

Qualitätssicherung auf der Baustelle

Holcim (Schweiz) AG

Inhalt

Seite

Betonqualität	3
• Verantwortlichkeiten	4
• Qualitätsprüfungen	6
• Einfluss einer nachträglichen Wasserzugabe	7
Frischbetonprüfungen	8
• Probenahme für Frischbetonprüfung gemäss SN EN 12350-1	9
• Konsistenz: Ausbreitmass gemäss SN EN 12350-5	10
• Konsistenz: Verdichtungsmass (Walz) gemäss SN EN 12350-4	12
• Konsistenz: Setzmass (Slump) gemäss SN EN 12350-2	14
• Frischbetonrohddichte und Luftgehalt gemäss SN EN 12350-6 und -7	16
• Wassergehalt gemäss SIA 262/1, Anhang H und w/z-Wert	18
• Konsistenzklassen	20
Festbetonprüfungen	21
• Herstellung und Lagerung von Probekörpern gemäss SN EN 12390-1 und -2	22
• Druckfestigkeit gemäss SN EN 12390-3	24
• Dauerhaftigkeitsprüfungen gemäss SIA 262/1	26

Betonqualität



Verantwortlichkeiten

Verantwortung

Mit der Übergabe des Betons wechselt die Verantwortlichkeit für die Betonqualität vom Transportbetonunternehmer zum Bauunternehmer. Das Bauunternehmen muss durch eine regelmässige Überwachung sicherstellen, dass seine Leistung in Übereinstimmung mit den geltenden Regelwerken (z. B. SIA 262, SN EN 206-1, SN EN 13670/NE) und der Projektbeschreibung erfolgt. Die verwendeten Baustoffe, deren Einbau und deren Nachbehandlung sind auf der Baustelle auf ihre Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu überprüfen.

Überwachungsklasse

Der Bauherr kann vom Bauunternehmer Überwachungsprüfungen am Frisch- und Festbeton auf der Baustelle verlangen. Art und Anzahl der Prüfungen werden durch eine Zuordnung in eine Überwachungsklasse gemäss SN EN 13670/NE vorgegeben. Die Auswahl einer Überwachungsklasse erfolgt anhand von vier Kriterien. Massgebend für die Einordnung des Betons ist bei mehreren zutreffenden Überwachungsklassen die höchste Klasse.

Kriterien	Überwachungsklasse		
	1	2	3
AAR Präventionsklasse gemäss Merkblatt SIA 2042	P1	P2	P3
Festigkeitsklasse des Betons nach Norm SIA 262	–	–	≥ C55/67
Expositionsklasse (CH) nach Norm SIA 262	X0, XC1, XC2, XC3, XC4, XD1, XD2a, XF1	XD2b, XD3, XF2, XF3, XF4, XA, XAA	–
Betonsorte gemäss SN EN 206-1	A, B, C, P3, P4	D, E, F, G, P1, P2	–



**Hochbau und Spezialtiefbau
(normale Beanspruchung)**



**Tiefbau und Spezialtiefbau
(hohe Beanspruchung)**

Kontroll- und Prüfplan

Im Kontroll- bzw. Prüfplan werden die erforderlichen Frisch- und Festbetonprüfungen festgelegt. Beide Dokumente müssen Bestandteil des Werkvertrages sein.

Der Kontrollplan:

- wird vom Bauherrn erstellt und legt die Art und Häufigkeit der Prüfungen aufgrund der Bedeutung des Bauwerks und des Bauteils fest.

Der Prüfplan:

- wird vom Unternehmer auf Grundlage des Kontrollplans erstellt und legt die Prüfungen für die Betonieretappen fest.
- ist vor Beginn der Betonarbeiten dem Bauherrn (respektive der Bauleitung) zur Genehmigung vorzulegen.

Prüfungen

Die Prüfungen auf der Baustelle sind gleichmässig über die Betonierzeit zu verteilen. Betone mit gleichen Ausgangsstoffen, gleichem Wasserzementwert (w/z-Wert), aber anderem Grösstkorn, können in einer Betonfamilie zusammengefasst werden, um den Prüfumfang zu reduzieren.

Qualitätsprüfungen

Frischbetonprüfungen (S. 8–20)

Eine Frischbetonprüfung beginnt mit einer Kontrolle des Lieferscheins (für alle Überwachungsklassen); gefolgt von einer Überprüfung der Gleichmässigkeit des Betons mittels Sichtkontrolle (Überwachungsklasse 1: stichprobenartig, Überwachungsklassen 2 und 3: jedes Lieferfahrzeug):

- Entspricht die gelieferte Konsistenz der bestellten Konsistenz während der gesamten Übergabezeit?
- Ist der Beton gut durchmischt?
- Wie ist das Wasserrückhaltevermögen?

Die Qualität des Frischbetons wird durch Prüfung der Konsistenz, der Rohdichte, des Luftgehalts und des Wassergehalts bzw. w/z-Werts überprüft. Die Überprüfung der Konsistenz sowie der Rohdichte und des Luftgehalts wird für die Überwachungsklasse 1 nur in Zweifelsfällen und für die Überwachungsklassen 2 und 3 beim ersten Einbringen jeder Betonfamilie und alle 200 m³ sowie in Zweifelsfällen vorgenommen.

Festbetonprüfungen (S. 21–27)

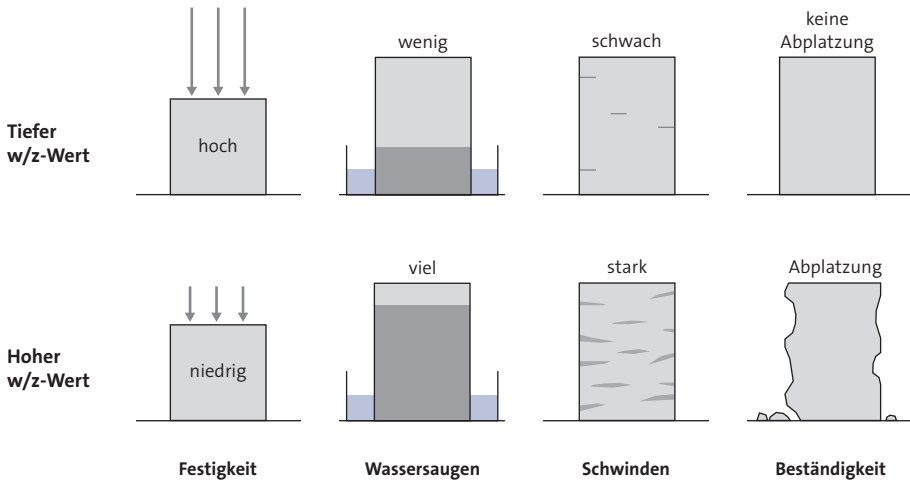
Die Qualität des Festbetons wird durch Prüfung der Druckfestigkeit und zuvor definierter Dauerhaftigkeitseigenschaften wie z. B. Wasserleitfähigkeit, Karbonatisierungswiderstand, Chloridwiderstand und Frost-Tausalzwiderstand überprüft. Die Prüfung erfolgt an normkonform hergestellten, nachbehandelten und gelagerten Probekörpern, in Ausnahmefällen an Bohrkernen aus dem betreffenden Bauwerk.

Einfluss einer nachträglichen Wasserzugabe

w/z-Wert und Betonqualität

Eine Wasserzugabe auf der Baustelle sollte grundsätzlich vermieden werden. Wird dennoch für eine Konsistenzanpassung dem Frischbeton Wasser zugegeben, so ist dies auf dem Lieferschein zu dokumentieren. Der Frischbeton ist nochmals für 1 Minute pro 1 m³ Frischbeton im Fahrmixer aufzumischen (1 Fahrmixer mit 6 m³ ergibt 6 Minuten). Die Verantwortung für die Qualität des veränderten Betons liegt beim Bauunternehmer.

Grundsätzlich führt das nachträgliche Zumischen von Wasser zum gelieferten Frischbeton zu einer Erhöhung des w/z-Werts und in der Folge zu einer Beeinträchtigung vieler Festbetoneigenschaften.



Frischbetonprüfungen



Probenahme für Frischbetonprüfung (gemäss SN EN 12350-1)

Begriffe

- Einzelprobe* Betonmenge, die mit einem einzigen Schaufelstich entnommen wurde.
- Stichprobe* Einzelprobe(n), die mit der Schaufel aus einem Teil der Mischerfüllung oder Betonmasse entnommen und gründlich durchmischt wurde.
- Sammelprobe* Betonmenge, die aus einer Anzahl von Einzelproben besteht, die gleichmässig über die Mischerfüllung entnommen und gründlich durchgemischt wurde.

Probenentnahme und Behandlung der Proben

Die Gesamtmenge der Proben muss mindestens das 1,5-fache der für die Prüfungen gebrauchten Menge betragen. Prinzipiell sind bei Probenahmen aus einem frei fallenden Betonstrom die Einzelproben so zu entnehmen, dass sie für die Breite und Tiefe des Betonstroms repräsentativ sind. Die Frischbetonproben sind jederzeit gegen Verunreinigung, Wasseraufnahme bzw. -verlust und extreme Temperaturen zu schützen.

Entnahme einer Sammelprobe

Bei Probenahme aus dem Entladestrom eines stationären Chargenmischers oder eines Transportbetonfahrzeugs sind weder vom ersten noch letzten Teil der Ladung Proben zu entnehmen. Liegt die Mischung in Form mehrerer Betonschüttungen vor, sollten die Einzelproben möglichst an mindestens fünf unterschiedlichen, sowohl über die Tiefe als auch über die Oberfläche verteilten Stellen, entnommen werden.

Konsistenz: Ausbreitmass (gemäss SN EN 12350-5)

Prüfung

Das Ausbreitmass (f) beschreibt quantitativ das Ausbreitvermögen von Frischbeton auf einer flachen Platte, die aus festgelegter Höhe auf einen Rahmen fallengelassen wird. Das Ausbreitmass kann für Frischbeton der Konsistenzklassen F2 bis F5, d. h. für plastische bis fliessfähige Betone, eingesetzt werden. Für Ausbreitmasse ≤ 340 mm und > 600 mm wird die Messung des Ausbreitmasses nicht empfohlen.



Ausbreitmass

$$f = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad [\text{mm}]$$

(Gl. 1)

Durchführung

- 1 Sicherstellen, dass die Prüfgeräte den normativen Vorgaben entsprechen.
- 2 Ausbreitmasstisch auf ebene, horizontale, nicht federnde Unterlage stellen.
- 3 Ausbreitmasstisch, Konusinnenseite und alle Geräte feucht abwischen.
- 4 Frischbeton mit Schaufel in zwei gleich hohen Lagen in den Konus einfüllen.
- 5 Jede Lage mit 10 Stößen des Holzstampfers verdichten.
- 6 Abziehen der Betonoberfläche bündig zur Konusoberfläche mit Stampfer und Reinigen der Tischplatte rund um den Konus.
- 7 30 Sekunden nach Abstreichen des Betons ist der Konus sorgfältig und langsam innerhalb von 3–6 Sekunden vertikal hochzuziehen.
- 8 Tischplatte bis zum Anschlag heben und frei fallen lassen, Dauer je Vorgang: 2–5 Sekunden, Anzahl Wiederholungen: 15. Dabei den Tisch durch Stehen auf den dafür vorgesehenen Trittblechen fixieren.
- 9 Grössten Durchmesser des entstandenen Kuchens in zwei Richtungen d_1 und d_2 parallel zu den Tischkanten in Millimeter messen.
- 10 Berechnen des Ausbreitmasses (f) aus den beiden Messwerten mit Hilfe der Gleichung 1. Das Ergebnis wird auf die nächsten 10 mm gerundet.

Faustregel

Eine Erhöhung des Ausbreitmasses von 10 mm wird erreicht durch eine Wasserzugabe von ca. $+5\text{ l/m}^3$. Bei der zusätzlichen Wasserzugabe ist mit einem Druckfestigkeitsverlust nach 28 Tagen von 1 bis 3 N/mm^2 zu rechnen.

Konsistenz: Verdichtungsmass (Walz) (gemäss SN EN 12350-4)

Prüfung

Das Verdichtungsmass (c) beschreibt quantitativ die Verdichtbarkeit eines Frischbetons, wenn dieser vibriert wird. Das Verdichtungsmass kann für Frischbeton der Konsistenzklassen C1 bis C3, d. h. für steife bis weiche Betone, eingesetzt werden. Für Verdichtungsmasse < 1.04 oder > 1.45 wird die Prüfung nicht empfohlen. Bei Leichtbetonen gilt eine Ausnahme für Verdichtungsmasse < 1.04 bzw. die Konsistenzklasse C4.



Verdichtungsmass

$$c = \frac{400}{400 - s} \quad [-]$$

(Gl. 2)

Durchführung

- 1 Sicherstellen, dass die Prüfgeräte den normativen Vorgaben entsprechen.
- 2 Behälter innen feucht abwischen und auf feste, ebene Unterlage stellen.
- 3 Mit der Kelle abwechselnd über alle vier Kanten des Behälters Frischbeton lose einfüllen.
- 4 Den überstehenden Beton mit einem Abstreich-Lineal in einer Sägebewegung entfernen (dabei ein Verdichten des Betons vermeiden).
- 5 Beton mit einem Rütteltisch oder einem Innenrüttler verdichten bis keine Volumenverringerung mehr festzustellen ist.
- 6 An jeder Seite des Behälters ist der Abstand zwischen der Oberfläche des verdichteten Betons und der Oberfläche des Behälters s_1 bis s_4 auf 1 mm genau zu messen und der Mittelwert (s) zu bilden.
- 7 Berechnen des Verdichtungsmasses (c) aus dem Mittelwert mit der Gleichung 2. Das Ergebnis wird auf zwei Dezimalstellen gerundet.

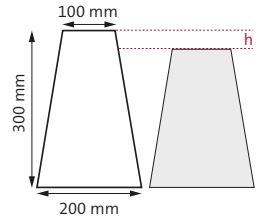
Faustregel

Eine Verringerung des Verdichtungsmasses um 0.1 wird erreicht durch eine Wasserzugabe von ca. $+15 \text{ l/m}^3$. Bei der zusätzlichen Wasserzugabe ist mit einem Druckfestigkeitsverlust nach 28 Tagen von 3 bis 8 N/mm^2 zu rechnen.

Konsistenz: Setzmass (Slump) (gemäß SN EN 12350-2)

Prüfung

Das Setzmass (h) beschreibt quantitativ das selbständige Absetzen des Frischbetons. Die Bestimmung des Setzmasses wird in der Norm SN EN 12350-2 definiert. Das Setzmass kann für Frischbeton der Konsistenzklassen S1 bis S4, d. h. für steife bis sehr weiche Betone, eingesetzt werden. Für Setzmasse > 220 mm wird die Prüfung nicht empfohlen. Die Veränderung des Wassergehalts einer gegebenen Betonrezeptur bei gleichbleibenden Temperaturbedingungen bewirkt sowohl eine Konsistenzänderung als auch eine veränderte Festigkeitsentwicklung.



Durchführung

- 1 Sicherstellen, dass die Prüfgeräte den normativen Vorgaben entsprechen.
- 2 Innenfläche des Kegelstumpfs und Bodenplatte feucht abwischen.
- 3 Frischbeton in drei gleich hohen Lagen einbringen, ohne den Kegelstumpf zu verschieben.
- 4 Jede Schicht mit 25 Stößen des Stampfers verdichten. Dabei sind die normativen Vorgaben zur Durchführung zu beachten.
- 5 Vor dem Füllen und Verdichten der obersten Schicht den Beton über die Form hinausfüllen.
- 6 Den überstehenden Beton in einer Sägebewegung mit dem Stahlstab abstreichen und Unterlage reinigen.
- 7 Kegelstumpf sorgfältig (ohne Drehen) senkrecht innerhalb von 2 bis 5 Sekunden hochziehen. Der gesamte Vorgang vom Beginn des Einfüllens bis zum Hochziehen der Form ist innerhalb von 150 Sekunden durchzuführen.
- 8 Bestimmen des Setzmasses (h) unmittelbar nach dem Entfernen der Form, indem die Differenz zwischen der Höhe der Form und dem höchsten Punkt des abgesetzten Probekörpers bestimmt wird (vgl. Grafik auf Seite 14).

Faustregel

Eine Erhöhung des Setzmasses um 10 mm wird erreicht durch eine Wasserzugabe von ca. 2 bis 3 l/m³. Bei der zusätzlichen Wasserzugabe ist mit einem Druckfestigkeitsverlust nach 28 Tagen von 0.5 bis 1.5 N/mm² zu rechnen.

Frischbetonrohichte und Luftgehalt (gemäss SN EN 12350-6 und -7)

Prüfung

Ein Beton mit 32 mm Grösstkorn enthält bei weicher Konsistenz normalerweise etwa 1 bis 2 Vol.-% Luft (ohne künstliche Luftporen). Bei Betonen mit Anforderungen an den Frost- und Frost-Tausalzwiderstand werden zusätzlich künstliche Luftporen bei der Herstellung eingetragen; deren ausreichender Gehalt ist prüftechnisch nachzuweisen. Für Beton mit leichter Gesteinskörnung muss ein anderes Prüfverfahren gewählt werden. Bei selbstverdichtendem Beton wird bei der Prüfung auf eine Verdichtung verzichtet.



Frischbetonrohichte

$$\rho_0 = \frac{(m_2 - m_1)}{V} \quad [\text{kg/m}^3]$$

(Gl. 3)

Faustregel

1 Volumenprozent zusätzlich eingeführter Luftporen ermöglicht eine Wassereinsparung von etwa 5 l/m³ Frischbeton und erzielt im Hinblick auf die Verarbeitbarkeit die gleiche Wirkung wie etwa 10 bis 15 kg Mehlkorn. Jedes Volumenprozent Luftporen führt zu einem Druckfestigkeitsverlust von 3 bis 5 N/mm² nach 28 Tagen.

Durchführung

- 1 Sicherstellen, dass die Prüfgeräte den normativen Vorgaben entsprechen.
- 2 Luftporentopf vor dem Befüllen innen mit feuchtem Schwamm leicht anfeuchten.
- 3 Luftporentopf auf mindestens 10 g genau wiegen (m_1).
- 4 Beton in Luftporentopf einfüllen und gegebenenfalls unter Beigabe von weiterem Beton vollständig verdichten.
- 5 Rand und Aussenseiten des Behälters mit Schwamm reinigen.
- 6 Wiegen des gefüllten Topfes (m_2).
- 7 Berechnen der Frischbetonrohichte (ρ_0) aus der Differenz der Massen ($m_2 - m_1$) und dem bekannten Volumen des Behälters (V) mit der Gleichung 3.
- 8 Topfdeckel aufsetzen und nachfolgend fest verschliessen. Hauptventil schliessen und seitliche Ventile öffnen.
- 9 Wasser mit Spritzflasche in ein Ventil einspritzen bis es am anderen Ventil blasenfrei austritt.
- 10 „Austrittsventil“ während Wasseraustritt schliessen.
- 11 Mit dem Schlegel gegen das Gerät klopfen oder durch leichte Kipp-Bewegungen die noch enthaltene Luft vollständig austreiben, anschliessend bei fortwährender Wasserzugabe auch das „Eintrittsventil“ schliessen.
- 12 Mit Pumpe Druck erzeugen; dabei muss der Zeiger über die Nullpunktanzeige steigen.
- 13 Nullpunktanzeige am Manometer mittels Nachpumpen oder Ablassen von Luft stabilisieren.
- 14 Kontrolle durch Anklopfen des Manometers (Zeiger darf sich nicht mehr bewegen).
- 15 Messventil öffnen, Manometer nicht mehr anklopfen, Luftgehalt (p) auf eine Dezimalstelle genau ablesen.

Wassergehalt (gemäss SIA 262/1, Anhang H) und w/z-Wert

Prüfung

Sind der Zementgehalt und die Frischbetonrohddichte bekannt, so kann der w/z-Wert über den Wassergehalt (W) einer Betonprobe ermittelt werden. Die Durchführung der Darrprüfung dauert ca. 30 Minuten.



Wassergehalt

$$W = \frac{m_0 - m_{tr}}{m_0} \cdot \rho_0 \quad [\text{kg/m}^3]$$

(Gl. 4)

Durchführung

- 1 Trocknungsbehälter mit Trockenblech wiegen (Tara notieren) und Waage tarieren.
- 2 Ca. 10 kg (bei Grösstkorn D_{\max} 32 mm) Frischbeton in Trocknungsbehälter geben und wiegen der Ausgangsmasse (m_0). Ablesegenauigkeit von 1 g.
- 3 Trocknungsbehälter auf das Gestell des Gasbrenners stellen und Zeit notieren (maximale Trocknungszeit ca. 20 min).
- 4 Während des Austrocknungsvorgangs Beton von Zeit zu Zeit mit Kelle oder einem anderen geeigneten Gerät bewegen, Klumpen zerschlagen, Krusten von Gesteinskörnern lösen.
- 5 Wenn die Probe augenscheinlich trocken ist, Behälter wiegen, Masse und Zeitpunkt der Wägung bestimmen. Ablesegenauigkeit von 1 g. Nach jeweils ca. 5 Minuten weiterer Trocknung diesen Vorgang wiederholen, bis der Masseverlust $< 5 \text{ g}/5 \text{ min}$ ist.
- 6 Letzte Wägung durchführen und Masse der getrockneten Probe (m_{tr}) ermitteln. Diese ist für die Berechnung des Wassergehalts massgebend.
- 7 Berechnen des Wassergehalts (W) mit der Gleichung 4.
Der Wassergehalt ist mit einer Genauigkeit von $1 \text{ kg}/\text{m}^3$ anzugeben.

Berechnung des w/z-Werts

Der w/z-Wert des Betons ist anhand des auf dem Lieferschein vermerkten Zementgehalts (Z) und des wirksamen Wassergehalts zu berechnen (Gleichung 5). Der wirksame Wassergehalt ist die Differenz zwischen der Gesamtwassermenge (W) im Frischbeton und der nach SN EN 1097-6 ermittelten Wassermenge (W_A), die von der Gesteinskörnung aufgenommen wird.

w/z-Wert

$$w/z = \frac{W - W_A}{Z} \quad [-]$$

(Gl. 5)

Konsistenzklassen

Bestimmung der Konsistenzklasse

Abhängig von der Art der Konsistenzmessung (Ausbreitmass, Verdichtungsmass nach Walz und Setzmass) werden den einzelnen Messbereichen entsprechende Konsistenzklassen zugeteilt.

Ausbreitmass		Verdichtungsmass		Setzmass		Setzflussmass (nur SCC)		Blockierneigungs-klasse, L-Box-versuch (nur SCC)		Konsistenz-beschreibung
Klasse	Wert [mm]	Klasse	Wert [mm]	Klasse	Wert [mm]	Klasse	Wert [mm]	Klasse	Wert [-]	
		C0*	> 1.45							erdfeucht
F1*	≤ 340	C1	1.45–1.26	S1	10–40					steif
F2	350–410	C2	1.25–1.11	S2	50–90					plastisch
F3	420–480	C3	1.10–1.04	S3	100–150					weich
F4	490–550	C4**	< 1.04	S4	160–210					sehr weich
F5	560–620			S5*	≥ 220					fliessfähig
F6*	≥ 630					SF1	550–650			sehr fliessfähig
						SF2	660–750	PL1	≥ 0.80 mit 2 Bewehrungsstäben	sehr fliessfähig und selbstverdichtend
						SF3	760–850	PL2	≥ 0.80 mit 3 Bewehrungsstäben	

* Wegen unzureichender Empfindlichkeit der Prüfverfahren nicht zu empfehlen.

** Nur für Leichtbeton.

Eine verbindliche Korrelation zwischen den Konsistenzklassen existiert nicht, jedoch hat die Praxis eine annähernde Gleichwertigkeit gezeigt.

Hinweis: Für erdfeuchten Beton, der üblicherweise nur gestampft wird, gelten die Konsistenzklassen nicht. In besonderen Fällen darf die Konsistenz auch mit einem Zielwert festgelegt werden.

Festbetonprüfungen



Herstellung und Lagerung von Probekörpern (gemäss SN EN 12390-1 und -2)

Probekörperarten

An normkonform hergestellten, nachbehandelten und gelagerten Probekörpern bzw. Prüfkörpern werden die Festbetoneigenschaften geprüft. Die Art des Probekörpers und dessen Abmessung wird durch die Auswahl der Festbetonprüfung beeinflusst.

Probekörper	Praxisübliche Abmessungen	Festbetonprüfung
Würfel	Kantenlänge: 150 mm	<ul style="list-style-type: none">• Würfeldruckfestigkeit• Chloridwiderstand*• Frost-Tausalzwiderstand**• Wasserleitfähigkeit*• Sulfatbeständigkeit*
Zylinder	Durchmesser: 150 mm Höhe: 300 mm	<ul style="list-style-type: none">• Zylinderdruckfestigkeit• E-Modul• Spaltzugfestigkeit
Prisma	Breite: 120 mm Höhe: 120 mm Länge: 360 mm	<ul style="list-style-type: none">• Biegezugfestigkeit• E-Modul• Karbonatisierungswiderstand• Schwinden/Kriechen

* Als Prüfkörper dienen Bohrkörper, die entweder den normkonform hergestellten und gelagerten Probekörpern (Würfel, Prismen usw.) oder einem Bauteil entnommen wurden.

** Als Prüfkörper dienen Platten, die entweder von normkonform hergestellten und gelagerten Probekörpern (Würfel) stammen oder Bohrkörper, die einem Bauteil entnommen wurden.

Häufigkeit

In der Überwachungsklasse 1 gemäss SN EN 13670/NE sind die Druckfestigkeit nur in Zweifelsfällen und der Karbonatisierungswiderstand, die Wasserleitfähigkeit, der E-Modul und das Schwinden und Kriechen projektspezifisch zu prüfen. Die Anzahl der herzustellenden Probekörper für die Festbetonprüfungen in den Überwachungsklassen 2 und 3 gemäss SN EN 13670/NE ist entweder mengen- oder zeitabhängig. Die grössere Anzahl ist massgebend. Es wird empfohlen, dass die Herstellung der Probekörper für die Festbetonprüfungen an den Terminen der Frischbetonprüfung vorgenommen wird.

Probekörperherstellung

Der Beton ist vor dem Einfüllen in die Probekörperform erneut aufzumischen. Abhängig von der Konsistenz des Betons und des Verdichtungsverfahrens, sind die Formen mit einer oder mehreren Schichten zu füllen. Bei SCC ist die Form in einem Arbeitsgang zu befüllen. Der Beton ist mit einer Vibrationsnadel (Innenrüttler) zu verdichten. SCC darf nicht verdichtet werden.

Normkonforme Lagerung der Probekörper

- Die Probekörper sind während mindestens 16 Stunden und höchstens 3 Tagen bei $20 \pm 5 \text{ °C}$ in der Form zu belassen. Sie sind dabei gegen Stöße und Austrocknen (Sonne/Wind) zu schützen.
- Nach der Entnahme aus der Form sind die Probekörper bis zum Prüfbeginn unter Wasser bei $20 \pm 2 \text{ °C}$ oder in einer Feuchtkammer bei $20 \pm 2 \text{ °C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $\geq 95 \%$ zu lagern.



Druckfestigkeit (gemäss SN EN 12390-3)

Prüfung

In einer Druckprüfmaschine werden die Probekörper bis zum Bruch belastet. Aus der erzielten Höchstlast (F) und der Fläche des auf Druck beanspruchten Probenquerschnitts (A_c) errechnet sich die Druckfestigkeit (f_c).

Druckfestigkeit

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad [\text{N/mm}^2]$$

(Gl. 6)

Durchführung

- 1 Die Probenoberfläche ist von überschüssiger Feuchtigkeit zu befreien.
- 2 Würfelproben sind senkrecht zur Einfüllrichtung des Betons auf Druck zu beanspruchen. Der Probekörper wird auf der unteren Druckplatte zentriert, dabei dürfen die Abweichungen von der Mitte nicht grösser sein als $\pm 1\%$ der angegebenen Kantenlänge oder Durchmessers.
- 3 Die Prüflast ist erschütterungsfrei und gleichmässig aufzubringen. Die Prüflast wird stetig mit $0.6 \pm 0.2 \text{ MPa/s}$ bis zum Bruch gesteigert ($1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$).
- 4 Die Würfel- bzw. Zylinderdruckfestigkeit (f_c) wird mit der Gleichung 6 berechnet.
- 5 Der Bruchtyp muss anhand von Bildern beurteilt werden. Ungewöhnliche Bruchbilder sind zu dokumentieren.

Häufigkeit

Die Überprüfung der Druckfestigkeit wird für die Überwachungsklasse 1 nur in Zweifelsfällen vorgenommen. Für die Überwachungsklasse 2 gilt, dass die Druckfestigkeit pro Betonfamilie mindestens zwei Mal oder je 400 m³ oder je fünf Produktionstage* zu prüfen ist. Die Überwachungsklasse 3 (hochfester Beton) enthält noch strengere Anforderungen.

* Hinweis: Oder einmal je Kalenderwoche, falls innerhalb von 7 aufeinander folgenden Kalendertagen mehr als 5 Produktionstage vorliegen.

Annahmekriterien

Als Prüfergebnis gilt der Mittelwert der Ergebnisse von drei Probekörpern aus einer Probe, die im gleichen Alter geprüft werden. Die Druckfestigkeit wird für den Mittelwert (Kriterium 1) und für jeden Einzelwert (Kriterium 2) in Abhängigkeit der Anzahl der Prüfergebnisse beurteilt.

Anzahl n der Prüfergebnisse für die Druckfestigkeit des definierten Betonvolumens	Kriterium 1	Kriterium 2
	Mittelwert der n-Ergebnisse (f_{cm}) [N/mm ²]	jedes einzelne Prüfergebnis (f_{ci}) [N/mm ²]
1	nicht anwendbar	$\geq f_{ck} - 4$
2–4	$\geq f_{ck} + 1$	$\geq f_{ck} - 4$
5–6	$\geq f_{ck} + 2$	$\geq f_{ck} - 4$



Dauerhaftigkeitsprüfungen (gemäss SIA 262/1)

Prüfungsart

Für die Qualitätssicherung der Dauerhaftigkeitseigenschaften auf der Baustelle wird üblicherweise die Prüfungsart TT-1 (TT = Testing Type) gewählt. Die Anzahl der Probekörper wird durch den jeweiligen Anhang der SIA 262/1 vorgegeben.

Häufigkeit

Die Überprüfung der Wasserleitfähigkeit und des Karbonatisierungswiderstands wird für die Überwachungsklasse 1 projektspezifisch vorgenommen. Für die Überwachungsklasse 2 gilt, dass der Karbonatisierungswiderstand, der Chloridwiderstand und der Frost-Tausalzwiderstand pro Betonfamilie mindestens zwei Mal oder je 800 m³ oder je 10 Produktionstage* zu prüfen sind. Alle anderen Dauerhaftigkeitsprüfungen sind bei der Überwachungsklasse 2 projektspezifisch zu prüfen. Die Überwachungsklasse 3 (hochfester Beton) enthält noch strengere Anforderungen.

* Hinweis: Oder einmal je zwei Kalenderwochen, falls innerhalb von 14 aufeinander folgenden Kalendertagen mehr als 10 Produktionstage vorliegen.

Annahmekriterien

Es gelten die Annahmekriterien gemäss SN EN 206-1.

Festbetoneigenschaft	Wasserleitfähigkeit	Karbonatisierungswiderstand	Chloridwiderstand	Frost-Tausalzwiderstand	
				mittel	hoch
Prüfung gemäss Norm SIA 262/1	Anhang A	Anhang I	Anhang B	Anhang C	
Prüfung ist durchzuführen bei den Expositionsklassen	XC3	XC3, XC4, XD1, XD2a, XF1	XD2b, XD3	XF2, XF3	XF4
Prüfung ist durchzuführen bei den Betonarten gemäss Tabelle NA. 2	Sorte B	Sorte B, C, D und E	Sorte F und G	Sorte D und F	Sorte E und G
Anzahl Probekörper bis D_{max} 32 mm	1 Würfel	1 Prisma	1 Würfel	2 Würfel	
Grenzwert für Mittelwert	$q_w \leq 10 \text{ g/m}^2\text{h}$	$K_N \leq 5.0 \text{ mm/Jahr}^{1/2}$	$D_{Cl} \leq 10 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	$m \leq 1200 \text{ g/m}^2$	$m \leq 200$ oder $m \leq 600 \text{ g/m}^2$ und $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$
Grenzwert für Mittelwert + Grenzabweichung	$q_w \leq 12 \text{ g/m}^2\text{h}$	$K_N \leq 5.5 \text{ mm/Jahr}^{1/2}$	$D_{Cl} \leq 13 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$	$m \leq 1800 \text{ g/m}^2$	$m \leq 250$ oder $m \leq 800 \text{ g/m}^2$ und $\Delta m_{28} \leq (\Delta m_6 + \Delta m_{14})$

Holcim (Schweiz) AG
Hagenholzstrasse 83
8050 Zürich
Schweiz
Telefon +41 58 850 62 15
Telefax +41 58 850 62 16
marketing-ch@holcim.com
www.holcim.ch