

Solange der fertigmischte Beton verarbeitet und verdichtet werden kann, wird er als Frischbeton bezeichnet. Er muss so zusammengesetzt sein, dass er mit den in Aussicht genommenen Verfahren für Fördern, Einbringen und Verdichten verarbeitbar und vollständig verdichtbar ist. Maßgebend ist, dass der erhärtete Beton die geforderten Festbetoneigenschaften aufweist.

■ 1 Bedeutung des Wassergehalts

Frischbeton wird hergestellt durch Mischen von Zement, grober und feiner Gesteinskörnung und Wasser. Durch den Einsatz von Zusatzmitteln und Zusatzstoffen ist es heute möglich, die erforderlichen Frischbetoneigenschaften mit einer Vielzahl von Festbetoneigenschaften zu kombinieren.

Zement und Wasser bilden den Zementleim. Nach dessen Erhärtung (Hydratation) entsteht Zementstein. Bei der Hydratation können Zusatzstoffe beteiligt sein. Über den wirksamen Wassergehalt und damit den Wasserzementwert können die Verarbeitbarkeit, aber insbesondere die Festigkeit und Dichtigkeit des Zementsteins und damit die Festbetoneigenschaften maßgeblich beeinflusst werden (Bild 1). Darüber hinaus können die Frisch- und Festbetoneigenschaften durch Zusatzmittelzugabe beeinflusst werden.

Im Normalbeton muss der Zementleim die Gesteinskörner umhüllen und verbliebene Hohlräume ausfüllen. Sein Anteil in der Mischung erhöht sich bei feinkörnigen gegenüber grobkörnigen Gesteinskörnungen sowie bei sehr kantigen oder rauen Kornoberflächen bzw. plattigen oder splittrigen Kornformen.

Der wirksame Wassergehalt setzt sich zusammen aus der an der Gesteinskörnung haftenden Oberflächenfeuchte, dem Wasseranteil in Zusatzmitteln und -stoffen sowie dem Zugabewasser (Tafel 1). Gesteinskörnungen mit porigem Gefüge saugen zusätzlich Wasser auf, die Kernfeuchte. Diese wirkt sich nicht auf die Konsistenz und den Wasserzementwert aus, kann jedoch eine vorteilhafte, innere Nachbehandlung bewirken, wenn die Kernfeuchte dem noch nicht hydratisierten Zement zu einem späteren Zeitpunkt wieder zur Verfügung gestellt wird. Wird die Gesteinsfeuchte poriger Gesteinskörnungen beim Gesamtwassergehalt dagegen nicht berücksichtigt, ist mit einer steiferen Konsistenz des Frischbetons und mit Verbundstörungen beim Festbeton zu rechnen.

■ 2 Anforderungen an das Zugabewasser

Als geeignet gilt Trinkwasser sowie im Allgemeinen in der Natur vorkommendes Wasser, soweit es nicht Bestandteile enthält, die das Erhärten oder andere Eigenschaften des Betons ungünstig beeinflussen oder den Korrosionsschutz der Bewehrung beeinträchtigen. Die Anforderungen an Zugabewasser regelt DIN EN 1008 [1].

Als geeignet gilt auch Restwasser aus Wiederaufbereitungsanlagen der Betonherstellung nach DIN EN 1008. Für die Herstellung von hochfestem Beton und LP-Beton darf Restwasser nicht verwendet werden. Die Anforderungen an Restwasser regelt ebenfalls DIN EN 1008 [1].

■ 3 Der Wasserzementwert

Das Massenverhältnis des wirksamen Wassergehalts zum Zementgehalt, bezogen auf 1 m³ verdichteten Frischbeton, nennt man Wasserzementwert.

$$\text{Wasserzementwert } w/z = \frac{\text{Masse des Wassers } w}{\text{Masse des Zements } z}$$

Tafel 1: Zusammensetzung des Gesamtwassergehalts

Oberflächenfeuchte	Wasseranteil in Zusatzmitteln und -stoffen	Zugabewasser	Kernfeuchte
Gesamtwassergehalt			
wirksamer Wassergehalt			

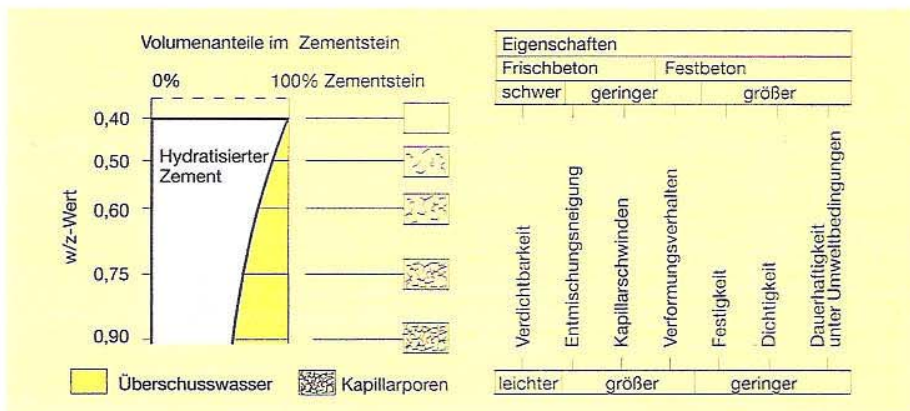


Bild 1: Frisch- und Festbetoneigenschaften in Abhängigkeit vom Wasserzementwert

Beispiel:

165 l = 165 kg Wasser und 300 kg Zement ergeben einen Wasserzementwert von

$$w/z = \frac{165}{300} = 0,55$$

Enthält der Beton bei gleicher Zementmenge 210 l statt 165 l Wasser, steigt der Wasserzementwert.

Beispiel:

210 l = 210 kg Wasser und 300 kg Zement ergeben einen Wasserzementwert von

$$w/z = \frac{210}{300} = 0,70$$

Werden auf den Zementgehalt anrechenbare Zusatzstoffe, z.B. Flugasche, verwendet, wird ein äquivalenter Wasserzementwert $(w/z)_{eq}$ ermittelt (siehe auch Zement-Merkblatt B16 „Hochfester Beton/Hochleistungsbeton“ [2]).

Beispiel:

165 l = 165 kg Wasser, 280 kg Zement und 60 kg anrechenbare Flugasche ($k = 0,4$) ergeben einen äquivalenten Wasserzementwert von

$$(w/z)_{eq} = 165 / (280 + 0,4 \cdot 60) = 0,54$$

Der Zement kann chemisch und physikalisch eine Wassermenge von rund 40 % seiner Masse ($w/z = 0,40$) binden. Weist ein Zementleim einen höheren Wasserzementwert auf, so bezeichnet man das nicht gebundene Wasser als Überschusswasser. Es hinterlässt verästelte, saugfähige (Kapillar-) Poren.

■ 4 Festlegen des Wasserzementwertes

Für die jeweiligen Expositionsklassen des Betons ist der Wasserzementwert zu begrenzen, um eine ausreichende Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit des Zementsteingefüges zu erhalten.

Bei der Ermittlung des Wasserzementwertes für die Festlegungen nach Tafel 1 darf kein Einzelwert den Grenzwert um mehr als 0,02 überschreiten.

Tafel 2: Maximale Wasserzementwerte [3, 4]

Expositionsklassen, Betoneigenschaften	w/z-Wert
XC1, XC2	0,75
XC3	0,65
XC4, XF1, XA1	0,60
XD1, XS1, XF2 ¹⁾ , XF3 ¹⁾ , XM1, XM2 ²⁾	0,55
XD2, XS2, XF2, XF3, XF4, XA2	0,50
XD3, XS3, XA3, XM2, XM3	0,45
hoher Wassereindringwiderstand (Bauteildicke bis 40 cm) Unterwasserbeton	0,60
Flüssigkeitsdichter Beton (FD-Beton)	0,50

¹⁾ LP-Beton

²⁾ nur mit Oberflächenbehandlung

Für die gewünschte Betondruckfestigkeit kann der erforderliche Wasserzementwert über die Zementdruckfestigkeit abgeschätzt werden, siehe Bild 2. Bei Zugabe von Zusatzmitteln und -stoffen können sich deutliche Veränderungen der Abhängigkeiten zwischen Wasserzementwert, Zementdruckfestigkeit und Betondruckfestigkeit ergeben.

■ 5 Konsistenz

Eine wesentliche Frischbetoneigenschaft ist die Konsistenz. Die Konsistenz beschreibt in der Betontechnologie übergeordnet die Verarbeitbarkeit, die Verdichtbarkeit, die Förderbarkeit und die Einbaubarkeit des Betons. Der Frischbeton kann mit verschiedenen Prüfverfahren Konsistenzklassen zugeordnet werden. Nach [3] sind vier verschiedene Konsistenzprüfverfahren möglich mit der Zuordnung des Frischbetons in die folgenden zugehörigen Konsistenzklassen:

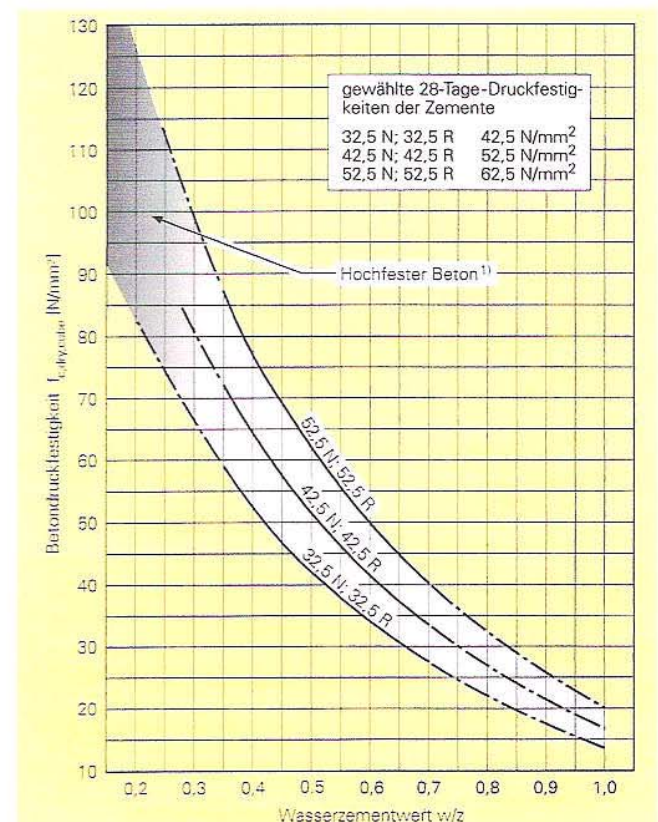
Setzmaßklassen S1 bis S5 nach DIN EN 12350-2 [6]

Setzzeitklassen V0 bis V4 (Vebé) nach DIN EN 12350-3 [7]

Verdichtungsklassen C0 bis C4 nach DIN EN 12350-4 [8]

Ausbreitmaßklassen F1 bis F6 nach DIN EN 12350-5 [9]

In Deutschland sind vorzugsweise das Ausbreitmaß und für steifere Konsistenzen das Verdichtungsmaß zu verwenden (Tafel 3).



¹⁾ Bei hochfestem Beton verliert der Einfluss der Zementdruckfestigkeit an Bedeutung.

Erläuterungen zum Diagramm:

$f_{c,hydrat}$: mittlere 28-Tage-Betondruckfestigkeit von 150 mm-Probewürfeln; Lagerung nach DIN EN 12390-2, Nationaler Anhang (1 Tag in Form, 6 Tage in Wasser 21 Tage an der Luft)

Bild 2: Zusammenhang zwischen Betondruckfestigkeit, Festigkeitsklasse des Zements und Wasserzementwert (in Anlehnung an [5])

Tafel 3: Konsistenz des Frischbetons (Klassen F und C)

Konsistenzklasse	C0	F1 C1	F2 C2	F3 C3	F4	F5	F6
Ausbreitmaß [cm]	–	≤ 34	35...41	42...48	49...55	56...62	≥ 63
Verdichtungsmaß c [-]	≥ 1,46	1,45...1,26	1,25...1,11	1,10...1,04	–	–	–
Konsistenzbeschreibung	sehr steif	steif	plastisch	weich	sehr weich	fließfähig	sehr fließfähig
Eigenschaften des Feinmörtels	erdfeucht	erdfeucht und etwas nasser	weich	flüssig	sehr flüssig		
Eigenschaften des Frischbetons beim Schütten	lose	lose/schollig	schollig bis zusammenhängend	schwach fließend	fließend		
Verdichtungsart	kräftig wirkende Rüttler und/oder kräftiges Stampfen bei dünner Schüttlage		Rütteln	Rütteln	„Entlüften“ durch Stochern oder leichtes Rütteln		

Betone der Konsistenzklassen ≥ F4 sind mit Fließmitteln herzustellen. Betone der Konsistenzklassen F5 und F6 werden als „leichtverdichtbare Betone“ bezeichnet.

6 Bestimmen der Frischbetonkonsistenz

6.1 Ausbreitmaß nach DIN EN 12350-5 (Bild 3)

Über das Ausbreitmaß kann der Frischbeton den Konsistenzklassen F1 – steif, F2 – plastisch, F3 – weich, F4 – sehr weich, F5 – fließfähig oder F6 – sehr fließfähig zugeordnet werden. Für Ausbreitmaße ≤ 34 cm und > 60 cm ist die Messung des Ausbreitmaßes mit dem Verfahren nach DIN EN 12350-5 ungeeignet.

Durch folgende Einflüsse kann das Prüfergebn verfälscht werden

- Nachschwingen (sog. „Springen“) des Ausbreittisches meist durch unrichtige Lagerung oder ungeeigneten Untergrund
- Erschütterungen durch hartes Anschlagen an der oberen Hebebegrenzung (manueller Prüffehler)
- Verringerung der Fallgeschwindigkeit der Tischplatte durch zu langsames Öffnen der Finger.

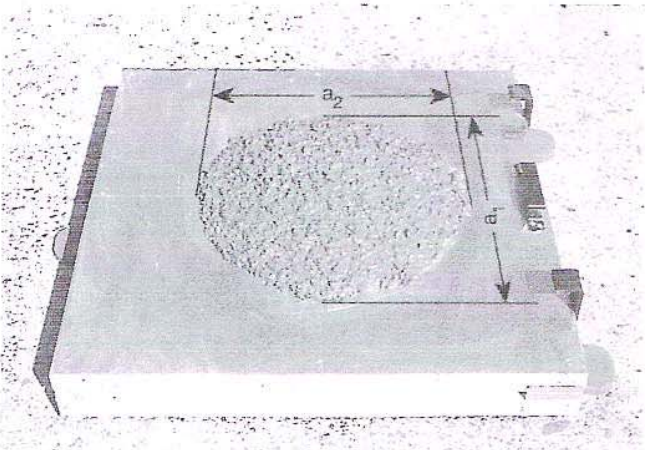


Bild 3: Bestimmen des Ausbreitmaßes

Infolge der beiden erstgenannten Prüfeinflüsse werden zu große Ausbreitmaße gemessen. Dies sollte stets beachtet werden, insbesondere dann, wenn eine obere Grenze des Ausbreitmaßes als „hartes“ Abnahmekriterium vereinbart wurde. Im letzten Fall wird ein zu kleines Ausbreitmaß gemessen.

Durchführung:

- Ausbreittisch auf ebene, horizontale, feste und rückprallfreie Oberfläche stellen (Sandbett)
- Funktionsfähigkeit überprüfen
- Gereinigte Tischplatte und Form matt anfeuchten
- Form mittig auf Tischplatte stellen und ausrichten
- Form mit Schaufel in zwei gleichen Betonschichten füllen
- Jede Schicht durch 10 leichte Stöße mit Stößel ausgleichen
- Überstand ohne Verdichtungseinwirkung bündig abstreichen
- Freie Tischplatte von Beton säubern
- Form an den Handgriffen langsam vertikal anheben
- Aufstellrahmen über die Trittleche fixieren
- Tischplatte am Handgriff 15 mal ruckfrei bis zum Anschlag anheben und frei fallen lassen. Jeder Einzelvorgang ≥ 2 s und ≤ 5 s
- Durchmesser d_1 und d_2 des Betonkuchens parallel zu den Tischkanten auf 1 cm gerundet messen
- Ausbreitmaß ermitteln: $(d_1 + d_2) : 2$ und auf 1 cm gerundet angeben

Beispiel:

gemessen: $d_1 = 46$ cm und $d_2 = 48$ cm

Mittelwert: $(46 \text{ cm} + 48 \text{ cm}) : 2 = 47$ cm

Zuordnung nach Tafel 2: Konsistenzklasse F3 – weich

6.2 Verdichtungsmaß nach DIN EN 12350-4 (Bild 4)

Über das Verdichtungsmaß c kann der Frischbeton der Konsistenzklasse C0 – sehr steif, C1 – steif, C2 – plastisch oder C3 – weich zugeordnet werden. Verdichtungsmaße < 1,04 oder > 1,45 stellen keine gültigen Messungen dar.

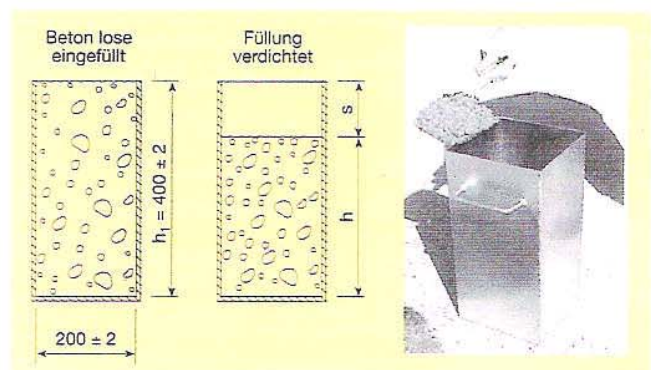


Bild 4: Bestimmen des Verdichtungsmaßes

Durchführung:

- Innenflächen des sauberen Behälters matt anfeuchten
- Frischbeton mit einer Kelle nacheinander reihum über alle 4 Oberkanten des Behälters einfüllen, ohne zu verdichten,
- Überstehenden Beton mit Abstreichlineal in Sägebewegung ohne Verdichtungswirkung über die Oberkanten entfernen
- Beton auf Rütteltisch oder mit Innenrüttler verdichten, bis sein Volumen nicht mehr abnimmt
- Gegebenenfalls unebene Oberfläche durch leichtes Stampfen ebenen
- An jeder Seitenmitte des Behälters Abstand zwischen Betonoberfläche und Oberkante Behälter messen
- Aus 4 Messungen den Mittelwert s in mm bestimmen
- Verdichtungsmaß c ermitteln und das Ergebnis auf 2 Dezimalstellen angeben.

Beispiel:

Abstand [mm] zwischen Betonoberfläche und Oberkante Behälter messen:

51
50
53
54

Mittelwert: $s = (51 + 50 + 53 + 54) \text{ mm} : 4 = 52 \text{ mm}$

Höhe verdichteter Beton: $h_1 - s = 400 \text{ mm} - 52 \text{ mm} = 348 \text{ mm}$

Verdichtungsmaß: $c = \frac{400 \text{ mm}}{348 \text{ mm}} = 1,15$

Zuordnung nach Tafel 2: Konsistenzklasse C2 – plastisch

■ 7 Bestimmung der Frischbetonrohddichte nach DIN EN 12350-6 [10]

Betone werden nach ihrer Rohddichte in Leichtbeton, (Normal-) Beton und Schwerbeton unterschieden. Die Frischbetonrohddichte gibt bei bekannter Sollrohddichte einen Hinweis auf die Vollständigkeit der Verdichtung. Außerdem kann auf die Gleichmäßigkeit der Betonzusammensetzung geschlossen werden.

Durchführung:

Für die Messung ist ein wasserdichter und ausreichend biege-steifer Behälter aus Metall mit glatten Innenflächen und glattgeschliffenem Rand zu verwenden: entweder der 8-l-Topf des Druckmessgeräts (LP-Topf, siehe Abschnitt 8), oder auch eine Form beim Herstellen von Probekörpern, z.B. Würfel (siehe Abschnitt 9).

Die Verwendung eines Aufsatzes zum leichteren Einfüllen ist freigestellt. Es kann mit Innenrüttler, Rütteltisch, Stab oder Stampfer verdichtet werden.

- Frischbetonrohddichte D ermitteln und das Ergebnis auf $0,01 \text{ kg/dm}^3$ angeben:

D Frischbetonrohddichte [kg/dm^3]
 m_1 Masse des Behälters [kg]
 m_2 Masse des Behälters mit Masse Betonprobe [kg]
 V Volumen des Behälters [dm^3]

Beispiel:

Masse Behälter leer (m_1)	4,72 kg
Masse Behälter mit Betonprobe(m_2)	23,52 kg
Volumen Behälter (V)	8,00 dm^3

Frischbetonrohddichte

$D = (23,52 \text{ kg} - 4,72 \text{ kg}) : 8,00 \text{ dm}^3 = 2,35 \text{ kg/dm}^3$

■ 8 Bestimmung des Luftgehalts nach DIN EN 12350-7 [11]

Auch gut zusammengesetzter Beton enthält nach sorgfältiger Verdichtung noch Verdichtungs-poren. Bei einem Beton mit 32 mm Größtkorn sind dies etwa 1 Vol.-% bis 2 Vol.-%. Mit kleiner werdendem Größtkorn nimmt das Volumen der Verdichtungs-poren im Allgemeinen zu. Der Luftgehalt gibt Hinweise auf die Verdichtbarkeit des Frischbetons und die daraus zu erwartenden Festbetoneigenschaften (Dichtigkeit, Dauerhaftigkeit).

Betone mit Anforderungen an einen hohen Widerstand gegen Frost- bzw. gegen Frost- und Taumittelangriff (XF) kann in den Expositions-klassen XF2 und XF3 bzw. muss in der Expositions-klasse XF4 mit Luftporenbildner (LP) hergestellt werden. Die durch den Luftporenbildner erzeugten künstlichen Luftporen sind sehr klein und kugelig. Als Nebeneffekt wird das Zusammenhaltevermögen und die Verarbeitbarkeit des Frischbetons verbessert, verbunden mit einem Festigkeitsabfall, der sich betontechnologisch ausgleichen lässt. Der Luftgehalt (Verdichtungs-poren, Luftporen) lässt sich mit dem Druckausgleichsverfahren bestimmen. Gleichzeitig wird meist auch die Frischbetonrohddichte ermittelt, siehe Abschnitt 7.

Durchführung:

- Leeren, sauberen Topf des Druckmessgeräts (Bild 5, siehe 1) matt anfeuchten und wiegen
- Beton in 3 etwa gleich hohen Schichten einfüllen
- Jede Schicht vollständig verdichten mit Innenrüttler, Rütteltisch, Stab oder Stampfer
- Letzte Schicht möglichst so bemessen, dass kein überschüssiger Beton entfernt werden muss. Kleine Mengen dürfen zugefügt und verdichtet werden

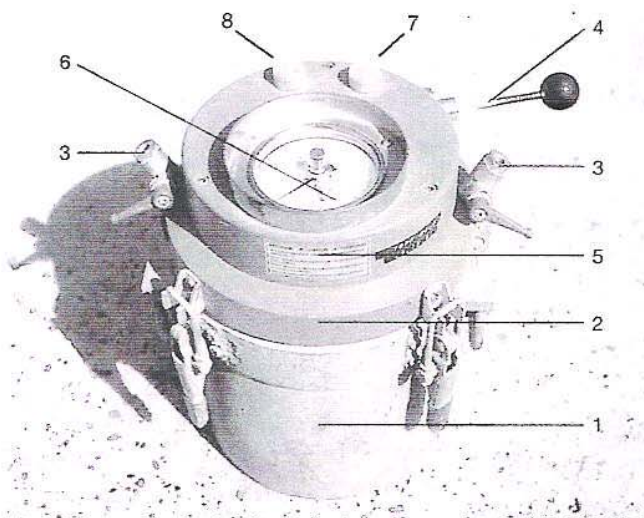


Bild 5: Druckausgleichsverfahren (LP-Topf)

- Gefäßbrand sorgfältig säubern
- Druckmesstopf mit Betonprobe wiegen
- Oberteil des Prüfgerätes (2) aufsetzen und befestigen
- Mit Gummispritze/Spritzflasche Wasser durch eines der beiden Ventile (3) einfüllen, bis es beim anderen Ventil luftblasenfrei wieder austritt
- Mit Schlägel leicht gegen das Gerät klopfen, noch enthaltene Luft austreiben, beide Ventile (3) schließen
- Pumpe (4) lösen, Luft in Luftkammer (5) pumpen bis Zeiger des Druckmessers (6) hinter der Eichmarke steht
- Feinregulierung (7) vornehmen, bis sich Zeiger mit der Eichmarkierung deckt
- Druckknopfventil (8) betätigen und gleichzeitig an die Behälterwand klopfen, bis Zeiger des Druckmessers (6) zur Ruhe kommt
- Luftgehalt des Frischbetons am Druckmesser (6) mit folgender Genauigkeit ablesen:

0 bis 3 Vol.-%	auf 0,1 %
3 bis 6 Vol.-%	auf 0,2 %
6 bis 10 Vol.-%	auf 0,5 %

■ 9 Herstellung und Lagerung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung nach DIN EN 12390-2 [12]

Die Druckfestigkeit von Festbeton wird bevorzugt an Würfeln mit 150 mm Kantenlänge (alternativ Zylinder, 150 mm, Länge 300 mm) geprüft. Mit der Herstellung der Probekörper ist auch die Frischbetonrohddichte festzustellen, siehe Abschnitt 7. Die Verwendung eines Aufsatzrahmens ist freigestellt aber unbedingt empfehlenswert.

Durchführung:

- Saubere Form wiegen
- Vor dem Füllen der Form Betonprobe mischen
- Frischbeton in mindestens 2 Schichten einbringen, wobei keine Schicht dicker als 10 cm sein sollte
- Jede Schicht vollständig verdichten mit Innenrüttler, Rütteltisch, Stab oder Stampfer
- Bei Verwendung eines Aufsatzrahmens die Betonmenge so bemessen, dass nach Verdichten eine Betonschicht von etwa 10 % bis 20 % der Probekörperhöhe im Aufsatzrahmen verbleibt
- Überstehenden Beton sorgfältig am oberen Rand der Form bündig abstreichen
- Form mit Betonprobe wiegen
- Probekörper deutlich und dauerhaft ohne Beschädigung kennzeichnen
- Aufzeichnungen, die eine Identifizierung des Probekörpers von der Probenahme bis zur Prüfung sicherstellen, sind aufzubewahren
- Probekörper für (24 ± 2) h in Form bei Lufttemperatur von 15 °C bis 22 °C im geschlossenen Raum lagern; anzustreben sind (20 ± 2) °C
- Vor Zugluft und Austrocknen schützen
- Während des Erstarrens vor Erschütterungen bewahren, z.B. beim Transport
- Probekörper entformen, 6 Tage auf Rost im Wasserbad mit Leitungswasser bei (20 ± 2) °C lagern
- Im Alter von 7 Tagen bis zur Prüfung im geschlossenen Raum, vor direkter Zugluft geschützt – bei 15 °C bis 22 °C – auf Lattenrost lagern; anzustreben sind (20 ± 2) °C bei einer relativen Luftfeuchte von (65 ± 5) %

■ 10 Temperatur

Die Frischbetontemperatur darf im Allgemeinen 30 °C nicht überschreiten, sonst muss durch besondere Maßnahmen sichergestellt werden, dass keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind. Für das Betonieren bei niedrigen Lufttemperaturen sind Mindesttemperaturen des Betons beim Betonieren einzuhalten, siehe Tafel 3. Beton darf in der Regel erst dann durchfrieren, wenn seine Temperatur für mindestens 3 Tage 10 °C nicht unterschritten hat oder die Betondruckfestigkeit $f_{cm} \geq 5$ N/mm² ist (Gefrierbeständigkeit von jungem Beton).

Tafel 4: Anforderungen an die Betontemperatur für das Betonieren bei niedrigen Temperaturen

Lufttemperatur	Mindesttemperatur des Frischbetons beim Einbringen
+5 °C bis -3 °C	+5 °C allgemein
	+10 °C bei Zementgehalt < 240 kg/m ³ oder LH- bzw. VLH-Zementen
unter -3 °C	+10 °C und Halten der Temperatur für mindestens 3 Tage

■ 11 Literatur

- [1] DIN EN 1008: Zugabewasser für Beton – Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton
- [2] Hochfester Beton/Hochleistungsbeton. Zement-Merkblatt B.16 (10.2002) Autor: Th. Richter, Hrsg: Bundesverband der Deutschen Zementindustrie
- [3] DIN EN 206-1: Beton – Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1: 2000
- [4] DIN 1045: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
- [5] Zement-Taschenbuch, 50. Ausgabe, Verein Deutscher Zementwerke e.V. (Hrsg.), Düsseldorf 2002
- [6] DIN EN 12350: Prüfung von Frischbeton, Teil 2: Setzmaß; Deutsche Fassung EN 12350-2:1999
- [7] DIN EN 12350: Prüfung von Frischbeton, Teil 3: Vebé-Prüfung; Deutsche Fassung EN 12350-3:1999
- [8] DIN EN 12350: Prüfung von Frischbeton, Teil 4: Verdichtungsmaß; Deutsche Fassung EN 12350-4:1999
- [9] DIN EN 12350: Prüfung von Frischbeton, Teil 5: Ausbreitmaß; Deutsche Fassung EN 12350-5:1999
- [10] DIN EN 12350: Prüfung von Frischbeton, Teil 6: Frischbetonrohddichte; Deutsche Fassung EN 12350-6:1999
- [11] DIN EN 12350: Prüfung von Frischbeton, Teil 7: Luftgehalte – Druckverfahren; Deutsche Fassung EN 12350-7:1999
- [12] DIN EN 12390: Prüfung von Festbeton, Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung nach DIN EN 12390-2; Deutsche Fassung EN 12390-2:2000