Lieferschein wird von jeder Betonlieferung überprüft.** Auf Verlangen liefert das Betonwerk die entsprechenden Chargenprotokolle (vgl. Kap. 3.3.1)

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

2. **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.

3. **Wenn die Ergebnisse mit den Frischbetonwerten übereinstimmen, welche bei den Erstprüfungen definiert wurden, wird die Betonlieferung freigegeben für die Betonierarbeiten.**

4. **Dann wird der der w_{gesamt}/z-Wert (resp. $w_{wirksam}$/z-Wert) bestimmt.**

   - *Wenn der $w_{wirksam}$/z-Wert nicht konform ist und den oberen Grenzwert übersteigt, aber die Lieferung 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).*

   - *In beiden Fällen werden Würfel von der nicht konformen Lieferung hergestellt, um die Qualität des Festbetons zu prüfen.*

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

	Erstversuche / Vorversuche			Kontrollen während dem Bau				Massnahmen bei Nicht-Konformitäten
Kontrollen	**Prüfver-fahren**	**Anforderungen**	**Toleranzen**	**Frischbetonkontrolle : Toleranzen**	**Durchführung**	**Frequenzen/ Anzahl Versuche/ Probenahmen**	**Prüfung /Abnahme/ Veranlassen von Massnahmen**	
Lieferung		SN EN 206-1 und andere zwischen Unternehmer und Betonwerk vereinbarte Angaben	-	Kontrolle des Lieferscheins : die Angaben müssen mit der bestellten und zugelassenen Betonsorte übereinstimmen ; Augenscheinprüfung normales Aussehen des Betons	Unternehmer	Jede Lieferung	Unternehmer, Bauleitung	Rückweisung
Temperatur des Betons und der Luft	Thermometer mit einer Ablesepräzision von 1°C, Kalibrierung alle 2 Jahre	Beton : > 5C° und < 30°C	-	Beton: > 5C° und < 30°C absolute Grenzwerte, solange keine andere Grenzwerte bestimmt wurden, siehe Kap. 5	Unternehmer/ Baustofflabor Punktuelle Kontrollen durch Bauherr/ Baustofflabor	Generell 1. Lieferung einer Betonsorte auf Baustelle Pro Sorte und Betoniertag - nach 25 m^3 - nach 50m^3 - danach pro 50m^3 - für grosse Tagesvolumen evtl. Frequenz ggf. reduzieren Probeentnahme des Frischbetons nach SN EN 12350-1	Unternehmer, Bauleitung	Rückweisung
Konsistenz (bei Anlieferung)	SN EN 12350-2 bis 12350-5 und SN EN 206-1, Kap. 5.4.1	Die Konsistenzklasse wird vom Ausschreibenden festgelegt, der Zielwert muss vom Unternehmer bestimmt und mit dem Betonwerk vereinbart werden.	≤ jene der Frischbetonkontrollen auf der Baustelle	SN EN 206-1, Tab. 11 : *Verdichtungsmass* : 1.25 – 1.11 : ± 0.08 1.04-1.10: ± 0.05 *Ausbreitmass*: ± 30mm				Rückweisung
Frischbeton -dichte	SN EN 12350-6	vom Betonwerk zu bestimmen	-	± 3%				Betonier-Stop und Rückweisung des restlichen Materials, Festbetonkontrollen an Würfel oder am Bauwerk für die schon betonierten Bauteile.
Luftporengehalt	SN EN 12350-7	vom Betonwerk zu bestimmen	Mindestwert + 4 Vol.%	± 1.5% des Zielwertes des Betonwerks				
w/z - Wert	SIA 262/1, Anhang H	SORTE C: $w_{wirk.}/z \leq 0.5$ SORTE D: $w_{wirk.}/z \leq 0.5$ SORTE G: $w_{wirk.}/z \leq 0.45$	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 9.1 : Prüfungen : Verfahren, Frequenzen, Grenzwerte und Toleranzen, Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten

	Erstprüfungen / Vorversuche			Kontrollen während dem Bau			Kontrollen am Bauwerk	Prüfung, Abnahme, Veranlassen von Massnahmen	Massnahmen bei Nicht-Konformitäten
Kontrollen	**Prüfverfahren**	**Anforderungen**	**Toleranzen**	**Durchführung**	**Frequenzen**	**Kontrollen an Würfeln: Toleranzen**	**Kontrollen an Bohrkernen: Toleranzen**		**Prüfungen an Bauwerksproben**
Frühfestigkeit	SN EN 12390-2, 12390-3 12390-7	F_{xTage} Prüfung und Angabe durch das Betonwerk	absolute Grenzwerte	Unternehmer/ Baustofflabor Punktuelle Kontrollen durch Bauherr/ Baustofflabor	Pro Sorte: bei 1. Lieferung auf Baustelle, danach jede weitere Betonieretappe je nach Bedarf	untere und obere Grenzwerte vom Ingenieur bestimmt	untere und obere Grenzwerte vom Ingenieur bestimmt	Unternehmer, Bauleitung	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 Festigkeit: **Minderwert** - Ungenügende Festigkeit, aber **Verstärkung möglich** - Ungenügende Festigkeit und Verstärkung unmöglich oder unverhältnismässig : **Rückbau**
Druckfestigkeit 28 Tage	SN EN 12390-2, 12390-3 12390-7 ; Prüfung am Bauwerk : SN EN 12504-1	geforderte Festigkeitsklasse	SN EN 206-1 : Kap. 8.2.1.3 Tab. 14		Pro Sorte: - bei 1. Lieferung auf Baustelle - jeder 2. Betoniertag - oder pro 100m^3 grössere Prüffrequenz ist massgebend; ggf. anzupassen	SN EN 206-1, Anhang B Bei Bedarf 14 Tage-Festigkeit ebenfalls prüfen	SN EN 13791	Bauleitung, Bauherr	
Frost-Tausalzbeständigkeit	Schnellen prüfung TFB, oder BE I / BE II [1)]	Beständigkeit ≥ hoch, bzw. mittel	absolute Grenzwerte		- Pro Sorte: - bei 1. Lieferung auf Baustelle - pro 500m^3	Beständigkeit ≥ genügend, bzw. mittel	Beständigkeit ≥ genügend, bzw. mittel	Bauleitung, Bauherr	Überprüfung am Bauwerk (Schnellprüfung TFB, Alter vgl. Kap. 9.5): Klassierung der Betonqualität in : **genügend, ungenügend oder schlecht** in Funktion der Umgebungsbedingungen Massnahmen: Individuell zu bestimmen oder gemäss Tab. 3.1 und 3.2
	SIA 262/1, Anhang C	SORTE G Δm_{28} : <200g/m^2 bzw. 600g/ m^2 SORTE D Δm_{28} : <1200g/m^2				SORTE G Δm_{28} :< 250 bzw. 800 g/m^2 SORTE D Δm_{28}: < 1800g/m^2	SORTE G Δm_{28} :< 250 bzw. 800 g/m^2 SORTE D Δm_{28}: < 1800g/m^2	Bauleitung, Bauherr	
Wasserleitfähigkeit	SIA 262/1, Anhang A	SORTE C : qw ≤ 10 g/m^{2}h SORTE D : qw ≤ 10 g/m^{2}h	absolute Grenzwerte		Pro Sorte: - bei 1. Lieferung auf Baustelle - pro 500m^3	SORTE C : qw ≤ 12 g/m^{2}h SORTE D : qw ≤ 12 g/m^{2}h	SORTE C : qw ≤ 12 g/m^{2}h SORTE D : qw ≤ 12 g/m^{2}h	Bauleitung, Bauherr	

Tabelle 9.1, 1. Fortsetzung: Prüfungen: Verfahren, Frequenzen, Grenzwerte und Toleranzen, Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten 1): die Prüfmethode BE I wird nur für Beton mit künstlichen Luftporen angewendet.

	Erstprüfungen / Vorversuche			Kontrollen während dem Bau			Kontrollen am Bauwerk	Prüfung, Abnahme, Veranlassen von Massnahmen	Massnahmen im Fall von Nicht-Konformitäten
Kontrollen	**Prüfverfahren**	**Anforderungen**	**Toleranzen**	**Durchführung**	**Frequenzen**	**Kontrollen an Würfeln: Toleranzen**	**Kontrollen an Bohrkernen: Toleranzen**		**Prüfungen an Bauwerksproben**
Chloridwiderstand	SIA 262/1, Anhang B	Chloridmigrationskoeffizient: SORTE G : $10 \cdot 10^{-12}$ m^2/s (Serienmittelwert)	absolute Grenzwerte	Unternehmer/ Baustofflabor Punktuelle Kontrollen durch Bauherr/ Baustofflabor	- Pro Sorte: - bei 1. Lieferung auf Baustelle - pro 500m^3	SORTE G : $12 \cdot 10^{-12}$ m^2/s (Serienmittelwert)	SORTE G : $12 \cdot 10^{-12}$ m^2/s (Serienmittelwert)	Bauleitung, Bauherr	Kontrolle am Bauwerk (>90j): Klassierung der Betonqualität in Funktion der Umgebungsbedingungen **genügend:** Toleranzen eingehalten **ungenügend:** 12 - 15E^{-12} m^2/s **schlecht:** > 15 E^{-12} m^2/s Massnahmen: Individuell od. gemäss Tab. 3.1 u. 3.2
Sulfatbeständigkeit	SIA 262/1, Anhang D	maximale Ausdehnung: 0.5‰	absolute Grenzwerte		Keine Prüfungen am Würfel			Bauleitung, Bauherr	Im Fall von Nichtkonformität einer anderen Betoneigenschaft : Prüfung am Bauwerk und Beurteilung der Beständigkeit in Funktion der Betonqualität, Exposition, Bauwerkstyp und Nutzungsdauer durch einen Spezialisten: **genügend, ungenügend und schlecht**. Massnahmen individuell.
AAR - Beständig-keit	AFNOR P18-454	AFNOR FD P 18-456	absolute Grenzwerte (fixe Betonrezeptur)		keine Prüfungen am Würfel				
Überdeckung	Visuelle Kontrolle vor dem Betonieren	Siehe Tab. Nr. 6.1		Bauleitung	Abnahme: Mind. 50 Messwerte mit mind. 2 Messungen /m^2	Siehe Tab. Nr. 9.2		Bauleitung, Bauherr	Klassierung der Nichtkonformität gemäss Kap. 9.6

Tabelle 9.1, 2. Fortsetzung: Prüfungen : Verfahren, Frequenzen, Grenzwerte und Toleranzen, Massnahmen im Fall von Nichtkonformitäten

9.5 Kontrollen am Festbeton

Die Festbetonprüfungen richten sich nach dem Kontrollplan des Projektverfassers und dem Prüfplan des Unternehmers. Art und Umfang der Festbetonprüfungen für die Betonsorten SORTE C, D und G sind in der **Tabelle 9.1** aufgeführt.

Die Festbetonkontrollen werden vom Unternehmer ausgeführt und protokolliert. Die Ergebnisse der Festbetonkontrollen werden vom Bauherrn kontrolliert und beurteilt, ob die in **Tabelle 9.1** vorgegebenen Grenzwerte und Toleranzen eingehalten sind.

Die Konformität mit den Anforderungen an Wasserleitfähigkeit, Chloridwiderstand, Frost-Tausalzwiderstand und Sulfatwiderstand gilt als erfüllt, wenn die Anzahl der Prüfergebnisse (Serienmittelwerte), die über dem festgelegten Grenzwert liegen, die Annahmezahl nach der Tabelle 19a der SN EN 206-1 nicht überschreitet und kein einziges Prüfergebnis ausserhalb der Toleranzen liegt. D. h. bei 1 bis 12 Prüfresultaten darf kein einziges Ergebnis über den Grenzwerten liegen. Bei 13 bis 19 Prüfresultaten darf ein Ergebnis über dem Grenzwert sein, muss aber die Toleranzen einhalten.
Bei den Beton-Performance-Prüfungen muss der festgelegte Grenzwert von jedem Prüfergebnis eingehalten werden.

Im Zweifelsfalle oder bei besonderen Umständen kann der Bauherr zusätzliche Festbeton-prüfungen anordnen.

Anhand des Prüfplanes für den Beton
- wird bei den Frischbetonkontrollen eine Würfelserie gemäss Norm SN EN 12390-2 hergestellt
- oder es werden Bohrkerne aus dem Bauwerksteil gemäss Norm SN EN 12504-1 entnommen.

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

9.6 Kontrollen der Bewehrungsüberdeckung

Diese Bauwerkskontrolle wird durch den Bauherrn (bzw. beauftragter Spezialist) durchgeführt.
Die Kontrolle der Bewehrungsüberdeckung richtet sich nach dem Kontroll- und Prüfplan. Im Kontrollplan sind Methode, Zeitpunkt, Ort und Zahl der Messungen für jedes Bauteil festgelegt.

Um eine statistisch gesicherte Aussage für die Überdeckung der schlaffen Bewehrung machen zu können, müssen mindestens 50 Messwerte von ausreichend grossen und repräsentativen Flächen vorhanden sein (ca. 2 Messwerte pro m^2). Es gelten zwei Beurteilungskriterien für Nichtkonformitäten (c_{nom} gemäss Tabelle 6.1):

- **Mittelwert** der gemessenen Überdeckungen:
  $c_{gem}(MW) \geq c_{nom}$ verlangt
- **Toleranz für Minimalwerte**:
  Max. 2.5 % der Messwerte $\leq c_{nom} - 10$ mm

Ursache der Korrosion	**Karbonatisierung**	**Chloride**	
Umgebungsklasse **Expositionsklasse**	U1/U2 **XC4**	U2 **XD1**	U3 **XD2/XD3**
C_{nom} gefordert Betonstahl	40	40	55
c_{gem}(MW) Max 2.5 % der Werte	≥ 40 ≤ 30	≥ 40 ≤ 30	≥ 55 ≤ 45
C_{nom} gefordert Hüllrohr (Vorspannung)	50	50	65
c_{gem}(MW) Max 2.5 % der Werte	≥ 50 ≤ 40	≥ 50 ≤ 40	≥ 65 ≤ 55

Tabelle 9.2: Grenzwerte zur Beurteilung der Konformität der Bewehrungsüberdeckung für die verschiedenen Expositionsklassen.

Die Lage und die Überdeckung von Spanngliedern muss vor dem Betonieren kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden. **Es gelten die Toleranzen in Anhang A der Norm SIA 262**.

9.7 Kontrolle von Oberflächenschutzsystemen

Die Kontrollen zur Gewährleistung der geforderten Qualität erfolgen nach SN EN 1504-10 .

10 Bauwerksabnahme

10.1 Behandlung von Nichtkonformitäten bei der Bewehrungsüberdeckung

Werden die Beurteilungskriterien für die Bewehrungsüberdeckungen nicht eingehalten sind abhängig von der erforderlichen Dauerhaftigkeit, der Exposition und dem Ausmass der Nicht-Konformität Massnahmen zu treffen. Diese müssen sorgfältig geplant und vom Bauherrn genehmigt werden. Massnahmen können sein:

- Mörtel- oder Betonauftrag
- Oberflächenschutzsysteme (Hydrophobierung, Beschichtung)
- Verkleidungen etc.

10.2 Behandlung von Nichtkonformitäten bei der Betonqualität

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 9.1** 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 Exposition des Bauwerks und der Bedeutung des betroffenen Bauwerkteils, sondern auch auf der Bedeutung des Bauwerks selber (Nutzungsvereinbarung und Projektbasis). Als Grundlage dient die Klassierung anhand der Tabellen 3.1 und 3.2.

Der Unternehmer wird in Funktion der erstellten Betonqualität bezahlt. Der Unternehmer schlägt einen Spezialisten 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 (Anhang C schlägt einige Beispiele für Massnahmen in Funktion der Betonklasse und der Bedeutung des Bauwerks vor).

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.

ANHÄNGE

Anhang A : AAR - Prävention

Anhang B: Schutz- und Instandsetzungsmassnahmen

Anhang C : Beispiele für Massnahmen im Falle von Nichtkonformitäten

Anhang A AAR-Prävention

A1 Grundlagen

Damit sich eine schädigende Alkali-Aggregat-Reaktion im Beton entwickeln kann, müssen folgende Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sein:

1. hohe Betonfeuchtigkeit
2. hoher Alkaligehalt oder pH-Wert im Beton (evtl. Zufuhr von aussen z.B. durch Streusalze oder Bergwasser)
3. Vorhandensein einer reaktiven Gesteinskörnung

Wenn eine der drei Voraussetzungen nicht erfüllt ist, entwickelt sich keine AAR. Die Massnahmen zur Vermeidung der AAR zielen darauf ab, eine oder mehrere Voraussetzungen zu eliminieren oder deren Einfluss so weit wie möglich zu verringern. Dazu stehen betontechnologische und konstruktive Massnahmen zur Verfügung, die einzeln oder in Kombination anzuwenden sind. Grundlagen zum Thema AAR sind in der Dokumentation ASTRA 8213 „Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) – Grundlagen und Massnahmen bei neuen und bestehenden Kunstbauten“ zu finden. Die folgenden Ausführungen sind dem Merkblatt SIA 2042 entnommen.

Präventionsstufen

Risikoklasse Bauwerk	**Umgebungsklasse**		
	U1	U2	U3
R1 = D1	**P1**	**P1**	**P1**
R2 = D2	**P1**	**P2**	**P2**
R3 = D3	**P2**	**P2**	**P3**

Tabelle A1: AAR- Präventionsklassen abgeleitet aus den Risiko-, resp. Dauerhaftigkeits- und Umgebungsklassen.

P1: keine besonderen Massnahmen
P2: Einsatz von AAR-beständigem Beton, Langzeiterfahrungen dürfen geltend gemacht werden
P3: Einsatz von AAR-beständigem Beton mit zusätzlichen konstruktiven Massnahmen

A2 Betontechnologische Massnahmen

Das Ziel der betontechnologischen Massnahmen ist, die Zusammensetzung des Betonporenwassers so zu verändern, dass die Gesteinskörnungen weniger stark angegriffen werden. Die meisten Massnahmen führen zu einer Reduktion des Alkaligehaltes und/oder des pH-Wertes des Porenwassers im Beton. Um dieses Ziel zu erreichen, sind Änderungen bei der Betonrezeptur nötig (andere Zementart, Zugabe von Zusatzstoffen).

Als Zusatzstoff zum Beton bietet sich Flugasche an. Die Zugabe von Silikastaub ist ebenfalls möglich, wobei die ggf. unerwünschte festigkeitssteigernde Wirkung zu beachten ist. Die Dosierung der Zusatzstoffe ist der Reaktivität der Gesteinskörnung anzupassen und darf nicht zu niedrig sein. Es ist darauf zu achten, dass die Anforderungen und Vorgaben der

SN EN 206-1 zur Eignung und zum Einsatz von Zusatzstoffen eingehalten werden. (Anmerkung: Hüttensand ist zurzeit nicht als Zusatzstoff erhältlich.).

Die verwendeten Zusatzmittel sollten keinen wesentlichen Beitrag zum Gesamtalkaligehalt der Betonmischung liefern. Der Betonhersteller sollte deshalb mit dem Lieferanten hinsichtlich alternativer Produkte Rücksprache nehmen und von ihm Angaben zum Alkaligehalt aller eingesetzten Zusatzmittel zu verlangen.

Recyclingwasser und/oder Recycling-Granulat (rezyklierte Gesteinskörnungen) können den Gesamtalkaligehalt der Betonmischung erheblich erhöhen. Recyclingwasser und/oder Recycling-Granulat dürfen nicht zur Herstellung von AAR-beständigen Betonen verwendet werden.

Die vorstehend aufgeführten Massnahmen sind kein Ersatz für die übrigen Massnahmen, die zu einem dichten und dauerhaften Beton führen, wie z.B. dichter und frostbeständiger Beton (w/z-Wert, Porosität, etc.), fachgerechter Einbau, ausreichende Verdichtung und Nachbehandlung.

Der Ersatz einer reaktiven Gesteinskörungen mit nicht oder weniger reaktiven Gesteinskörnungen kann für alle oder einzelne Korngruppen vorgenommen werden. Diese Massnahme ist aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen nur in ganz besonderen Fällen gerechtfertigt und ist der Risikoklasse R3 vorbehalten.

A3 Nachweisverfahren der AAR-Beständigkeit

A3.1 Langzeiterfahrungen am Bauwerk

Für die Präventionsklasse P2 ist es gemäss Merkblatt SIA 2042 möglich, aufgrund von Langzeiterfahrungen mit vergleichbaren Betonen an vergleichbaren Bauwerken im Kanton Uri nachzuweisen, dass die für die vorgesehene Lebensdauer und Bauwerkskategorie erforderliche AAR-Beständigkeit eines Betons erreicht wird. Langzeiterfahrungen gelten als nachgewiesen, wenn in der Region, in der das Bauwerk erstellt werden soll, dokumentiert ist und durch Fachpersonen bestätigt werden kann, dass bei ähnlichen mehr als 30-jährigen Betonbauten mit ähnlichen Betonen entsprechend tolerierbare AAR-Schäden aufgetreten sind.

Damit ein Bauwerk als Referenz verwendet werden kann, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Alter des Bauwerkes: >30 Jahre
- ähnliche Expositionsklassen, vergleichbare Betonfeuchtigkeit
- vergleichbare Nutzungsbedingungen
- vergleichbarer Beton (siehe Tabelle A2), Ausnahme Zementgehalt (siehe unten)
- vergleichbare geometrische Abmessungen der Bauteile
- vergleichbare geographische Orientierung bei Wänden oder ähnlichen Bauteilen
- vergleichbare Bewehrung, bzw. Vorspannung

Anmerkung: Bauteile, die durch eine Beschichtung geschützt sind, können nicht mit unbeschichteten Bauteilen verglichen werden.

Für den Zementgehalt gilt, dass sich der planmässige oder nachgewiesene mittlere Wert sich nicht mehr als ± 20 kg/m^3 unterscheidet. Im Zweifelfalle ist die Beurteilung durch eine Fachperson für AAR vorzunehmen.

Die ingenieurmässige und betontechnologische Beurteilung, ob ein Bauwerk als Referenz verwendet werden kann, muss durch von der Bauherrschaft anerkannte Fachspezialisten erfolgen.

Die Dokumentation oder Bestätigung für nachgewiesene Langzeiterfahrungen bleibt 5 Jahre gültig, sofern keine besonderen Vorkommnisse oder neue Erkenntnisse eine Überprüfung notwendig machen.
Liegen keine ausreichend dokumentierten Langzeiterfahrungen vor oder zeigen die Langzeiterfahrungen, dass mit AAR zu rechnen ist, müssen die Gesteinskörnungen und/oder der Beton im Labor geprüft werden.

Ausgangs-stoffe	Randbedingungen, Anforderungen
Gesteins-körnung	a) Die Gesteinskörnungen kommen aus dem gleichen Abbaugebiet und weisen eine vergleichbare petrographische Zusammensetzung auf. Für den Nachweis gelten grundsätzlich die Normen SN 670 115 und SN 670 116 und ggf. die Mikrobarprüfung. b) Werden Gesteinskörnungen von mehreren Abbaugebieten verwendet, muss der Nachweis gemäss a) für alle Gesteinskörnungen erbracht werden. c) Der Einfluss einer signifikanten Änderung des Brechkornanteiles (z.B. grösser 50%) muss von einer Fachperson beurteilt werden. Hinweis: Die Lieferung der Gesteinskörnungen durch den gleichen Lieferanten ist evtl. kein ausreichender Nachweis, da das gelieferte Material nicht zwingend vom gleichen Abbaugebiet stammt oder von einem Dritten eingekauft wurde.
Zement	Der Zement wird vom gleichen Zementwerk hergestellt
Zementart	Der Beton enthält die gleiche Zementart mit der gleichen Festigkeitsklasse
Zement-gehalt	Die Ergebnisse können nur auf Beton übertragen werden, dessen Zementgehalt gleich oder max. 50kg /m^3 niedriger
w/z-Wert	Der w/z-Wert darf höchstens um ± 0.05 variieren
Zusatzstoffe	Die Zusatzstoffe gehören in dieselbe Klasse und stammen vom gleichen Lieferanten und gleichen Produzenten. Der Gehalt an Zusatzstoffen unterscheidet sich um weniger als ± 10 M. % bezüglich der ursprünglichen Dosierung.
Zusatzmittel	Änderungen bei der Zusammensetzung und dem Gehalt von demselben Zusatzmitteltyp sind ohne Einschränkung zugelassen, sofern sich deren Beitrag zum Alkaligehalt des Betons um weniger als 50 M. % bez. ihres ursprünglichen Gehaltes erhöht.

Tabelle A2: Voraussetzungen für die Vergleichbarkeit von Betonen beim Nachweis mittels Performance-Tests und Langzeiterfahrungen am Bauwerk, gemäss Merkblatt SIA 2042

A3.2 Laborprüfungen

Die AAR-Beständigkeit von Betonen wird mit der Performance-Prüfung gemäss Merkblatt SIA 2042 nachgewiesen. Vereinfachte oder alternative Prüfverfahren sind nicht zulässig.

Wenn gültige, positive Prüfergebnisse für den geplanten Beton fehlen, sind betontechnologische Massnahmen für die AAR-Beständigkeit des Betons zu treffen. Deren Wirksamkeit muss mit der erwähnten Performance-Prüfung kontrolliert und bestätigt werden.

Auf Anfrage muss der Betonhersteller dem Besteller/Auftraggeber Angaben zur Herkunft und zum Alkaligehalt der eingesetzten Zemente, Zusatzstoffe und Zusatzmittel machen sowie diesem allfällige Änderungen bei den Gesteinskörnungen oder der Betonzusammensetzung, die das AAR-Risiko beeinflussen könnten, mitteilen.

Die Ergebnisse der Beton-Performance-Prüfung können akzeptiert werden, wenn diese nicht älter als 5 Jahre sind und sichergestellt ist, dass zwischen dem früher geprüften und dem neuen Beton keine wesentlichen Unterschiede hinsichtlich der AAR vorhanden sind. Es gelten die Randbedingungen gemäss Tabelle A2. Die Vergleichbarkeit ist durch eine Fachperson für AAR zu beurteilen oder es ist eine neue Prüfung durchzuführen.

Es gelten folgende Beurteilungskriterien für die AAR-Beständigkeit:

Kriterium 1:
Die mittlere Längenausdehnung der drei Prismen liegt nach 5 Monaten Versuchsdauer unter 0.200 ‰ (0.200 mm/m) und kein Einzelwert liegt über 0.250 ‰ (0.250 mm/m).

Die monatliche Entwicklung der mittleren Längenausdehnung der drei Prismen während dem 3., 4. und 5. Monat erfüllt die folgenden Bedingungen:
- zwei der drei Werte liegen unter 0.025 ‰ (0.025 mm/m)
- die Summe der drei Werte liegt unter 0.100 ‰ (0.100 mm/m).

Kriterium 2:
Im Fall einer verzögerten Ausdehnung während der ersten Monate: Die mittlere Längenausdehnung der drei Prismen liegt nach 5 Monaten Versuchsdauer unter 0.100 ‰ (0.100 mm/m) und kein Einzelwert liegt über 0.150 ‰ (0.150 mm/m).

Kriterium 3:
Sind die Kriterien 1 oder 2 nach 5 Monaten Prüfdauer nicht erfüllt, ist die Betonrezeptur nur dann für den Gebrauch geeignet, wenn nach 12 Monaten Prüfdauer die mittlere Längenausdehnung der drei Prismen unter 0.300 ‰ (0.300 mm/m) und kein Einzelwert über 0.350 ‰ (0.350 mm/m) liegt.

Für Nassspritzbetone wird die Grundrezeptur geprüft. Für Trockenspritzbetone wird die Zusammensetzung des Endproduktes geprüft. Diese muss von einer Fachperson bestimmt werden.

Anhang B Schutz- und Instandsetzungsmassnahmen

B.1 Einsatz der verschiedenen Verfahren

	Verfahren																		
	Betonabtrag und -ersatz	Beschichtung der Bewehrung	Beton- oder Mörtelauftrag	Abdecken von Rissen etc.	Verfüllen und Injizieren von Rissen etc.	Hydrophobierende Imprägnierung	Imprägnierung	Beschichtung	Abdichtung	Bekleidung mit Verbund (Überzüge)	Bekleidung ohne Verbund	Inhibitoren	Kathodischer Korrosionsschutz	Elektrochemische Chloridentfernung	Elektrochemische Realkalisierung	Querschnittverstärkung mit Beton	Zusätzliche bzw. Klebebewehrung	Externe Vorspannung	Bauteilersatz
Instandsetzen von Mängeln																			
Ungenügende Bewehrungsüberdeckung			■			■	■	■				■	■						
Poröse Betonoberfläche, Lunker			■			■	■	■											
Kiesnester	■				■														
Unzulässig breite Risse				■	■														
Ungenügende Dichtigkeit des Betons	■		■			■	■	■	■	■	■	■							
Ungenügende Frost- und Frosttausalzbest.	■		■			■	■	■	■	■									
Ungenügende Sulfatbeständigkeit	■		■					■	■										
Ungenügende AAR-Beständigkeit						■	■	■	■										
Ungenügende Festigkeit des Betons																■	■	■	■
Ungenügender Tragwiderstand																■	■	■	■
Ungenügende Steifigkeit																■		■	■
Instandsetzen von Schäden																			
Karbonatisierter Beton	■		■																
Chloride im Beton	■																		
Querschnittsverluste an der Bewehrung	■																		
Risse, Abplatzungen infolge von Korrosion	■		■																
(Wasser führende) Risse				■	■			■	■										
Absanden und Abblättern des Betons			■				■												
Physikalische Zerstörung des Betongefüges	■		■				■	■	■	■	■								
Chemische Zerstörung des Betongefüges	■		■					■	■	■	■								
Verlangsamen bzw. Verhindern von Schädigungsmechanismen																			
Karbonatisierung des Betons	■		■					■		■									
Eindringen von Wasser				■	■	■	■	■	■	■	■								
Eindringen von schädigenden Stoffen				■	■	■	■	■	■	■	■								
Korrosion in karbonatisiertem Beton	■	■	■			■						■	■		■				
Chloridinduzierte Korrosion	■	■	■			■						■	■	■					
Korrosion an der Vorspannung																			
Alkaliaggregatreaktion	■		■			■	■	■	■										

Tabelle B.1: Möglicher Einsatz verschiedener Verfahren, abhängig von den vorhandenen Mängeln, Schäden und Schadensmechanismen.

Anhang C Massnahmen im Falle von Nichtkonformitäten

Die Wahl der Oberflächenbehandlung erfolgt gemäss Kapitel 7, bzw. den Ausführungen in Anhang B.

Tabelle C: Beispiele für Massnahmen im Falle von Nicht-Konformitäten von Chlorid-, Sulfat- und Frost-Tausalzwiderstand, sowie Dichtigkeit (Wasserleitfähigkeit)

C1 Als **ungenügend** beurteilte Betonqualität:

Betonklasse	**SORTE C**	**SORTE D**	**SORTE G**
Expositionsklasse (allfällige andere Expositionsklassen)	**XC4 (CH)** **XF1 (CH)** (XC1, XC2, XC3)	**XC4 (CH)** **XD1 (CH)** **XF2 (CH)** (XC1, XC2, XC3, XF1)	**XC4 (CH)** **XD3 (CH)** **XF4 (CH)** **XA1-XA3(CH)**, (XF3)
Bauwerkskategorie			
A geringe Bedeutung	Hydrophobierung, Karbonatisierungsbremse	Hydrophobierung oder Beschichtung	Beschichtung
B mittlere Bedeutung	Hydrophobierung oder Beschichtung	Beschichtung	Beschichtung oder Reprofilierung
C hohe Bedeutung	Beschichtung	Beschichtung	Beschichtung oder Reprofilierung

C2 Als **schlecht** beurteilte Betonqualität:

Betonklasse	**SORTE C**	**SORTE D**	**SORTE G**
Expositionsklasse (allfällige andere Expositionsklassen)	**XC4 (CH)** **XF1 (CH)** (XC1, XC2, XC3)	**XC4 (CH)** **XD1 (CH)** **XF2 (CH)** (XC1, XC2, XC3, XF1)	**XC4 (CH)** **XD3 (CH)** **XF4 (CH)** **XA1-XA3 (CH)** (XF3)
Bauwerkskategorie			
A geringe Bedeutung	Hydrophobierung oder Beschichtung	Hydrophobierung oder Beschichtung	Beschichtung
B mittlere Bedeutung	Beschichtung	Beschichtung oder Reprofilierung	Beschichtung, Reprofilierung oder Rückbau
C hohe Bedeutung	Beschichtung	Beschichtung oder Reprofilierung	Reprofilierung oder Rückbau