

Betoneinbau bei niedrigen Temperaturen

Beim Betonieren im Winter sind besondere Maßnahmen erforderlich. Der Betontransport, das Fördern und der Einbau muss so geplant werden, dass ein Temperaturverlust des Betons minimiert wird. Hierfür ist eine geeignete Ausrüstung mit Winterschuttmatten ebenso notwendig wie eine gezielte Planung des Betoniervorgangs. Ziel ist die zeitliche Verkürzung des Einbaus bis zum Schutz der freien Oberflächen durch Auflage von Luftpolsterfolien oder Winterschuttmatten. Nach VOB Teil C DIN 18331 gehören Vorsorge- und Schutzmaßnahmen für das Betonieren unter +5 °C Lufttemperatur zu besonderen Leistungen. Der Planer muss diese im Leistungsverzeichnis (LV) hinreichend beschreiben. Übliche Nachbehandlungsmaßnahmen nach DIN EN 13670 und DIN 1045-3 bei Lufttemperaturen über +5 °C sind dagegen auch ohne besondere Erwähnung im LV vom Bauausführenden zu erbringen.

Anforderungen aus Regelwerken an zulässige Temperaturen

DIN EN 13670 und DIN 1045-3: Aufzeichnungen für Beton der ÜK 2 und ÜK 3

- Lufttemperatur, Witterungsverhältnisse vermerken
- Bei Lufttemperaturen $\leq +5$ °C : Frischbetontemperatur messen / aufzeichnen

Tabelle: Einzuhaltende Frischbetontemperaturen in Abhängigkeit der Lufttemperatur:

	Lufttemperatur			
	hohe sommerliche Temperaturen	zwischen +5 °C und –3 °C		Frost unter –3 °C
Randbedingung	-	-	wenn Zementgehalt < 240 kg/m ³ oder LH-Zement (low heat)	-
Frischbetontemperatur	$\leq +30$ °C	$\geq +5$ °C	$\geq +10$ °C	$\geq +10$ °C
Maßnahmen	(evtl. Kühlung des Frischbetons im TB-Werk anfragen)		evtl. Winterbaumaßnahmen beachten	Frischbetontemperatur mindestens 3 Tage lang halten; Beton schützen, bis Festigkeit ausreichend (Winterbaumaßnahmen planen)

Beton muss bei Luftfrost in der ersten Nacht an der Oberfläche vor dem Einfrieren z.B. durch Winterschuttmatten geschützt werden. Der Beton erreicht eine Gefrierbeständigkeit gegen einmaliges Einfrieren, wenn...

- die Betontemperatur über mind. 3 Tage auf +10 °C gehalten wurde.
- mittlere Betondruckfestigkeit $f_{cm} = 5$ N/mm² erreicht ist.

<i>Bewehren:</i>	Mindesttemperatur des Stahls beim Biegen: 0 °C. bei –5 °C bis 0 °C Stahltemperatur: Biegegeschwindigkeit angemessen verringern.
<i>Vorbereitung des Betonierens:</i>	Erdreich, Fels, Schalung oder den Beton berührende Bauteile dürfen den Beton nicht gefrieren lassen, bevor er eine ausreichende Festigkeit besitzt.
<i>Nachbehandlung:</i>	Während der ersten Tage der Hydratation ist das Gefrieren zu verhindern.
<i>Ausschalfristen:</i>	Schalungen und Gerüste dürfen erst entfernt werden, wenn der Beton eine ausreichende Festigkeit erreicht hat (evtl. Erhärtungs- oder Reifegradprüfung sinnvoll).

Spannglieder: Vorspannen bei Temperaturen < -10 °C ist nur mit besonderen Maßnahmen erlaubt.

ZTV-ING Teil 3: Massivbau

Spannarbeiten:

- Luft- und Bauwerkstemperatur protokollieren
- Beim Einpressen durch Schutzmaßnahmen eine Bauwerkstemperatur von mind. +5 °C sicherstellen
- Hüllrohre frei von Eis halten

Nachbehandeln:

- ohne Nachweis Nachbehandlungsdauer nach DIN 1045-3 verdoppeln (70 % f_{ck})
- gegen Frosteinwirkung Schutzmaßnahmen treffen, bis Beton-Würfeldruckfestigkeit $\geq 5 \text{ N/mm}^2$ (Gefrierbeständigkeit)

ZTV-W LB 215 (Neubau Wasserbauanlagen)

Ein Winterszenario ist nach dem BAW-Merkblatt „Rissbreitenbegrenzung“ dann gegeben, wenn die Frischbetontemperatur 15 °C und die Umgebungstemperatur während der gesamten Hydratationsphase 10 °C nicht übersteigen.

Betonzusammensetzung

Eine günstige Betonzusammensetzung kann im Winter durch nachfolgend aufgeführte Anpassungen erreicht werden. Ziel ist eine schnellere und frühzeitige Erhärtung, die mit einer Wärmefreisetzung des Betons einhergeht. Bei der Planung der Maßnahmen ist auf jeden Fall der Tragwerksplaner einzubinden, da Annahmen innerhalb der Bemessung betroffen sind.

- Zemente höherer Festigkeitsklasse wählen (z.B. 42,5 R)
- Zementgehalt erhöhen ($> 300 \text{ kg/m}^3$) bzw. kein Ersatz von Zement durch Flugasche
- Herabsetzung des Wasserzementwertes (z.B. durch Verwendung von BV oder FM)
- angewärmten Beton verwenden (Anwärmen des Zugabewassers, ggf. der Gesteinskörnung)

Betonieren im Winter

Vorplanung:

- Genauen Betonierplan vorgeben (Zeitpunkt, Baustelleneinrichtung, Bauablauf, Schutzmaßnahmen).
- Wärmeverluste durch Transport- und Wartezeit einkalkulieren. Die Abkühlung des Betons während des Transports im Fahrmischer kann bis zu 3 °C je 15 min betragen. Die bestellte Liefertemperatur muss bei Übergabe auf der Baustelle vorhanden sein.
- Die Abkühlung des Betons beim Fördern und während des Einbaus ist zu berücksichtigen. Der Einbau ist zügig vorzunehmen.
- Beteiligtes Betonpersonal in die Besonderheiten des Winterbaus einweisen.

Betoneinbau:

- günstigste Tageszeit zum Betonieren ist meist der Nachmittag, wenn Untergrund, Schalung und Bewehrung durch Sonneneinstrahlung erwärmt wurde
- lange Wartezeiten der Fahrmischer vermeiden
- vorgewärmten Beton zügig einbauen, sofort verdichten, umgehend vor Wärmeverlusten schützen - i.d.R. ist hierfür mehr Personal erforderlich
- Beton nicht auf gefrorene Unterlage aufbringen (Ausnahmeregelung bei geringer Frosttiefe siehe DBV-Merkblatt „Betonieren im Winter“).
- Frischbetontemperatur innerhalb der äußeren max. 2 cm tiefen Betonrandzone bei Abnahme und nach Einbau laufend kontrollieren und dokumentieren. (Infrarot o. Auflagethermometer, einbetonierte Messdrähte für Datenlogger oder Einstechlöcher für Temperaturmessungen z.B. durch eingefettete Rundstähle)
- Betonoberflächen nicht zu früh abziehen

Schutz des Betons vor dem Abkühlen bzw. Gefrieren

- Beton frühzeitig vor Wärmeverlusten schützen; sofort nach Verdichten abdecken (Frischbetontemperaturen kontrollieren, $+5\text{ °C} \leq t_{\text{Frischbeton}} \leq +25\text{ °C}$)
- Betonoberfläche vor Feuchtigkeitsverlust schützen (Folienabdeckung, Vorsicht bei Beheizung)
- bei starker Kälte: Nachbehandlung mit Erwärmung (beheizbare Einhausung/ Wetterschutz, Einsatz von Heizgeräten)
 - Achtung:* Beton darf nicht übermäßig schnell austrocknen (Nachbehandlung!)
 - Betonoberfläche, auch junger Beton darf nicht mit großen Mengen CO_2 in Berührung kommen (z.B. Abgase von Motorheizgeräten)
- besonders Ecken und Ränder gut dämmen
- Betonoberfläche vor Streusalz schützen (andere Gewerke informieren)!

Tabelle: Maßnahmen für das Betonieren im Winter in Abhängigkeit von der Temperatur
(nach DBV-Merkblatt: Betonieren im Winter, Deutscher Beton- und Bautechnikverein e.V., Berlin)

Temperaturbereich	übliche Maßnahmen	Vorkehrungen	bei ungünstigen Wettervorhersagen
+ 5 °C	☐ keine Wintermaßnahmen (übliche Nachbehandlung)	keine	☐ rechtzeitige Beschaffung von Abdeckmaterial sicherstellen ☐ Ersatzrezepturen vorsehen
+ 5 °C bis - 3 °C	☐ freie Betonflächen abdecken ☐ Mindesteinbautemperaturen beachten ☐ Ausschulfristen / Nachbehandlungszeiten verlängern ☐ Winterrezepturen verwenden	☐ Abdeckmaterial bereitstellen ☐ Temperaturmessung vorsehen ☐ frühzeitige Terminplanung ☐ Winterrezepturen auswählen	☐ Liefermöglichkeiten für Warmbeton klären ☐ rechtzeitige Beschaffung von Heizgeräten sicherstellen ☐ ggf. Ausfallzeiten einkalkulieren
- 3 °C bis - 10 °C	☐ Schalung und Bewehrung vor dem Betonieren abdecken ☐ Winterrezepturen verwenden ☐ Warmbeton verwenden ☐ Mindesteinbautemperaturen ☐ Stahlschalungen mit Wärmedämmung versehen ☐ Frisch betonierte Bauteile mit Wärmedämmung versehen, freie Betonflächen abdecken ☐ ggf. Einbauteile beheizen ☐ Ausschulfristen / Nachbehandlungszeiten verlängern	☐ Abdeckmaterial bereitstellen ☐ Winterrezepturen auswählen ☐ Warmbeton einplanen ☐ Temperaturmessung vorsehen ☐ Dämmmaterial bereitstellen ☐ geeignetes Schalmaterial bereitstellen ☐ Abdeckmaterial bereitstellen ☐ ggf. Heizgeräte bereitstellen ☐ angemessene Terminplanung	☐ rechtzeitige Beschaffung von Heizgeräten sicherstellen ☐ Dämmmöglichkeiten für Pumpleitungen vorsehen ☐ Ausfallzeiten einkalkulieren
unter - 10 °C	☐ Vollwetterschutz ☐ Mindesteinbautemperaturen beachten ☐ Wärmedämmende Schalung verwenden ☐ Schalung, Bewehrung vor Einbau beheizen ☐ Warmbeton verwenden ☐ Transportgefäße, Pumpleitungen mit Wärmedämmung versehen ☐ Schalung / Beton beheizen	☐ Vollwetterschutz planen ☐ Temperaturmessung vorsehen oder geeignetes Schal- bzw. Dämmmaterial bereitstellen ☐ Heizgeräte bereitstellen ☐ Warmbeton einplanen ☐ Abdeckmaterial bereitstellen	☐ Einsatzgrenzen der Maßnahmen beachten und ggf. Ausfallzeit einkalkulieren

Nach DIN EN 13670 und DIN 1045-3 ist zu beachten, dass bei durchschnittlichen Lufttemperaturen unter +5 °C die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern ist, in der die Temperatur unter +5 °C lag, sofern zum Nachbehandlungsnachweis die Luft- und nicht die Betontemperaturen herangezogen werden. Die Betontemperatur darf bis zum Erreichen der Gefrierbeständigkeit nicht unter 5 °C fallen. Die Betontemperatur ist in der Randzone des Betons in maximal 2 cm Tiefe zu bestimmen.

Der Beton wird als gefrierbeständig (gegen einmaliges Durchfrieren) angenommen, wenn er eine Druckfestigkeit von mindestens 5 N/mm² erreicht hat.

Ausschalfristen

Niedrige Betontemperaturen bewirken ein langsames Erstarren und Erhärten des Betons. Dies kann zu einem erhöhten Schalungsdruck und zu verlängerten Ausschalf Fristen führen. Ein verzögertes Erhärten kann höhere Endfestigkeiten bewirken. Beim Ausschalen von wärmedämmender Schalung Betontemperatur nicht zu schnell abkühlen lassen, ggf. erneut wärmedämmende Abdeckungen auflegen. Temperaturschocks durch Ausschalen sind zu vermeiden.

Der Bauleiter ordnet das Ausrüsten und Ausschalen als Verantwortlicher an, wenn der Beton eine ausreichende Festigkeit erreicht hat und die vorgesehenen Lasten aufnehmen kann. Zur Kontrolle können Erhärtungsprüfungen oder Reifegradmessungen (kontinuierliche Temperaturmessungen) begleitend durchgeführt werden. Die Ermittlung des Reifegrades ist sinnvoll, wenn die Festigkeitsentwicklung des Betons bei 20 °C bekannt ist (TB-Werk). Erschütterungen beim Ausschalen sind zu vermeiden. Alle zusätzlich aufgetragenen Lasten aus Arbeitsbetrieb sind zu berücksichtigen. Verformungen müssen gering bleiben. Gegebenenfalls sind bei Decken Hilfsstützen unmittelbar nach dem Ausschalen von Decken in den Drittelpunkten (bei L > 8 m, sonst mittig) anzuordnen.

Tabelle: Vorschlag/Anhaltswerte für Ausschalf Fristen in Tagen nach DBV-Merkblatt „Ausschalen und Ausschalf Fristen“

(Voraus.: max. 6 m lange Platten/Balken, Annahme $E = 0,70 \cdot E_{28d}$, Lastausnutzungsfaktor 70 %, Bauteiltemperatur $\geq 5\text{ °C}$)

Bauteiltemperatur in °C	Festigkeitsentwicklung des Betons (s. Lieferschein)		
	schnell	mittel	langsam
$\geq 15\text{ °C}$	4 Tage	8 Tage	14 Tage
$15\text{ °C} > \text{Temp.} \geq 5\text{ °C}$	6 Tage	12 Tage	20 Tage

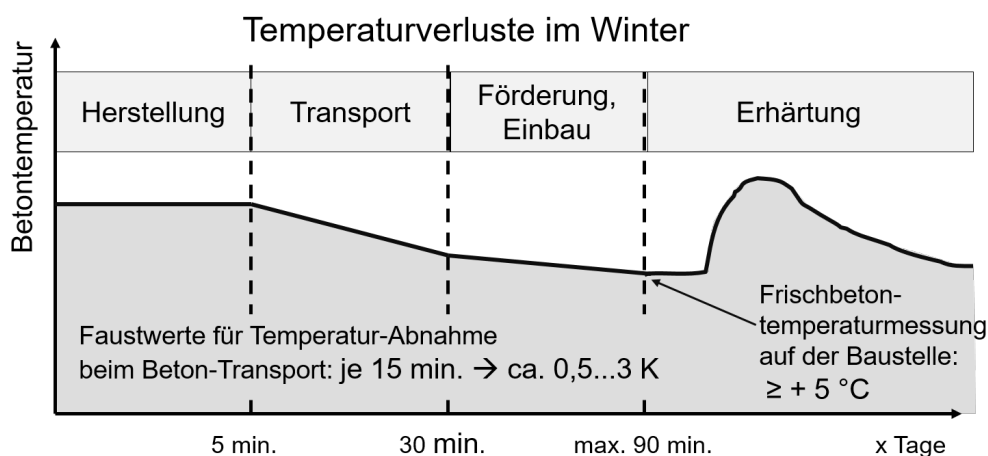


Bild: Temperaturverluste beim Transport und der Förderung von Beton im Winter