

Die Betonnormen DIN EN 206-1 [1], DIN 1045-2 [2] und DIN 1045-3 [3], die die deutschen Anwendungsregeln zur DIN EN 13670 [4] enthält, unterscheiden zwischen Standardbeton, Beton nach Eigenschaften und Beton nach Zusammensetzung.

Für **Standardbeton** gelten gewisse Einschränkungen und Grenzwerte. Zur Erzielung der geforderten Eigenschaften ist seine Zusammensetzung mit entsprechenden Sicherheiten ausgestattet. Seine Anwendung ist auf wenige Druckfestigkeits- und Expositionsklassen beschränkt. Die bei der Herstellung und Verarbeitung vorgeschriebenen Überwachungen sind demzufolge vergleichsweise gering.

Bei der Verarbeitung von **Beton nach Eigenschaften** bestellt das ausführende Unternehmen den Beton beim Transportbetonhersteller anhand der festgelegten Frisch- und Festbetoneigenschaften sowie der geforderten Expositionsklassen. Der Betonhersteller ermittelt aus diesen Vorgaben die normgerechte und technisch erforderliche Betonzusammensetzung und gewährleistet die bestellten Betoneigenschaften.

Bei der Verwendung von **Beton nach Zusammensetzung** gibt der Besteller des Betons dem Hersteller die Betonzusammensetzung vor. Im Allgemeinen ist der Besteller das ausführende Bauunternehmen. Für das Erreichen der geplanten Betoneigenschaften ist nach den Regelungen der Norm der „Verfasser der Festlegung“ verantwortlich. In Abhängigkeit von den vertraglichen Regelungen kann dies der Auftraggeber oder das ausführende Bauunternehmen sein. In der Praxis ist dies üblicherweise derjenige, der die Erstprüfung des Betons mit der gewählten Zusammensetzung durchführt und die erforderlichen Eigenschaften auch während der Produktion nachweist. Die Verwendung von Beton nach Zusammensetzung erfordert besonders betontechnologisch qualifiziertes Personal und ein entsprechend ausgerüstetes Prüflabor für die Durchführung der Erstprüfung und aller weiteren Prüfungen, die im Rahmen der Betonherstellung erforderlich sind.

Die unterschiedlichen Verantwortungsbereiche bei Herstellung und Verarbeitung der vorgenannten Betone sind in Tafel 1 zusammengefasst. Beton nach Eigenschaften ist der in der Praxis überwiegend verwendete Beton. Aus diesem Grunde wird nachstehend vor allem die Überwachung von Beton nach Eigenschaften auf der Baustelle behandelt.

■ 1 Überwachung durch das Bauunternehmen (Betone der Überwachungsklassen 1, 2 und 3)

Bauunternehmen müssen bei der Herstellung von Betonbauwerken durch eine regelmäßige Überwachung aller Tätigkeiten sicherstellen, dass ihre Leistung in Übereinstimmung mit den geltenden Regelwerken und der Projektbeschreibung erfolgt. Die verwendeten Baustoffe und Bauteile müssen auf der Baustelle auf ihre Übereinstimmung mit diesen Anforderungen überprüft werden. Nicht ausreichend gekennzeichnete und nicht regelwerkskonforme Baustoffe oder Bauteile dürfen nicht eingebaut werden. Dies gilt insbesondere für den Baustoff Beton, der überwiegend als Transportbeton auf die Baustelle geliefert und dort verarbeitet wird.

Je nach Baumaßnahme wird zur Qualitätssicherung des Betons ein unterschiedlich hoher Überwachungsaufwand gefordert. Die DIN EN 13670/DIN 1045-3 [4,3] formuliert mit den Überwachungsklassen 1, 2 und 3 ein mehrstufiges Überwachungssystem (Tafel 2). Die Anforderungen an die Überprüfung der maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften nehmen mit aufsteigender Überwachungsklasse zu. Die Überwachungsklassen 1 und 2 regeln die Überwachung von Beton der Druckfestigkeitsklassen bis einschließlich C50/60 bzw. LC25/28 (bis Rohdichteklasse D1,4) und LC35/38 (ab Rohdichteklasse D1,6). Der Überwachungsaufwand und die Klasseneinteilung richten sich neben der Festigkeitsklasse vor allem auch nach den geforderten Expositionsklassen (Tafel 2), wobei für die Zuordnung die höchste zutreffende Überwachungsklasse maßgebend ist. Die Überwachungsklasse 3 betrifft hohe Druckfestigkeitsklassen für die so genannten hochfesten Betone.

Tafel 1: Verantwortungsbereiche bei Herstellung und Verarbeitung

Beton nach Eigenschaften	Beton nach Zusammensetzung	Standardbeton
Verfasser der Festlegung legt Betoneigenschaften fest.	Verfasser der Festlegung legt Zusammensetzung fest und ist verantwortlich für beabsichtigte Leistungsfähigkeit des Betons (Betoneigenschaften).	Nur ≤ C16/20 X0, XC1, XC2
Hersteller (TB) ¹⁾ ist verantwortlich für Erfüllung der Betoneigenschaften (führt Konformitäts- und Produktionskontrolle durch).	Hersteller (TB) ¹⁾ ist nur verantwortlich für das Einhalten der vorgegebenen Zusammensetzung des Betons.	Erfüllung der Eigenschaften sind hinreichend durch die Vorgaben der Norm abgedeckt.
Verwender (BU) ²⁾ ist verantwortlich für Überprüfung maßgeblicher Frisch- und Festbetoneigenschaften auf der Baustelle und Einbau (Überwachungsprüfung/Identitätsprüfung).	Verwender (BU) ²⁾ führt auf der Baustelle Konformitäts- und Produktionskontrolle sowie den Einbau des Betons durch.	Verwender (BU): Lieferscheinkontrolle, Gleichmäßigkeit, ggf. Konsistenzprüfung, Einbau.

¹⁾ Transportbetonhersteller

²⁾ Bauunternehmer

Tafel 2: Überwachungsklassen für Beton

Gegenstand	Überwachungsklasse 1	Überwachungsklasse 2 ¹⁾	Überwachungsklasse 3 ¹⁾
Druckfestigkeitsklasse für Normal- und Schwerbeton	≤ C25/30 ²⁾	≥ C30/37 und ≤ C50/60	≥ C55/67
Druckfestigkeitsklasse für Leichtbeton der Rohdichteklassen D1,0 bis D1,4 D1,6 bis D2,0	nicht anwendbar	≤ LC25/28	≥ LC30/33
	≤ LC25/28	LC 30/33 und LC 35/38	≥ LC40/44
Expositionsklasse	X0, XC, XF1	XS, XD, XA, XM ³⁾ , XF2, XF3, XF4	–
Besondere Betoneigenschaften ⁴⁾	Stahlfaserbeton der Leistungsklasse LK ≤ L1-1,2	<ul style="list-style-type: none"> – Beton für wasserundurchlässige Baukörper (z. B. Weiße Wannen)⁵⁾ – Unterwasserbeton – Beton für hohe Gebrauchstemperaturen T ≤ 250 °C – Strahlenschutzbeton (außerhalb des Kernkraftwerkbaus) – FD- /FDE-Betone gemäß Richtlinie des DAfStb [5] – Stahlfaserbeton der Leistungsklasse LK > L1-1,2 [6] – Selbstverdichtender Beton (SVB) [7] – Verzögerter Beton gemäß Richtlinie des DAfStb [8] – Spritzbeton 	–

¹⁾ Das Bauunternehmen muss im Rahmen der Eigenüberwachung über eine ständige Betonprüfstelle verfügen. Fremdüberwachung durch anerkannte Überwachungsstelle erforderlich.

²⁾ Spannbeton C25/30 ist stets in Überwachungsklasse 2 einzuordnen.

³⁾ Gilt nicht für übliche Industrieböden.

⁴⁾ Ggf. entsprechende Richtlinien des DAfStb beachten.

⁵⁾ Beton mit hohem Wassereindringwiderstand, z. B. für weiße Wannen [9], darf in die Überwachungsklasse 1 eingeordnet werden, wenn der Baukörper maximal nur zeitweilig aufstauendem Sickerwasser ausgesetzt ist und wenn in der Projektbeschreibung nichts anderes festgelegt ist.

Bei der Verarbeitung von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 muss zusätzlich zu einer weiter reichenden Überwachung durch das Bauunternehmen (siehe Abschnitt 2) eine Überwachung durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle nach Abschnitt 3 durchgeführt werden (Bild 1).

Darüber hinaus sind in DIN EN 13670/DIN 1045-3 [4, 3] verschiedene Regelungen und Anforderungen zu Schalung, Bewehrung, Verarbeitung und Nachbehandlung von Beton formuliert, die ungeachtet der Überwachungsklasse gelten. Verantwortlich für die ordnungsgemäße Durchführung aller in DIN EN 13670/DIN

1045-3 [4, 3] geforderten Überwachungsmaßnahmen auf der Baustelle ist die Bauleitung des ausführenden Unternehmens. Dies gilt unabhängig davon, ob eine firmeneigene oder eine externe ständige Betonprüfstelle die Durchführung der Überwachungsarbeiten des Betons übernommen hat.

Nachfolgend stehen die in der Norm vorgesehenen Prüfungen und Dokumentationen durch das ausführende Bauunternehmen für die Gewerke Schalen, Bewehren und Betonieren im Vordergrund. Die verantwortungsvolle Überwachung einer Betonbaustelle oder eines Betoniervorganges darf sich nicht nur auf die routinemäßige Abarbeitung normgemäßer Kontrollen beschränken. Das verantwortliche und fachkundige Aufsichtspersonal hat vor allem auf einen reibungslosen Bauablauf und materialgerechten Einsatz zu achten. Nur durch regelmäßige Präsenz vor Ort können z. B. Risiken, Unregelmäßigkeiten und Missverständnisse frühzeitig erkannt und behoben werden. Die fachliche Qualifikation und das Engagement des Aufsichtspersonals entscheiden im Zusammenspiel der beteiligten Gewerke maßgeblich über die Qualität des fertigen Bauwerks.

1.1 Überwachung von Gerüsten und Schalungen

Die Festlegung des Ausschalzeitpunktes liegt in der Verantwortung der Bauleitung. Vor dem Ausrüsten bzw. Ausschalen ist zu prüfen, ob der Beton eine ausreichende Festigkeit besitzt. Wenn die Überprüfung der Festigkeit durch Erhärtungsprüfungen oder eine Reifeberechnung erfolgt, sollten die Ergebnisse dokumentiert werden. Die Zeiten des Ausrüstens und Ausschalens, die Lufttemperatur und die Witterungsverhältnisse sind ungeachtet der Überwachungsklasse aufzuzeichnen. Anhaltswerte für Ausschalfristen für Balken und Platten (bis 6 m Spannweite und bei max. 70 % Lastausnutzung) können nach dem DBV-Merkblatt Betonschalungen und Ausschalfristen [10] – siehe Tafel 3 – bestimmt werden.

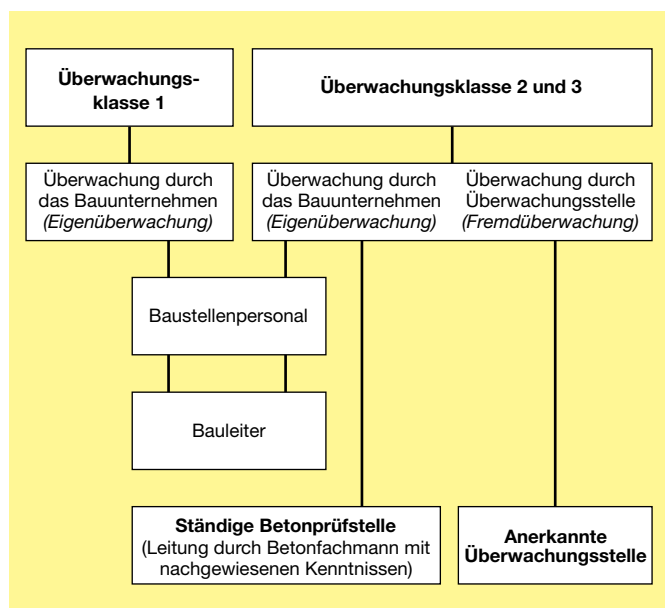


Bild 1: Organisation und Verantwortlichkeiten der Überwachung des Einbaus von Betonen nach Eigenschaften der Überwachungsklassen 1, 2 und 3

Tafel 3: Anhaltswerte für Ausschulfristen in Tagen [10]

Bauteiltemperatur ²⁾ θ [°C]	Festigkeitsentwicklung des Betons $r = f_{cm2} / f_{cm28}^{1)}$		
	schnell $r \geq 0,50$	mittel $r \geq 0,30$	langsam $r \geq 0,15$
θ ≥ 15	4	8	14
15 > θ ≥ 5 ³⁾	6	12	20

¹⁾ Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach i. d. R. 28 Tagen beschrieben. Die Festigkeitsentwicklung ist vom Betonhersteller anzugeben und kann dem Betonliefererschein entnommen werden. Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist statt f_{cm28} die mittlere Druckfestigkeit zum entsprechend späteren Zeitpunkt anzusetzen. Dadurch ergeben sich i. d. R. längere Ausschulfristen.

²⁾ Die tatsächliche Temperatur des Bauteils θ während des Abfließens der Hydratationswärme und in der Schalung ist i. d. R. höher als die Lufttemperatur. Anstelle der Temperatur des Bauteils θ darf vereinfachend die mittlere Lufttemperatur θ_m angesetzt werden. Als mittlere Lufttemperatur θ_m darf das Tagesmittel aus der höchsten und der niedrigsten Lufttemperatur in Bauwerkernähe verwendet werden.

³⁾ Bei Lufttemperaturen θ_m < 5 °C ist die Ausschulfrist um die Tage zu verlängern, an denen die Bauteiltemperatur θ < 5 °C betrug.

1.2 Überwachung des Bewehrens

Vor dem Betonieren ist, unabhängig von der geltenden Überwachungsklasse, zu überprüfen, ob

- Stahlsorte, Anzahl, Durchmesser und Lage der Bewehrung den Angaben der Bewehrungszeichnungen entsprechen,
- Stoß- und Übergreifungslängen eingehalten sowie mechanische Verbindungen ordnungsgemäß ausgeführt sind,
- die erforderliche Betondeckung durch geeignete Abstandhalter und Unterstützungen erreicht wird,
- die Bewehrung keine Verunreinigungen (z. B. Öl, Trennmittel, Farbe, Schmutz) und keinen losen Rost aufweist,
- die Bewehrung gegen Verschieben während des Betonierens ausreichend befestigt und gesichert ist,
- die Anordnung der Bewehrung das Einbringen und Verdichten des Betons nicht behindert (Einfüllöffnungen, Rüttellücken).

Änderungen der Bewehrungsführung aus baubetrieblichen oder aus anderen Gründen sind nur in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner oder verantwortlichen Ingenieur zulässig. Schweißarbeiten an Betonstahl dürfen nur durch Unternehmen

Tafel 4: Beton nach Eigenschaften: Umfang und Häufigkeit der Prüfungen der Frisch- und Festbetoneigenschaften

Prüfgegenstand	Prüfverfahren	Anforderung	Häufigkeit für Überwachungsklasse		
			1	2	3
Lieferschein	Augenscheinprüfung	Übereinstimmung mit der Festlegung	jedes Lieferfahrzeug		
Konsistenz ¹⁾	Augenscheinprüfung	normales Aussehen, wie festgelegt	Stichprobe	jedes Lieferfahrzeug	
	DIN EN 12350-2 [13], DIN EN 12350-3 [14], DIN EN 12350-4 [15], DIN EN 12350-5 [16]	wie festgelegt	in Zweifelsfällen	– beim ersten Einbringen jeder Betonzusammensetzung – bei der Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung – in Zweifelsfällen	
Frischbetonrohddichte von Leicht- und Schwerbeton	DIN EN 12350-6 [17]	wie festgelegt	– bei der Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung – in Zweifelsfällen		
Gleichmäßigkeit des Betons	Augenscheinprüfung	homogenes Erscheinungsbild	Stichprobe	jedes Lieferfahrzeug	
	Vergleich von Eigenschaften	Stichproben müssen die gleichen Eigenschaften aufweisen	in Zweifelsfällen		
Druckfestigkeit	(siehe Abschnitt 1.5)	wie festgelegt, mit den Annahmekriterien (siehe Tafel 8)	in Zweifelsfällen	3 Proben je 300 m ³ oder je 3 Betoniertage	3 Proben je 50 m ³ oder je Betoniertag
Luftgehalt von Luftporenbeton	DIN EN 12350-7 für Normal- und Schwerbeton sowie ASTM C 173 für Leichtbeton [18, 19]	wie festgelegt	nicht zutreffend	– zu Beginn jedes Betonierabschnitts – in Zweifelsfällen	
Frischbetontemperatur	Temperaturmessung	wie festgelegt ^{2) 3) 4)}	in Zweifelsfällen	bei Lufttemperaturen unter + 5 °C und über + 30 °C beim Einbau des Betons	
andere Eigenschaften	in Übereinstimmung mit Normen und Richtlinien, oder wie vorab vereinbart	–	–	–	–

¹⁾ In Abhängigkeit vom gewählten Prüfverfahren; fett gedruckt: in Deutschland bevorzugte Prüfverfahren.

²⁾ Bei Lufttemperaturen zwischen +5 °C und -3 °C darf die Temperatur des Betons beim Einbringen +5 °C nicht unterschreiten. Sie darf +10 °C nicht unterschreiten, wenn der Zementgehalt im Beton kleiner als 240 kg/m³ oder wenn Zemente mit niedriger Hydratationswärme verwendet werden.

³⁾ Bei Lufttemperaturen unter -3 °C muss die Betontemperatur beim Einbringen mindestens +10 °C betragen. Sie sollte anschließend wenigstens 3 Tage auf mindestens +10 °C gehalten werden. Ansonsten ist der Beton solange zu schützen, bis eine ausreichende Festigkeit erreicht ist.

⁴⁾ Die Frischbetontemperatur darf im Allgemeinen +30 °C nicht überschreiten, sofern nicht durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, dass keine nachteiligen Folgen zu erwarten sind.

Tafel 5: Umfang und Häufigkeit der Überprüfung technischer Einrichtungen

Prüfgegenstand	Prüfverfahren	Anforderung	Häufigkeit der Prüfungen für Überwachungsklasse		
			1	2	3
Verdichtungsgeräte	Funktionskontrolle	einwandfreies Arbeiten	in angemessenen Zeitabständen	bei Beginn der Betonierarbeiten, dann mindestens monatlich	je Betoniertag
Mess- und Laborgeräte	Funktionskontrolle	ausreichende Messgenauigkeit	bei Inbetriebnahme, dann in angemessenen Zeitabständen		je Betoniertag

bzw. durch Personal mit entsprechendem Eignungsnachweis gemäß DIN EN ISO 17660 [11] durchgeführt werden.

1.3 Überwachung des Betonierens

Neben den gemäß geltender Überwachungsklasse geforderten Frisch- und Festbetonprüfungen (siehe Abschnitt 1.4) sind – begleitend zur Betonverarbeitung und unabhängig von der Überwachungsklasse – folgende Daten aufzuzeichnen, z. B. im Bautagebuch.

- Lufttemperatur (Maximum/Minimum) und Witterungsverhältnisse während des Betonierens einzelner Abschnitte,
- Bauabschnitt und Bauteil,
- Art und Dauer der Nachbehandlung.

1.4 Überprüfung der Frisch- und Festbetoneigenschaften

Die geforderten Prüfungen an Frisch- und Festbeton sind für *Standardbeton*, *Beton nach Eigenschaften* und *Beton nach Zusammensetzung* unterschiedlich und abhängig von der Überwachungsklasse. Die durchzuführenden Prüfungen sind in den Anwendungsregeln zur DIN EN 13670 [4], der DIN 1045-3 [3] im Anhang NB geregelt. Die Proben für die Prüfungen müssen auf der Baustelle, ggf. nach Einstellen der Konsistenz, zufällig ausgewählt und nach DIN EN 12350-1 [12] entnommen werden.

Bei der Verarbeitung von *Standardbeton* sind lediglich Lieferchein, Konsistenz und die Gleichmäßigkeit des angelieferten Betons gemäß Tafel 4 sowie die Funktionsfähigkeit der Verdichtungsgeräte zu prüfen.

Bei der Verwendung von Beton nach Eigenschaften als Transportbeton sind die in Tafel 4 und 5 aufgeführten Prüfungen durchzuführen. Beim Einsatz von Baustellenbeton müssen nur die Verdichtungsgeräte zusätzlich überprüft werden. Ansonsten gelten die Regelungen von DIN EN 206/DIN 1045-2, Abschnitt 8.2 [1, 2].

Bei *Beton nach Zusammensetzung* führt der Hersteller des Betons im Rahmen seiner Konformitätskontrolle keine Überprüfung der geforderten Betoneigenschaften durch. Den Nachweis für das Erreichen dieser Eigenschaften übernimmt der Verwender des Betons (Bauunternehmen) im Rahmen der Überwachung auf der Baustelle. Art, Anforderung und Umfang der Prüfungen orientieren sich für alle Überwachungsklassen an den sonst für Beton nach Eigenschaften im Transportbetonwerk geltenden Konformitätskriterien nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 in Abschnitt 8.2 [1, 2]. Das ausführende Bauunternehmen muss darüber hinaus die Frischbetontemperatur sowie die Verdichtungs-, Mess- und Laborgeräte überprüfen und, ungeachtet der Überwachungsklasse, eine ständige Betonprüfstelle hinzuziehen (siehe Abschnitt 2.1). Diese kann eine unternehmenseigene oder eine externe, vertraglich gebundene Prüfstelle sein.

1.5 Prüfung der Druckfestigkeit für Beton nach Eigenschaften bei Verwendung von Transportbeton

Im Rahmen der Überwachung durch den Betonhersteller (Transportbetonwerk) und das Bauunternehmen gelten bestimmte Fachbegriffe und Prinzipien: Der Transportbetonunternehmer bestätigt im Rahmen seiner Überwachungsleistung die „Konformität“ seiner Produktion mit der geforderten Druckfestigkeit. Das Bauunternehmen überprüft auf der Baustelle die „Identität“ des gelieferten Betons mit dieser „konformen Grundgesamtheit“ (Identitätsprüfung, bzw. Überwachungsprüfung). Für jeden verarbeiteten Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 sind hierfür auf der Baustelle mindestens drei Proben zu entnehmen und zwar:

- bei Überwachungsklasse 2 jeweils für höchstens 300 m³ oder je drei Betoniertage,
- bei Überwachungsklasse 3 jeweils für höchstens 50 m³ oder je Betoniertag.

Maßgebend ist die Anforderung, welche die größere Anzahl von Proben ergibt. Die Proben müssen etwa gleichmäßig über die Betonierzeit verteilt und aus verschiedenen Lieferfahrzeugen entnommen werden. Aus jeder Probe ist ein Probekörper zur Prüfung der Druckfestigkeit herzustellen. Zusammensetzungsvarianten mit gleichen Ausgangsstoffen, gleichem w/z-Wert, aber anderem Größtkorn gelten als ein Beton.

Bei Betonen der Überwachungsklasse 1 ist eine Überprüfung der Druckfestigkeit für Beton nach Eigenschaften nur in Zweifelsfällen notwendig (siehe Tafel 4).

Die Druckfestigkeitsprüfung erfolgt nach DIN EN 12390, Teile 1 bis 4 [20–23], sowie nach Regelungen der DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [1, 2], Abschnitt 5.5.1.2 (z. B. Prüfkörperabmessungen, Lagerungsbedingungen). Für Betone üblicher Zusammensetzung werden im Allgemeinen Würfel mit einer Kantenlänge von 150 mm verwendet. Durch die Forderung aus DIN EN 12390-1 [20], Abschnitt 4.1, wonach die Kantenlänge des Probewürfels mindestens dem dreieinhalbfachen Größtkorndurchmesser der Gesteinskörnung entsprechen sollte, können sich auch andere Probekörperabmessungen ergeben. Die in der vorgenannten Norm aufgeführten Nennmaße sind hierbei einzuhalten. Von 150 mm Kantenlänge abweichende Probekörper erfordern eine Korrektur der Druckfestigkeitsergebnisse über einen Umrechnungsfaktor.

Tafel 6: Umrechnungsfaktoren für die Trockenlagerung

Normalbeton ≤ C50/60 (150 mm Kantenlänge)	Normalbeton ≥ C55/67 (150 mm Kantenlänge)
$f_{c,cube} = 0,92 \cdot f_{c,dry}$	$f_{c,cube} = 0,95 \cdot f_{c,dry}$

$f_{c,cube}$: Referenzlagerung nach DIN EN 12390-2
 $f_{c,dry}$: Trockenlagerung nach DIN EN 12390-2, Anhang NA

Tafel 7: Voraussetzungen für ein von 28 Tagen abweichendes Prüfalter

Massenbeton nach Richtlinie [24]			
oder			
Planung	Baustelle	anerkannte Überwachungsstelle ¹⁾	Transportbetonwerk
Feststellung: technisch erforderlich	≥ ÜK II	Prüfalter: Bestätigung der Notwendigkeit	
	QS-Plan: Bauablauf, Nachbehandlung, Ausschallfristen	Genehmigung vor Bauausführung	Einzelfallbezogener Hinweis auf: Prüfalter, Bauablauf, Nachbehandlung, Ausschallfristen

¹⁾ „Fremdüberwachung“

Werden statt Würfel mit 150 mm solche mit 100 mm Kantenlänge verwendet, darf nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [1, 2], Abschnitt 5.5.1.2 für die Auswertung der Druckfestigkeitsprüfung eine Abminderung auf $0,97 \cdot f_{c,dry}$ vorgenommen werden.

Die Lagerung der Probekörper erfolgt bis zur Prüfung in einer Feuchteammer oder unter Wasser (Referenzlagerung). Alternativ – und in Deutschland üblich – können die Probekörper im Alter von 7 Tagen aus dem Wasser oder der Feuchteammer entnommen werden und bis zur Prüfung bei zugfreier Raumluft (15 °C bis 22 °C) gelagert werden (so genannte „Trockenlagerung“). Die bei der Trockenlagerung an Würfeln ermittelten Druckfestigkeitswerte ($f_{c,dry}$) sind gegenüber denen der Referenzlagerung ($f_{c,cube}$) abzumindern. Hierzu kann der nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [1, 2] für Normalbeton aufgeführte Abminderungsfaktor λ von 0,92 (Tafel 6) verwendet werden (für Betone der Festigkeitsklassen \geq C55/67 ist für $\lambda = 0,95$ einzusetzen).

Die Prüfung der Druckfestigkeit erfolgt im Alter von 28 Tagen. Von diesem Grundsatz darf nur in begründeten Ausnahmefällen abgewichen werden. Soll die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt bestimmt werden, müssen die in Tafel 7 genannten Voraussetzungen vorliegen, bzw. die aufgeführten Bedingungen von Planung, Bauausführung, anerkannter Überwachungsstelle und Transportbetonwerk erfüllt werden. Näheres hierzu regelt die Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (Fassung Februar 2013, Anlage 2.3/1).

Die Identität des Betons wird durch Vergleich der ermittelten Druckfestigkeiten mit so genannten „Annahmekriterien“ festgestellt. Die Annahmekriterien für die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung sind in Tafel 8 aufgeführt. Der Beton ist anzunehmen, wenn Mittel- und Einzelwertkriterium erfüllt sind. Damit gilt

Tafel 8: Annahmekriterien für Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfung

Anzahl „n“ der Einzelwerte	Mittelwert ¹⁾ f_{cm} [N/mm ²]	Einzelwert f_{ci} [N/mm ²]	
		ÜK 1 + ÜK 2	ÜK 3
3 bis 4	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$	$f_{ci} \geq 0,9 \cdot f_{ck}$
5 bis 6	$f_{cm} \geq f_{ck} + 2$		
> 6	$f_{cm} \geq f_{ck} + \left(1,65 - \frac{2,58}{\sqrt{n}}\right) \cdot \sigma$ ²⁾		

¹⁾ Mittelwert von „n“ nicht überlappenden Einzelwerten.

²⁾ σ ist Standardabweichung der Stichprobe für $n \geq 35$, wobei $\sigma \geq 3$ N/mm² für ÜK 2 und $\sigma \geq 5$ N/mm² für ÜK 3. Bei Stichproben für $n < 35$ gilt $\sigma \geq 4$ N/mm².

die Identität des durch die Stichprobe repräsentierten Betons (Baustelle) mit der Grundgesamtheit (Transportbetonwerk) als nachgewiesen. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, vorhandene Prüfergebnisse in kleinere Gruppen aufeinander folgender Werte (mindestens 3) aufzuteilen, so dass für die jeweiligen Mittelwerte die zugehörigen Anforderungen für 3 bis 4, für 5 bis 6 oder für > 6 Einzelwerte herangezogen werden dürfen.

Wenn der Nachweis der Identität nicht gelingt, sind weitere Maßnahmen erforderlich, um die Standsicherheit bzw. Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks sicherzustellen. Grundlage für weitere Prüfungen ist die DIN EN 13791 [25] „Bewertung der Druckfestigkeit von Beton im Bauwerk oder in Bauwerksteilen“, nach der in Abhängigkeit von repräsentativen Prüfverfahren und Ergebnissen Aussagen über die im Bauwerk vorhandene Druckfestigkeit getroffen werden können.

■ 2 Weitergehende Bestimmungen für die Überwachung durch das Bauunternehmen bei Einbau von Betonen der Überwachungsklassen 2 und 3

Für die Überwachung des Einbaus von Betonen der Überwachungsklassen 2 und 3 wird das bekannte Konzept aus Eigenüberwachung (Überwachung durch das Bauunternehmen) und Fremdüberwachung (Überwachung durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle) fortgesetzt.

Baustellen, auf denen Betone der Überwachungsklassen 2 und 3 verarbeitet werden, sind an deutlich sichtbarer Stelle unter Angabe von „DIN EN 13670/DIN 1045-3“ und der Überwachungsstelle zu kennzeichnen.

2.1 Ständige Betonprüfstelle

Wird Beton nach Eigenschaften der Überwachungsklassen 2 oder 3 (oder Beton nach Zusammensetzung) verarbeitet, muss das Bauunternehmen über eine ständige Betonprüfstelle verfügen, die

- mit allen Geräten und Einrichtungen zur Durchführung der Prüfungen nach Tafel 4 ausgestattet ist und
- von einem in der Betontechnik erfahrenen Fachmann geleitet wird, der die dafür notwendigen erweiterten betontechnologischen Kenntnisse durch eine Bescheinigung einer hierfür anerkannten Stelle nachweisen kann.

Der Leiter der Betonprüfstelle ist für die Schulung der Fachkräfte in Abständen von höchstens drei Jahren verantwortlich und hat dies zu dokumentieren.

Bedient sich das Bauunternehmen einer externen, also nicht unternehmenseigenen Prüfstelle, so sind die Prüfungsaufgaben der Prüfstelle in einer schriftlichen Vereinbarung (Überwachungsvertrag) zu übertragen. Diese muss eine Mindestlaufzeit von einem Jahr haben. Die Überwachungsleistungen für das ausführende Unternehmen dürfen nicht durch eine Prüfstelle erfolgen, welche auch den Betonhersteller überwacht oder von diesem wirtschaftlich abhängig ist.

Aufgaben der ständigen Betonprüfstelle sind:

- Beratung des Bauunternehmens und der Baustelle,
- Durchführungen der Prüfungen gemäß Tafel 4, soweit diese nicht durch das Personal der Baustelle durchgeführt werden,
- Funktionsprüfung der Geräteausstattung der Baustelle nach Tafel 5 vor Beginn der Betonarbeiten,
- laufende Überprüfung und Beratung bei Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons,
- Beurteilung und Auswertung der Prüfergebnisse und Mitteilung der Ergebnisse an das Bauunternehmen und dessen Bauleitung,
- Schulung des Baustellenfachpersonals.

Die Leistungen der Bauunternehmung und der ständigen Betonprüfstelle im Rahmen der geforderten Prüfungen und Dokumentationen sind Nebenleistungen im Sinne der VOB Teil C (DIN 18331).

2.2 Aufzeichnungen

Die nachfolgend aufgeführten Aufzeichnungen zur Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 müssen während der Bauzeit auf der Baustelle verfügbar sein und sind, ebenso wie die Lieferscheine, nach Abschluss der Arbeiten mindestens 5 Jahre aufzubewahren.

- Zeitpunkt und Dauer der einzelnen Betoniervorgänge,
- Lufttemperatur und Witterungsverhältnisse bei der Ausführung einzelner Betonierabschnitte oder Bauteile bis zum Ausschalen und Ausrüsten,
- Art und Dauer der Nachbehandlung,
- Frischbetontemperatur bei Lufttemperaturen unter +5 °C und über +30 °C,



Bild 2: Auf der Baustelle wird u. a. die Frischbetonkonsistenz geprüft.

- Namen der Lieferwerke und Nummern der Lieferscheine sowie der zugehörige Bauabschnitt oder das Bauteil, ein Verzeichnis (Liste) der gelieferten Betone mit den Angaben, welche die einschlägigen Normen und Regelwerke fordern,
- Ergebnisse der Frisch- und Festbetonprüfungen gemäß Tafel 4.

Nach Beendigung der Betonarbeiten sind die Ergebnisse aller Prüfungen nach Tafel 4 an den Betonen der Überwachungsklassen 2 und 3 der bauüberwachenden Behörde und der Überwachungsstelle zu übergeben. Auf dieser Basis erstellt die anerkannte Überwachungsstelle einen Endbericht über die überwachte Baumaßnahme.

2.3 Anzeigepflicht des Bauunternehmens

Das Bauunternehmen hat der Überwachungsstelle schriftlich mitzuteilen:

- die ständige Betonprüfstelle mit Angabe des Prüfstellenleiters,
- einen Wechsel des Prüfstellenleiters,
- die Inbetriebnahme jeder Baustelle, auf der Betone der Überwachungsklassen 2 und 3 eingebaut werden, mit Angabe des Bauleiters,
- einen Wechsel des Bauleiters,
- Angaben zur Festlegung der vorgesehenen Betone nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [1, 2] sowie der Überwachungsklassen der Betone nach Tafel 2,
- die voraussichtlichen Betonmengen,
- den voraussichtlichen Beginn und das voraussichtliche Ende der Betonierzeiten,
- eine Unterbrechung der Betonierarbeiten von mehr als vier Wochen,
- die Wiederinbetriebnahme einer Baustelle nach einer Unterbrechung von mehr als vier Wochen.

■ 3 Überwachung des Einbaus von Betonen der Überwachungsklassen 2 und 3 durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle

Die Verarbeitung von Betonen der Überwachungsklassen 2 und 3 ist durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle zu überprüfen. Bei Aufnahme der Überwachung wird geprüft, ob das Bauunternehmen über Fachkräfte mit hinreichender Sachkunde und Erfahrung sowie über die erforderliche Geräteausstattung verfügt.

Umfang der Überwachung sowie Häufigkeit und Probenahme sind in DIN EN 13670/ DIN 1045-3 [4, 3] im Anhang ND geregelt.

Die Ergebnisse der Überprüfung durch die Überwachungsstelle sind in einem Bericht festzuhalten. Dieser ist auf der Baustelle und bei der Überwachungsstelle aufzubewahren und den Beauftragten der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.

Der Überwachungsbericht muss mindestens enthalten:

- Bauunternehmen, Baustelle und Betonprüfstelle,
- Festlegung des Betons nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 [1, 2],
- Überwachungsklasse des Betons nach Tafel 2,
- Bewertung der Überwachung durch das Bauunternehmen,
- ggf. Angaben über die Probenahme,

- Ergebnisse der durchgeführten Überprüfungen und Vergleich mit den Anforderungen und den Ergebnissen der Überwachung durch das Bauunternehmen,
- Gesamtbewertung,
- Ort und Datum,
- Unterschrift und Stempel der Überwachungsstelle.

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Maßnahmen der anerkannten Überwachungsstelle sind Besondere Leistungen der Bauunternehmung im Sinne der VOB Teil C (DIN 18331) und damit vergütungspflichtig.

■ 4 Regelwerke

- [1] DIN EN 206-1 Beton – Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
- [2] DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
- [3] DIN 1045-3 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670
- [4] DIN EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton
- [5] Richtlinie des DAfStb „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ (BUmWS), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V., Berlin
- [6] Richtlinie des DAfStb Stahlfaserbeton, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V., Berlin
- [7] Richtlinie des DAfStb „Selbstverdichtender Beton“, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V., Berlin
- [8] Richtlinie des DAfStb Verzögerter Beton – Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V., Berlin
- [9] Richtlinie des DAfStb „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V., Berlin
- [10] DBV-Merkblatt Betonschalungen und Ausschallfristen, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V., Berlin

- [11] DIN EN ISO 17660 Schweißen von Betonstahl
- [12] DIN EN 12350-1 Prüfung von Frischbeton – Teil 1: Probenahme
- [13] DIN EN 12350-2 Prüfung von Frischbeton – Teil 2: Setzmaß
- [14] DIN EN 12350-3 Prüfung von Frischbeton – Teil 3: Vebé-Prüfung
- [15] DIN EN 12350-4 Prüfung von Frischbeton – Teil 4: Verdichtungsmaß
- [16] DIN EN 12350-5 Prüfung von Frischbeton – Teil 5: Ausbreitmaß
- [17] DIN EN 12350-6 Prüfung von Frischbeton – Teil 6: Frischbetonrohddichte
- [18] DIN EN 12350-7 Prüfung von Frischbeton – Teil 7: Luftgehalte – Druckverfahren
- [19] ASTM C 173 Bestimmung des Luftgehalts von Frischbeton durch Volumenmessung, siehe DAfStb-Heft 422 „Prüfung von Beton – Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048“
- [20] DIN EN 12390-1 Prüfung von Festbeton – Teil 1: Form, Maße und andere Anforderungen für Probekörper und Formen
- [21] DIN EN 12390-2 Prüfung von Festbeton – Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen
- [22] DIN EN 12390-3 Prüfung von Festbeton – Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern
- [23] DIN EN 12390-4 Prüfung von Festbeton – Teil 4: Bestimmung der Druckfestigkeit – Anforderungen an Prüfmaschinen
- [24] Richtlinie des DAfStb „Massige Bauteile aus Beton“, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V., Berlin
- [25] DIN EN 13791 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen

Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

Herausgeber

InformationsZentrum Beton GmbH, Steinhof 39, 40699 Erkrath

www.beton.org

Kontakt und Beratung vor Ort

Büro Berlin, Teltower Damm 155, 14167 Berlin, Tel.: 030 3087778-0, berlin@beton.org

Büro Hannover, Hannoversche Straße 21, 31319 Sehnde, Tel.: 05132 502099-0, hannover@beton.org

Büro Beckum, Neustraße 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, beckum@beton.org

Büro Ostfildern, Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, ostfildern@beton.org

Verfasser

Dipl.-Ing. Michaela Biscopio, Dipl.-Ing. Roland Pickhardt, InformationsZentrum Beton GmbH