

Betonieren bei kaltem Wetter

Holcim (Deutschland) GmbH



Einleitung

Der frische und junge Beton reagiert empfindlich auf tiefe Temperaturen und nimmt bei Frost Schaden.

Die Gründe dafür sind:

- Die Festigkeitsentwicklung wird verlangsamt, je tiefer die Umgebungstemperatur liegt. Unter dem Gefrierpunkt kommt sie sogar zum Stillstand.
- Das Gefrieren des Wassers im Beton schädigt dessen Gefüge.

Zu beachten ist:

- Gefrierbeständige Betone erhärten nach einmaligem Durchfrieren zwar normal weiter, mehrfaches Durchfrieren überstehen aber auch solche Betone nicht.
- Luftporenbildner tragen nichts zur Gefrierbeständigkeit bei.
- Die Zugabe von Beschleunigern führt wohl zu einem schnelleren Erhärten, dies ist aber nur schwer kontrollierbar.



Planung und Vorbereitung

Auch bei kaltem Wetter kann betoniert werden, wenn notwendige Vorkehrungen getroffen sind.

- Anhebung des Zementgehalts $\geq 300 \text{ kg/m}^3$ und/oder Verwendung von Zement mit höherer Wärmeentwicklung bei sonst gleichen Ausgangsstoffen.
- Herabsetzen des w/z-Werts $\geq 0,55$ durch Einsatz eines Betonverflüssigers (BV) oder eines Fließmittels (FM).
- Verlängerung der Ausschulfristen und der Nachbehandlungsdauer.

Durch die Verwendung von Holcim Booster kann auf die hier aufgeführten Maßnahmen teilweise oder ganz verzichtet werden. Denn Beton mit Holcim Booster erhärtet schneller, erreicht höhere Frühfestigkeiten und ist früher gefrierbeständig. Auch die Nachbehandlungsdauer verkürzt sich.

Mehr Infos unter: www.holcim.de/booster



- Verwendung von Materialien mit erhöhten thermischen Isolationseigenschaften für die Schalung (z. B. Holz) und für die Nachbehandlung (z. B. Thermomatten).
- Anhebung der Frischbetontemperatur durch gezielte Erwärmung des Zugabewassers und/oder Erwärmen der Gesteinskörnung.
- Bauteil oder ganzes Gebäude vor Wärmeverlust und Luftzug schützen.

Einbringen und Verdichten

- Auf gefrorenem Baugrund darf nicht betoniert werden, ebenso wenig auf gefrorenen Bauteilen.
- Schalungsflächen und Bewehrungen frei von Eis und Schnee halten, jedoch nie mit Wasser, sondern durch Wärmebehandlung.
- Der vorgewärmte Beton muss zügig in die von Schnee und Eis befreite Schalung eingebaut und sofort verdichtet werden.
- Den jungen Beton nach Möglichkeit vor Wärmeentzug während des Transports und auf der Baustelle schützen.
- Im eingebrachten Beton sind Vorkehrungen zu treffen, um die Betontemperatur laufend messen zu können.
- Beim Einbringen und während der Verarbeitung darf ohne besondere Maßnahmen der Frischbeton nicht kälter als $+ 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sein. Bei Betonoberflächen mit erhöhten Anforderungen wird empfohlen, die Frischbetontemperatur auf $+ 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ zu erhöhen. Bei Zementgehalten unter 240 kg/m^3 und bei der Verwendung von Zementen mit niedriger Hydratationswärme darf die Frischbetontemperatur $+ 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nicht unterschreiten.
- Bei Lufttemperaturen unter $-3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ muss zusätzlich mindestens für drei Tage eine Frischbetontemperatur $\geq + 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ gehalten werden.



Zwischennachbehandlung

Zusatzmaßnahmen bei Glättbetonen

Bei Glättbetonen ist der Beton zwischen Einbau und Glätten vor Feuchtigkeitsverlust, Austrocknung und Auskühlen zu schützen. Folgende Maßnahmen sind bei niedrigen Temperaturen zwingend erforderlich, um schadenfreie Betonflächen erstellen zu können:

- Besprühen mit einem geeigneten Nachbehandlungsmittel (Curing)
- Beton mit feinem Wassernebel besprühen
- Folien auflegen
- Gegebenenfalls Wärmedämmmatten auflegen, um die Temperaturunterschiede zwischen Kern und Oberfläche gering zu halten (massige Bauteile)



Nachbehandlung

- Bei kalten Temperaturen muss der Beton unmittelbar nach dem Einbringen vor Wärmeentzug geschützt werden. Dazu eignet sich das Abdecken mit Thermomatten.
- Kann die Thermomatte nicht direkt auf die Betonoberfläche gelegt werden, ist der Beton vor Zugluft zu schützen (Einhausung).
- Während der Erhärtungszeit muss der Beton nicht nur vor Wärme-, sondern auch vor Feuchtigkeitsverlust geschützt werden. Bei kaltem und/oder trockenem Wetter kann der Feuchtigkeitsgehalt der Luft sehr gering sein.
- Bei Frost ist eine Nachbehandlung mit Wasser nicht erlaubt.
- Erfolgt kein Festigkeitsnachweis, richtet sich die Dauer der Nachbehandlung nach der Expositionsklasse, der Oberflächentemperatur und der Festigkeitsentwicklung des Betons (s. DIN 1045-3).
- Bauteil oder ganzes Gebäude solange durch Beheizen und Einhausen warmhalten, bis die Gefrierbeständigkeit erreicht ist (kann mehrere Tage beanspruchen).
- Die Gefrierbeständigkeit des jungen Betons ist erreicht, wenn er eine Druckfestigkeit von 5 N/mm^2 aufweist.



Betontemperatur

Frischbetontemperatur

Die gewünschte Frischbetontemperatur lässt sich durch Erwärmen der Ausgangsstoffe erreichen. Vereinfachte Formel für die Berechnung der Frischbetontemperatur:

$$T_b = 0,7 \times T_g + 0,2 \times T_w + 0,1 \times T_z$$

T_b = Betontemperatur in °C

T_g = Temperatur der Gesteinskörnung in °C

T_w = Wassertemperatur in °C

T_z = Zementtemperatur in °C

Beispiel:

Temperatur der Gesteinskörnung $T_g = 8 \text{ °C}$

Wassertemperatur $T_w = 10 \text{ °C}$

Zementtemperatur $T_z = 50 \text{ °C}$



$$T_b = 0,7 \times 8 + 0,2 \times 10 + 0,1 \times 50 = 12,6 \text{ °C} = \text{Betontemperatur}$$

Lufttemperatur	Mindesttemperatur des Frischbetons beim Einbau
+5 °C bis -3 °C	+5 °C im allgemeinen Fall +10 °C bei < 240 kg/m ³ Zement oder bei LH-Zementen
< -3 °C	+10 °C sollte mindestens 3 Tage lang gehalten werden

Mindestdauer der Nachbehandlung

Höchstzulässiger Mehlkorngelalt für Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 16 mm bis 63 mm in Abhängigkeit der Druckfestigkeits- und Expositions-kategorie:

Expositions-kategorie	Erforderliche Festigkeit im oberflächennahen Bereich	Mindestdauer der Nachbehandlung
X0, XC1	–	0,5 Tage (mindestens 12 Stunden)
Alle Klassen, außer X0, XC1, XM	$0,5 \cdot f_{ck}$	Werte der Tabelle unten
XM	$0,7 \cdot f_{ck}$	Werte der Tabelle unten verdoppeln

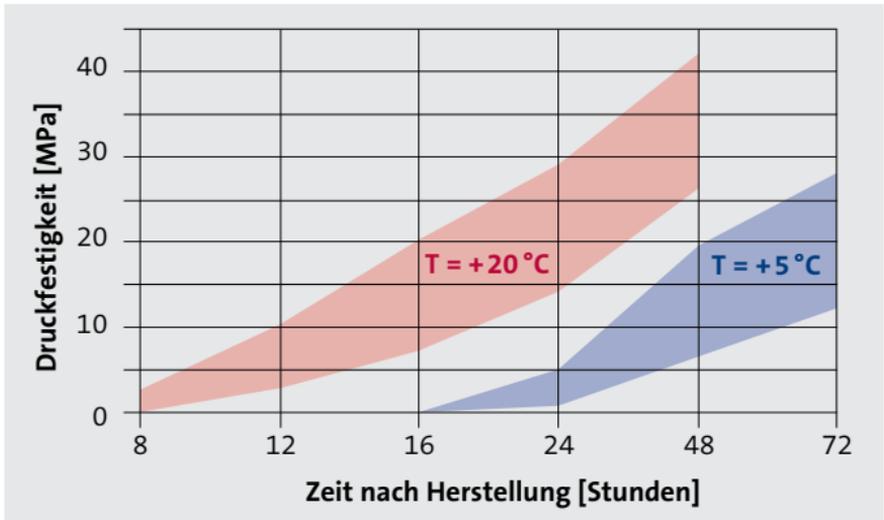
Oberflächentemperatur T [°C] ²⁾	Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen			
	Festigkeitsentwicklung des Betons: $r = f_{cm2}/f_{cm28}$ ¹⁾			
	r ≥ 0,50 schnell	r ≥ 0,30 mittel	r ≥ 0,15 langsam	r < 0,15 sehr langsam
≥ 25	1	2	2	3
25 > T ≥ 15	1	2	4	5
15 > T ≥ 10	2	4	7	10
10 > T ≥ 5	3	6	10	15

¹⁾ f_{cm2} bzw. f_{cm28} bezeichnen die Mittelwerte der Druckfestigkeit nach 2 bzw. 28 Tagen.

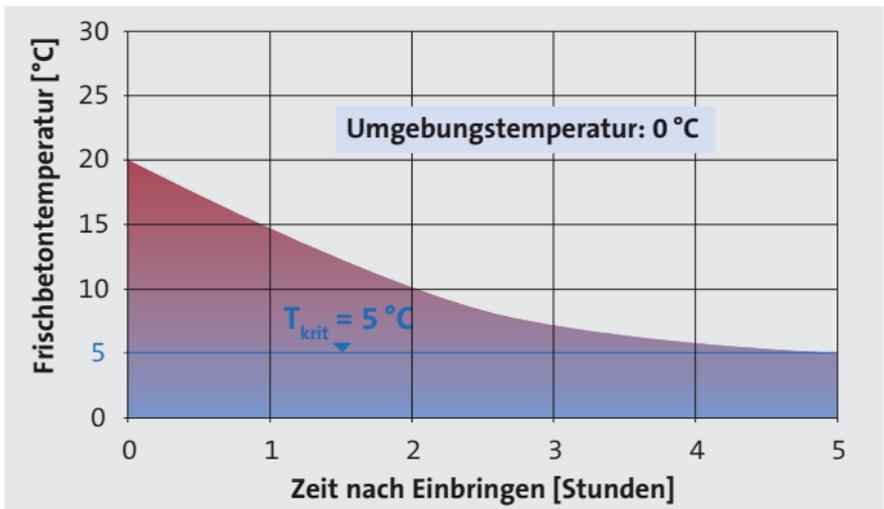
²⁾ Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

Expositions-kategorien XC2, XC3, XC4 und XF1 Frischbetontemperatur T [°C] ³⁾	Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen			
	Festigkeitsentwicklung des Betons: $r = f_{cm2}/f_{cm28}$ ¹⁾			
	r ≥ 0,50 schnell	r ≥ 0,30 mittel	r ≥ 0,15 langsam	r < 0,15 sehr langsam
≥ 15	1	2	4	k. A.
15 > T ≥ 10	2	4	7	k. A.
10 > T ≥ 5	4	8	14	k. A.

³⁾ Kann ein übermäßiges Auskühlen des Betons im Anfangsstadium ausgeschlossen werden, können für die Expositions-kategorien XC2, XC3, XC4 und XF1 die erforderlichen Nachbehandlungsdauern auch über die Frischbetontemperatur zum Zeitpunkt des Betoneinbaus festgelegt werden.



Frühfestigkeitsentwicklung bei unterschiedlichen Zementen (CEM I 42,5 N: untere Begrenzung. CEM I 52,5 R: obere Begrenzung) und verschiedenen Außentemperaturen (+5 °C und +20 °C).



Ungeschützter Frischbeton kühlt nach dem Einbau rasch aus. Der Temperaturverlust beträgt rund 3°C pro Stunde.

Holcim (Deutschland) GmbH

Technisches Marketing

Hannoversche Straße 28

31319 Sehnde-Höver

Tel. +49 51 32 9 27-4 32

Fax +49 51 32 9 27-4 30

technisches-marketing@lafargeholcim.com

www.holcim.de

Haftungsausschluss

Die Hinweise und Empfehlungen der Holcim (Deutschland) GmbH berücksichtigen die derzeit gültigen Normen, Merkblätter und Praxiserfahrungen. Die Informationen sind jedoch unverbindlich und werden unter Ausschluss jeglicher Haftung oder Gewährleistung abgegeben.