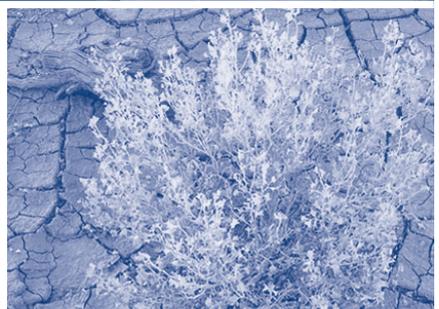


Betonieren im Winter

Bei niedrigen Temperaturen und Wind

Verarbeitungshinweise

Maßnahmen zum Schutz und zur Nachbehandlung des Betons



Für jede Anwendung das richtige Produkt

Betonieren bei winterlichen Bedingungen

Winterliche Bedingungen umfassen eine Vielzahl von Faktoren, die die Bauteilqualität beeinflussen – ein wesentlicher Faktor ist die Temperatur.

Niedrige Umgebungstemperaturen, geringe Luftfeuchte oder Taupunktunterschreitungen mit Tau- oder Reifbildung sind nur einige der Seiten winterlicher Bedingungen.

Unter niedrigen winterlichen Temperaturen soll der Bereich $< 5\text{ °C}$ verstanden werden. Es ist z. B. zu berücksichtigen, dass den Tagestemperaturen von 10 °C bereits Nachttemperaturen $< 5\text{ °C}$ und Bodenfröste folgen können, bevor der Beton eine Festigkeit von 5 N/mm^2 (Gefrierbeständigkeit) erreicht hat.

Umgebungs- und Frischbetontemperatur sowie die Beschaffenheit und Mengenanteile der Ausgangsstoffe beeinflussen die Festigkeitsentwicklung des Betons besonders stark. Die Festigkeitsentwicklung bestimmt die Art und die Dauer der Maßnahmen, die zu seinem Schutz und zur Nachbehandlung bei niedrigen Temperaturen getroffen werden müssen, um auch im Winter qualitativ hochwertige Betonbauwerke erstellen zu können.

Betonieren bei niedrigen winterlichen Temperaturen erfordert – ähnlich dem Betonieren bei sommerlichen Temperaturen – besondere Maßnahmen und vorausschauende Planung.



Was kann passieren?

Verzögerte Festigkeitsentwicklung

Aufgrund der langsameren Festigkeitsentwicklung verlängern sich die Ausschalfrieten und die notwendigen Nachbehandlungs- bzw. Schutzzeiten. Je nach Bauteil kann auch ein erhöhter Schalungsdruck auftreten. Bei Betonen mit langsamer Festigkeitsentwicklung (z. B. geringe Zementgehalte, LH-Zemente) können erforderliche Bauwerksfestigkeiten später erreicht werden.

Veränderte Wirkung von Betonzusatzmitteln

Die Wirksamkeit von Zusatzmitteln, wie z. B. Luftporenbildnern oder Fließmitteln, ist temperaturabhängig und sollte in Vorversuchen überprüft werden.

Frostschäden an jungem Beton

Durch die Volumenvergrößerung des im Beton vorhandenen Wassers beim Gefrieren wird das bereits entstandene Gefüegerüst geschwächt oder zerstört. Der Schadensumfang ist abhängig vom bereits erreichten Hydratationsgrad.

Rissbildung

Infolge größerer Temperaturdifferenzen zwischen Rand- und Kernzone, besonders bei massigen Bauteilen, entstehen

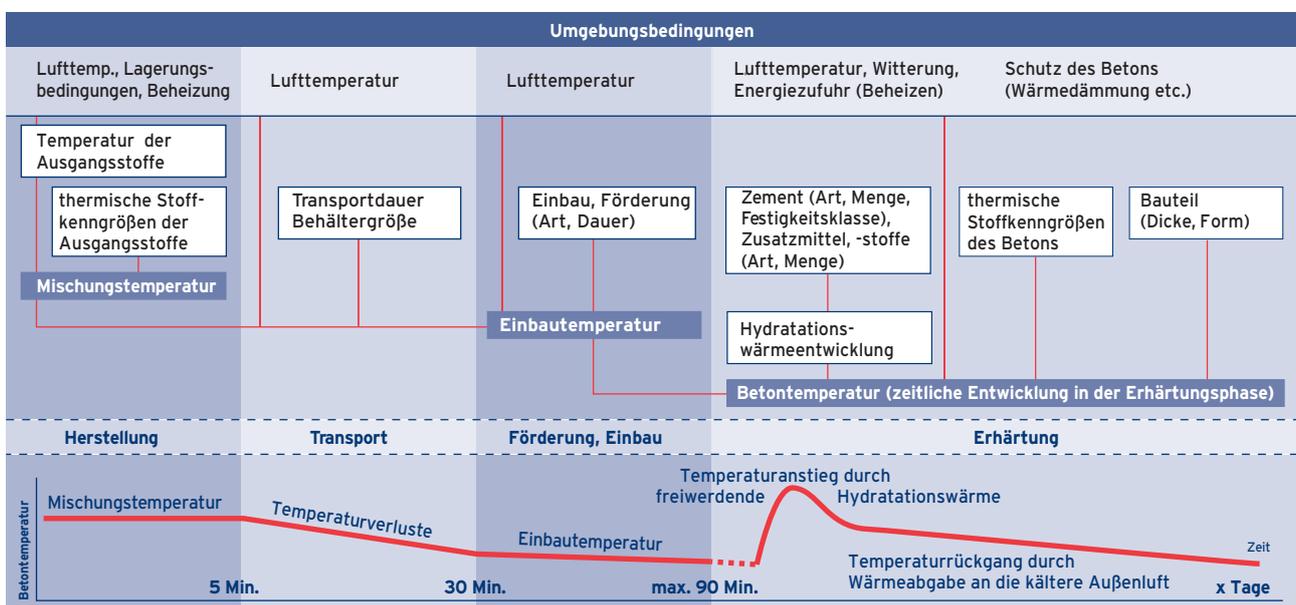
hohe Eigenspannungen, die in Abhängigkeit von der Festigkeitsentwicklung die Zugfestigkeit des Gefüges übersteigen und dadurch eine Rissbildung (Schalenrisse) verursachen können. Zusätzlich führt kalte, trockene Luft in Verbindung mit Wind zu verstärkter Austrocknung an der Oberfläche, was die Schwindrissbildung fördert.

Formänderungen

Die bei kalter Witterung auftretenden größeren Temperatur- und Feuchtgradienten im Bauteil sowie das langsamere Ansteigen des E-Moduls (analog der Festigkeit) führen verstärkt zu Bauteilverformungen.

Ausblühungen

Ausblühungen werden durch verzögerte Hydratation (noch wenig dichte Betonrandzone zum Entschalungszeitpunkt) und frühen Kontakt mit Wasser (Witterungseinflüsse, Kondenswasser) gefördert. Neue Holzschalungen können besonders bei niedrigen Temperaturen diesen Prozess forcieren. Die Ausblühungen beeinträchtigen die Dauerhaftigkeit nicht, können jedoch negativen Einfluss auf die Sichtbetonqualität haben.



Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Betontemperatur während Herstellung, Transport, Einbau und Erhärtung

Was kann getan werden?

Betonzusammensetzung

- Betonsorten mit höherer Hydratationswärmeentwicklung und schnellerer Festigkeitsentwicklung („Winterrezepturen“) z. B. durch:
 - Verwendung von Zementen hoher Frühfestigkeit (CEM 42,5 statt CEM 32,5)
 - Erhöhung des Zementgehaltes (> 300 kg/m³)
 - Erhöhung des Zementgehaltes zu Lasten der Zusatzstoffe
 - Absenkung des w/z-Wertes, z. B. durch Einsatz von Betonverflüssigern bzw. Fließmitteln
 - Ggf. Einsatz von Beschleunigern

Betonherstellung

- Vorwärmen und Schutz der Ausgangsstoffe:
 - geeignete Lagerungs- und Beheizungsmöglichkeiten, insbesondere für Gesteinskörnungen und Zusatzmittel
 - ausreichend dimensionierte Warmwassererzeuger
- Möglichst späte Zugabe der Zusatzmittel
- Hinreichend genaue Bestimmung der Frischbetontemperatur

- Sicherung einer Betonmischung mit gleichmäßiger Temperaturverteilung
- Hinreichend großes Vorhaltemaß der Frischbetontemperatur, damit die Mindesteinbautemperatur eingehalten werden kann (Abkühlung ca. 0,5–3 K pro 15 Min. berücksichtigen)

Betonverarbeitung

- Kurze Transportzeiten für Beton zum Einbauort
- Längere Pumpleitungen ggf. wärmedämmen (Temperaturverluste bis zu 3 K pro 100 m Förderweg)
- Schalung, Betonuntergrund und Bewehrung frost- und eisfrei halten (abdecken, ggf. Schalung vorwärmen)
- Einsatz von Holzschalungen statt Metall
- Dämmmatten und Heizaggregate einsetzen (an Bauteilkanten und -ecken sowie dünnwandigen Bauteilen mehrfach isolieren)
- Wettervorhersagen beachten, ggf. zusätzliche Maßnahmen einplanen

Nachbehandlungsmaßnahmen für Beton bei Temperaturen < 5 °C	
Lufttemp. in °C	Maßnahmen
-3 °C bis +5 °C	<ul style="list-style-type: none"> – Frischbetontemperatur beim Einbringen ≥ 5 °C allgemein ≥ 10 °C bei $z < 240$ kg/m³ oder Verwendung von NW-Zement – Abdecken mit Folien bzw. Nachbehandlungsfilm aufsprühen und Wärmedämmung – Verwend. wärmedämmender Schalung, z. B. Holz
<-3 °C	<ul style="list-style-type: none"> – Frischbetontemperatur beim Einbringen ≥ 10 °C – Abdecken mit Folien und Wärmedämmung – Umschließen des Arbeitsplatzes (Zelt) oder Beheizen (z. B. Heizstrahler) – Zusätzlich Betontemperaturen wenigstens 3 Tage lang auf +10 °C halten oder so lange schützen, bis ausreichend Festigkeit erreicht ist

Weitere Nachbehandlungsmaßnahmen

- Nachbehandlungs- und Ausschallfristen um Anzahl der Frosttage verlängern; Beton darf während der ersten Tage der Hydratation erst dann gefrieren, wenn:**
- seine Temperatur wenigstens 3 Tage ≥ 10 °C betrug oder
 - seine Druckfestigkeit $f_{cm} \geq 5$ N/mm² beträgt (Gefrierbeständigkeit)

Eine Erhöhung der Frischbetontemperatur	um	1,0 K
erfordert eine Temperaturerhöhung:		
des Zements	um	10,0 K
oder		
des Zugabewassers	um	3,5 K
oder		
der Gesteinskörnung	um	1,6 K



Nachbehandlung

- Freie Betonoberflächen abdecken, niemals direkt mit Heizaggregaten bestrahlen
- Längere Nachbehandlungszeiten
- Beton länger in der Schalung belassen
- Eventuell Einsatz von beheizten Zelten
- Nach Entfernen der Dämmmatten Beton langsam auskühlen, um große Temperaturgradienten zu vermeiden
- Bei Betonwaren Austrocknung/Verdunstung in der Härtekammer vermeiden (z. B. durch Wasserdampfzufuhr)
- Betonwaren nach Härtekammer möglichst gut belüftet lagern (nicht zu dicht stapeln, Fremdwasserzutritt vermeiden)

Schutz vor Ausblühungen

- Geeigneter Schutz vor Witterung und Kondenswasser bis zum Erreichen einer dichten Betonrandzone, um optischen Beeinträchtigungen durch Ausblühungen vorzubeugen
- Sichtbetone nicht vor oder während stärkerer Niederschläge entschalen und nicht kurz nach dem Entschalen mit Wasser besprühen
- Folienabdeckungen, auch an senkrechten Wänden, dürfen nicht in Kontakt mit der Betonoberfläche kommen (z. B. Verwendung von Abstandhaltern)

Bauteilnutzung

- Die erstmalige Belastung des Betons mit Taumitteln sollte möglichst spät erfolgen. Dabei ist auch auf Sprüh- oder Fahrnebel zu achten.



Glossar

Gefrierbeständigkeit: Eigenschaft des jungen Betons, wenn er durch wenige Frost-Tau-Wechsel nicht mehr geschädigt wird; wird im Allgemeinen bei einer Druckfestigkeit f_{cm} von 5 N/mm² erreicht; Beton muss bis zum Erreichen der Gefrierbeständigkeit vor Frost geschützt werden

Frostbeständigkeit: Eigenschaft des erhärteten Betons, wenn er im durchfeuchteten Zustand durch zahlreiche Frost-Tau-Wechsel über Jahre nicht geschädigt wird (Anforderungen siehe Expositionsklassen XF)

Nachbehandlung: Ausschließlich Maßnahmen, die das vorzeitige Austrocknen des Betons verhindern, beginnend vom Einbringen des Betons bis zum Erreichen eines erforderlichen Hydratationsgrades

Schutz des Betons: Maßnahmen zur Verhinderung von Schäden durch niedrige Temperaturen, beginnend vom Einbringen des Betons bis zum Erreichen der Gefrierbeständigkeit

Überschlägige Berechnung der Mischungstemperatur T_m

$$T_m = 0,1 T_b + 0,2 T_w + 0,7 T_g$$

T_b – Bindemitteltemperatur

T_w – Zugabewassertemperatur

T_g – Gesteinskörnungstemperatur

CEMEX Kundencenter Zement

Immer erreichbar, wenn es darauf ankommt

■ Bestellung ■ Betreuung ■ Beratung

0180-2900011*
kundencenter-zement.de@cemex.com

* 6 Cent/Anruf aus dem deutschen Festnetz,
ggf. abweichende Tarife aus Mobilfunknetzen

Partnerschaft auf einen Blick

Vertriebsbüro West

CEMEX WestZement GmbH
CEMEX HüttenZement GmbH
Am Kollenbach 27
59269 Beckum
Tel.: (0 25 21) 157-290
Fax: (0 25 21) 157-299

Vertriebsbüro Ost

CEMEX OstZement GmbH
Frankfurter Chaussee
15562 Rüdersdorf bei Berlin
Tel.: (0 33 63 8) 54-205
Fax: (0 33 63 8) 54-299

Vertrieb

de-vertrieb.zement@cemex.com

Anwendungstechnik

CEMEX WestZement GmbH
CEMEX HüttenZement GmbH
Im Karrenberg 36
44329 Dortmund
Tel.: (02 31) 8 95 01-220
Fax: (02 31) 8 95 01-219

Anwendungstechnik

CEMEX OstZement GmbH
Frankfurter Chaussee
15562 Rüdersdorf bei Berlin
Tel.: (0 33 63 8) 54-220
Fax: (0 33 63 8) 54-299

Anwendungstechnik

de-awt.zement@cemex.com

www.cemex.de
info.de@cemex.com

Stand 09/2007

