

DIN EN 13791

ICS 91.080.40

Entwurf

Einsprüche bis 2018-06-27
 Vorgesehen als Ersatz für
 DIN EN 13791:2008-05 und
 DIN EN 13791/A20:2017-02;
 Ersatz für
 E DIN EN 13791:2017-03

**Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in
 Bauwerksteilen;
 Deutsche und Englische Fassung prEN 13791:2018**

Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components;
 German and English version prEN 13791:2018

Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments
 préfabriqués en béton;
 Version allemande et anglaise prEN 13791:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-04-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
 Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
 besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-
 Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
 sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann
 im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-
 Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6,
 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
 Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 88 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13791:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-07-05 AA „Prüfverfahren für Beton (SpA CEN/TC 104/SC 1/TG 8 und CEN/TC 104/SC 1/TG 11 sowie CEN/TC 51/WG 12)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Zur Erfassung von Regeln für die Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen, die nach diesem Dokument in nationalen Vorschriften zu regeln sind bzw. von Regeln für Anwendungen, die ausdrücklich nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokuments fallen, kann sich zur Veröffentlichung dieses Dokuments als Norm der Bedarf eines nationalen Anhangs ergeben.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO/IEC 17025 siehe DIN EN ISO/IEC 17025

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13791:2008-05 und DIN EN 13791/A20:2017-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Norm wurde vollständig überarbeitet, jedoch wurden die methodischen Ansätze und der Anwendungsbereich sowie größtenteils auch der vorherige Aufbau aus Gründen der Kontinuität beibehalten;
- b) der Hauptschwerpunkt liegt auf der Bestimmung der charakteristischen Druckfestigkeit des Bauwerksbetons für die Anwendung mit EN 1990 und EN 1992-1-1;
- c) eine umfassendere Anleitung wird hinsichtlich der Anwendung der Verfahren bereitgestellt, insbesondere bezüglich der Festlegung eines Prüfergebnisses, einer Messung, des Betonvolumens, der Messstelle, eines eingegrenzten Prüfbereichs und des Prüfbereichs;
- d) es sind Anforderungen zur Darlegung des Zwecks der Untersuchung, der anzuwendenden Abläufe, Prüfverfahren, Messstellen und Prüfbereiche, die vor Beginn der Prüfungen festzulegen sind, enthalten;
- e) „Abschätzung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton für die baustatische Bewertung eines bestehenden Bauwerks“ deckt die früheren Anforderungen an die Bewertung der charakteristischen Druckfestigkeit von Bauwerksbeton entweder auf der Grundlage von Bohrkernprüfungen oder mittels indirekter Verfahren ab;

- f) „Bewertung der Druckfestigkeitsklasse von eingebrachtem Beton in Zweifelsfällen“ deckt die früheren Anforderungen an die Beurteilung in Fällen, in denen Zweifel über die auf der Grundlage von Standardprüfungen ermittelte Konformität von Beton bestehen, ab;
- g) die Ansätze A und B in EN 13791:2007 sind nicht mehr gültig;
- h) EN 13791 wurde auf die Anforderungen von EN 206 abgestimmt.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*
(ISO/IEC 17025:2017)

Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen

Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton

Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: zweite CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9d

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Symbole und Abkürzungen	10
3.2.1 Symbole und Abkürzungen	10
3.2.2 Abkürzungen, die in den Beziehungen zwischen verschiedenen Ausdrücken der Druckfestigkeit verwendet werden	11
4 Ziel der Untersuchung und Prüfungsparameter	12
5 Prüfbereiche, Messstellen und Anzahl der Prüfungen	15
5.1 Prüfbereiche	15
5.2 Messstellen	16
6 Prüfung von Bohrkernen und Bestimmung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton	18
7 Erstbeurteilung des Datensatzes	20
7.1 Beurteilung des Prüfbereichs um zu ermitteln, ob er eine einzige Grundgesamtheit repräsentiert	20
7.2 Bewertung einzelner Prüfergebnisse innerhalb eines Prüfbereichs	21
8 Abschätzung der Druckfestigkeit für die baustatische Bewertung eines bestehenden Bauwerks	22
8.1 Ausschließlich basierend auf Daten aus der Prüfung von Bohrkernen	22
8.2 Basierend auf einer Kombination von Daten einer indirekten Prüfung und Daten aus der Prüfung von Bohrkernen	24
8.2.1 Anwendung einer indirekten Prüfung, die speziell in Bezug auf Daten von Bohrkernen, die aus dem betrachteten Bauwerk entnommen wurden, kalibriert wurde	24
8.2.2 Abschätzung der charakteristischen Druckfestigkeit des Bauwerksbetons für einen Prüfbereich	25
8.2.3 Abschätzung der Druckfestigkeit des Bauwerksbetons an einer bestimmten Stelle	26
8.3 Anwendung einer indirekten Prüfung mit mindestens drei Daten aus der Prüfung von Bohrkernen	26
9 Bewertung der Druckfestigkeitsklasse von eingebrachtem Beton in Zweifelsfällen	27
9.1 Allgemeines	27
9.2 Anwendung von Daten aus der Prüfung von Bohrkernen	28
9.3 Indirekte Prüfung zuzüglich ausgewählter Daten der Prüfung von Bohrkernen	29
9.4 Screening-Test unter Anwendung eines allgemeinen oder speziellen Zusammenhangs mit einem indirekten Prüfverfahren	30
9.5 Vorgehensweise für den Fall, dass der Hersteller die Nichtkonformität der Druckfestigkeit erklärt hat	31
Anhang A (informativ) Anleitung zur Durchführung einer Untersuchung	32
A.1 Informationen, die aus den Prüfungen erforderlich sind	32
A.2 Verfahren zur Bewertung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton	33
A.3 Auswahl des Prüfverfahrens	34

A.4	Zusätzliche Anleitung für die Bewertung auf der Grundlage von Daten der Prüfung von Bohrkernen	37
A.5	Bewertung der Druckfestigkeitsklasse von eingebrachtem Beton in Zweifelsfällen	38
A.6	Annahme der Prüfungsdaten	40
Anhang B (informativ)	Beispiel für einen allgemeinen Zusammenhang zwischen der Rückprallzahl und der Druckfestigkeitsklasse	41
Literaturhinweise.....		44

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13791:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur zweiten CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13791:2007 ersetzen.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zu EN 13791:2007 sind folgende:

- a) die Norm wurde vollständig überarbeitet, jedoch wurden die methodischen Ansätze und der Anwendungsbereich sowie größtenteils auch der vorherige Aufbau aus Gründen der Kontinuität beibehalten;
- b) der Hauptschwerpunkt liegt auf der Bestimmung der charakteristischen Druckfestigkeit des Bauwerksbetons für die Anwendung mit EN 1990 und EN 1992-1-1;
- c) eine umfassendere Anleitung wird hinsichtlich der Anwendung der Verfahren bereitgestellt, insbesondere bezüglich der Festlegung eines Prüfergebnisses, einer Messung, des Betonvolumens, der Messstelle, eines eingegrenzten Prüfbereichs und des Prüfbereichs;
- d) es sind Anforderungen zur Darlegung des Zwecks der Untersuchung, der anzuwendenden Abläufe, Prüfverfahren, Messstellen und Prüfbereiche, die vor Beginn der Prüfungen festzulegen sind, enthalten;
- e) „Abschätzung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton für die baustatische Bewertung eines bestehenden Bauwerks“ deckt die früheren Anforderungen an die Bewertung der charakteristischen Druckfestigkeit von Bauwerksbeton entweder auf der Grundlage von Bohrkernprüfungen oder mittels indirekter Verfahren ab;
- f) „Bewertung der Druckfestigkeitsklasse von eingebrachtem Beton in Zweifelsfällen“ deckt die früheren Anforderungen an die Beurteilung in Fällen, in denen Zweifel über die auf der Grundlage von Standardprüfungen ermittelte Konformität von Beton bestehen, ab;
- g) die Ansätze A und B in EN 13791:2007 sind nicht mehr gültig;
- h) EN 13791 wurde auf die Anforderungen von EN 206 abgestimmt.

Einleitung

(1) Diese Europäische Norm deckt zwei Anwendungen der Bewertung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton ab. Diese sind:

- die Abschätzung der charakteristischen Druckfestigkeit von Bauwerksbeton eines Prüfbereichs und/oder der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton an bestimmten Stellen;
- die Bewertung der Druckfestigkeitsklasse von eingebrachtem Beton in Zweifelsfällen.

(2) Beide Anwendungen weisen eine Reihe gemeinsamer Schritte auf, wie in Tabelle 1 dargestellt, jedoch unterscheiden sie sich hinsichtlich der Bewertungsverfahren. Der Grund für diesen Unterschied ist, dass mit der Abschätzung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton (Abschnitt 8) keine Annahme bezüglich eines Sollwertes getroffen wird und die mit der Anzahl von Daten verbundene Unsicherheit bei der Abschätzung des Wertes berücksichtigt wird.

ANMERKUNG Möglicherweise sind Informationen über die ursprüngliche Qualität des gelieferten Betons verfügbar, jedoch kann sich die Druckfestigkeit mit der Zeit verändert haben.

(3) Die meisten Verfahren in Abschnitt 9 gelten, wenn nachgewiesen wird, dass der gelieferte Beton mit der Leistungserklärung des Herstellers bezüglich der Druckfestigkeit übereinstimmt, die Prüfergebnisse von auf der Baustelle entnommenen Proben jedoch auf eine Nichtkonformität hindeuten, und wenn dieser Unterschied nicht mit anderen Mitteln beseitigt werden kann. Da die in CEN-Normen enthaltenen Verfahren zur Verifizierung der Leistungserklärung als zuverlässig betrachtet werden, wird davon ausgegangen, dass der Beton der spezifizierten charakteristischen Druckfestigkeit entspricht, und mit den angewendeten statistischen Prüfungen wird Gültigkeit dieser Hypothese überprüft.

(4) Den Verfahren in Abschnitt 8 und Abschnitt 9 liegen verschiedene Ansätze zugrunde, die zu erheblichen Unterschieden bei den Ergebnissen führen können.

(5) Sofern nicht anders angegeben gelten die in dieser Norm angegebenen Festlegungen für Betonbauwerke aus Normal-, Leicht- oder Schwerbeton.

(6) Diese Norm deckt ausschließlich die Anwendung einer einzelnen Beziehung zwischen einem indirekten Prüfverfahren (Ultraschall-Impulsgeschwindigkeit (UPV) oder Rückprallhammer) und der Druckfestigkeit ab. Die kombinierte Anwendung von sowohl UPV- als auch Rückprallhammerteknik mit der Festigkeit von Bohrkernen ist ein nützliches Verfahren, jedoch werden die Vorgehensweisen in dieser Norm nicht ausführlich beschrieben.

(7) Bei der Erarbeitung dieser Norm wurde davon ausgegangen, dass sie zusammen mit EN 1992-1-1 angewendet wird. Falls sie in Verbindung mit anderen Bemessungsnormen angewendet wird, sind möglicherweise Änderungen von einigen Faktoren erforderlich. Darüber hinaus werden in dieser Norm der in EN 1992-1-1:2004, 3.1.6, empfohlene Wert von 1,0 für den Faktor α_{cc} und der in EN 1992-1-1:2004, A.2.3, empfohlene Wert von 0,85 für den Faktor η angewendet. Wenn in nationalen Vorschriften andere Werte für diese Koeffizienten angewendet werden, muss die entsprechende Gleichung innerhalb dieser Norm möglicherweise angepasst werden.

(8) Es ist möglich, dass in Vorschriften, die am Ort der Verwendung gelten, Verfahren angegeben sind, die außerhalb des Anwendungsbereiches der in dieser Norm beschriebenen Verfahren liegen. Diese schließen beispielsweise Folgendes ein:

- die Kombination von zwei indirekten Prüfverfahren mit der Prüfung von Bohrkernen;

- die Verwendung von Bohrkernen mit einem Durchmesser von weniger als 50 mm;
- die Anwendung von Ausziehprüfungen;
- einen Screening-Test nach den in 9.4 festgelegten Grundsätzen;
- in den Verfahren von Abschnitt 8, Regelungen für weniger als 8 Bohrkern ohne indirekte Prüfung;
- die Bewertung des Druckfestigkeitsgefälles über ein Bauteil nach einem Brand;
- in den Verfahren von Abschnitt 9, den Vergleich eines Bauelementes mit zweifelhafter Betonqualität mit einem ähnlichen Bauelement mit den Anforderungen entsprechendem Beton.

Darüber hinaus ist es möglich, dass in Vorschriften, die am Ort der Verwendung gelten, Anforderungen an weitere Aspekte angegeben sind, die in dieser Norm nicht spezifiziert werden. Diese schließen beispielsweise Folgendes ein:

- Zusammenhang zwischen den Druckfestigkeiten von Bohrkernen mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2:1 und 1:1, wenn ein anderer Wert als 0,82 auf der Grundlage von Prüfdaten für die örtlichen Werkstoffe gerechtfertigt ist;
- Zusammenhang zwischen Druckfestigkeit von Bauwerksbeton und dem Verhältnis von Bohrkernlänge zu Bohrkerndurchmesser für andere Werte als 2:1 oder 1:1;
- Zusammenhang zwischen der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton für Leichtbetone und dem Verhältnis von Bohrkernlänge zu Bohrkerndurchmesser;
- Anpassung der Bohrkernfestigkeit bei Bohrkernen, die eine Querbewehrung enthalten;
- Faktoren bei einer anderen Bewertung als nach EN 1992-1-1 oder EN 1990;
- Faktor η aus A.2.3 von EN 1992-1-1:2004, wenn in den nationalen Vorschriften ein anderer Wert als der empfohlene Wert von 0,85 verwendet wird;
- in den Unterabschnitten 9.2 und 9.3 andere Kriterien, wenn die Kriterien für die Druckfestigkeit in EN 206:2013+A1:2016, Anhang B, B.3.1, nicht für die Bewertung einer Reihe von Ladungen verwendet wurden, die an eine Baustelle geliefert wurden;
- Anforderungen oder eine weitere Leitlinie, wenn der Hersteller des Betons Nichtkonformität erklärt hat.

(9) Eine Leitlinie zur Durchführung einer Untersuchung ist in Anhang A angegeben.

(10) Weitere Leitlinien und Hintergrundinformationen zu dieser Überarbeitung von EN 13791 und bearbeitete Beispiele für Berechnungen sind in FprCEN/TR 17086, *Further guidance on the application of EN 13791 and background to the provisions* [1] enthalten.

Tabelle 1 — Leitlinie zu maßgebenden Abschnitten

Maßnahme	Abschnitt
Ziel der Untersuchung	Abschnitt 4, A.1
Auswahl der Prüfverfahren	A.3, A.4
Auswahl des Bewertungsverfahrens:	A.2
zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton:	
— basierend auf Daten aus der Prüfung von Bohrkernen;	8.1
— basierend auf indirekter Prüfung, kalibriert gegenüber Probekörpern;	8.2
— basierend auf der Prüfung von Bohrkernen und auf indirekter Prüfung.	8.3
oder zur Bewertung der Druckfestigkeit für den Fall, dass Daten der Produktionskontrolle mit den Anforderungen übereinstimmen, und Daten der Identitätsprüfung auf eine Nichtkonformität hindeuten:	
— basierend auf Daten aus der Prüfung von Bohrkernen;	9.2
— basierend auf indirekter Prüfung und der Prüfung ausgewählter Bohrkernkerne;	9.3
— Screening-Test.	9.4
Vorgehensweise für den Fall, dass der Hersteller die Nichtkonformität der Druckfestigkeit erklärt hat	9.5
Auswahl von Prüfbereichen und Messstellen	5.1, 5.2, A.4
Bestimmung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton anhand von Daten der Bohrkernprüfung	Abschnitt 6
Beurteilung eines Datensatzes um festzustellen, ob er eine einzige Grundgesamtheit repräsentiert	7.1
Beurteilung eines Datensatzes um festzustellen, ob er Ausreißer enthält	7.2
Bewertung und Nutzung der Daten	A.4, A.5, A.6

1 Anwendungsbereich

(1) Dieses Dokument:

- enthält Methoden und Verfahren zur Abschätzung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton und der charakteristischen Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken und Fertigteilen unter Anwendung direkter Verfahren (Bohrkernprüfung) und indirekter Verfahren, z. B. Ultraschall-Impulsgeschwindigkeitsprüfung, Bestimmung der Rückprallzahl;
- enthält Grundsätze und Anleitungen zur Aufstellung der Beziehungen zwischen Prüfergebnissen bei Anwendung indirekter Prüfverfahren und der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton;
- enthält Verfahrensweisen und Anleitungen für die Bewertung der Übereinstimmung mit der Druckfestigkeitsklasse eines vor kurzem eingebrachten Betons.

(2) Dieses Dokument legt Anforderungen an die Bestimmung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton an Messstellen und der charakteristischen Druckfestigkeit von Prüfbereichen fest, wie diese Angaben jedoch anzuwenden sind, muss unter Berücksichtigung der speziellen Situation betrachtet werden, und für den speziellen Fall muss eine ingenieurtechnische Beurteilung erfolgen.

(3) Dieses Dokument schließt nicht die Bewertung der Qualität von Beton bezüglich anderer Eigenschaften als der Druckfestigkeit ein, wie z. B. Eigenschaften in Bezug auf die Dauerhaftigkeit.

(4) Dieses Dokument ist nicht für die Bewertung der Übereinstimmung der Druckfestigkeit des Betons mit EN 206 oder EN 13369 vorgesehen, mit Ausnahme der Angaben in EN 206:2013+A1:2016, 5.5.1.2 oder 8.4.

(5) Dieses Dokument behandelt nicht die Vorgehensweisen oder Kriterien für die routinemäßige Konformitätskontrolle von Betonfertigteilen mittels entweder direkter oder indirekter Messungen der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 206:2013+A1:2016, *Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

EN 1990:2002, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*¹⁾

EN 1992-1-1:2004, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 12350-1, *Prüfung von Frischbeton — Teil 1: Probenahme*

EN 12390-2, *Prüfung von Festbeton — Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen*

EN 12390-3, *Prüfung von Festbeton — Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern*

1) Dieses Dokument wird von der Änderung EN 1990:2002/A1:2005 beeinflusst.

EN 12504-1, *Prüfung von Beton in Bauwerken — Teil 1: Bohrkernproben — Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit*

EN 12504-2, *Prüfung von Beton in Bauwerken — Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung — Bestimmung der Rückprallzahl*

EN 12504-4, *Prüfung von Beton in Bauwerken — Teil 4: Bestimmung der Ultraschallgeschwindigkeit*

EN 13369:2018, *Allgemeine Regeln für Betonfertigteile*

EN 13670, *Ausführung von Tragwerken aus Beton*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe. Begriffe, die sich auf Ausdrücke der Druckfestigkeit beziehen, sind in 3.2.2 angegeben.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

Umrechnungsfaktor für die Bohrkernlänge

Faktor für die Umrechnung des Messwerts oder eines Prüfergebnisses der Bohrkernprüfung in den äquivalenten Wert für einen Bohrkern mit dem gleichen Durchmesser, dessen Länge das Doppelte seines Durchmessers beträgt

3.1.2

Festigkeitsentwicklung

Funktion des Alters und der Temperatur, so dass für einen bestimmten Beton jedes Los mit der gleichen Festigkeitsentwicklung dieselbe Druckfestigkeit aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Festigkeitsentwicklung wird oft als äquivalentes Alter in Tagen bei 20 °C angegeben. In Übereinstimmung mit EN 13670 wird gefordert, dass Berechnungen der Festigkeitsentwicklung auf einem geeigneten Rechenansatz beruhen, der sich für die verwendete Zementart oder die Kombination aus Zement und Zusatzstoff bewährt hat.

3.1.3

Rückprallzahl

Medianwert von mindestens neun gültigen Ablesungen der Rückprallwerte, die an einer Messstelle vorgenommen wurden, erforderlichenfalls nach einer Angleichung, um die Ausrichtung des Rückprallhammers zu berücksichtigen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Rückprallzahl wird als ganze Zahl angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Verfahren zur Bestimmung der Rückprallzahl ist in EN 12504-2 angegeben.

3.1.4

eingegrenzter Prüfbereich

Prüfbereich für die baustatische Bewertung, der ausreichend klein ist, um die Schwankungen der Druckfestigkeit des Bauwerksbetons hauptsächlich auf die gewählten Messstellen und die Variabilität der Prüfung zurückzuführen, und nicht auf Qualitätsschwankungen des eingebrachten Betons

3.1.5

Messstelle

begrenzte Fläche, die für Messungen ausgewählt wurde, und die üblicherweise verwendet wird, um ein Prüfergebnis abzuschätzen, das bei der Bewertung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton anzuwenden ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Bezüglich der Ausnahme, siehe Abschnitt 6 (9) und 8.1 (2).

3.1.6

Prüfbereich

ein oder mehrere ähnliche Bauwerksteil(e) oder Betonfertigteile(e), von denen bekannt ist oder vermutet wird, dass sie aus Beton mit den gleichen Bestandteilen und der gleichen Druckfestigkeitsklasse bestehen, oder dass sie dasselbe definierte Volumen der Identitätsprüfung über die Druckfestigkeit aufweisen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Prüfbereich enthält einzelne Messstellen.

3.1.7

Prüfergebnis

arithmetischer Mittelwert der Messungen oder im Falle der Bestimmung der Rückprallzahl der Medianwert der an einer Messstelle vorgenommenen Messungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Prüfergebnis kann einen einzelnen Bohrkern mit einem Durchmesser ≥ 75 mm oder einen einzelnen Messwert der Ultraschall-Impulsgeschwindigkeit (en: ultrasonic pulse velocity, UPV) umfassen.

3.1.8

Ultraschall-Impulsgeschwindigkeit

(en: ultrasonic pulse velocity)

UPV

Geschwindigkeit, mit der ein Ultraschallimpuls durch Beton hindurchgeht. Die Impulsgeschwindigkeit wird auf 0,01 km/s angegeben.

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Verfahren zur Bestimmung der UPV ist in EN 12504-4 angegeben.

3.2 Symbole und Abkürzungen

3.2.1 Symbole und Abkürzungen

CLF Umrechnungsfaktor für die Bohrkernlänge

G_p kritischer Wert entsprechend dem Ausreißertest nach Grubbs für ein Signifikanzniveau von 1 %, siehe Tabelle 5

R^2 Bestimmtheitsmaß

k_n Faktor, der auf den Schätzwert der Gesamtstandardabweichung der Druckfestigkeit des Bauwerksbetons angewendet wird

k_s Faktor zur Umrechnung der Druckfestigkeit eines Bohrkerns mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 1 : 1 in die gleichwertige Druckfestigkeit eines Bohrkerns mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2 : 1

- m Anzahl gültiger Ergebnisse der indirekten Prüfung im untersuchten Prüfbereich
- n Anzahl der Ergebnisse der Bohrkernprüfung
- p Anzahl der Parameter der Korrelationskurve
- s Schätzwert der Gesamtstandardabweichung der Druckfestigkeit des Bauwerksbetons
- s_c Reststandardabweichung, die ein Maß für die Streubreite der Druckfestigkeitsdaten der Bohrkernprüfung um die angepasste Regressionskurve herum ist
- ANMERKUNG Für die Berechnung von s_c siehe Gleichung (7).
- s_e Standardabweichung aller abgeschätzten Werte der Druckfestigkeit, die ein Maß für die Streubreite der abgeschätzten Bohrkern-Druckfestigkeiten um ihren Mittelwert herum ist
- $x_{i,cor}$ Wert der indirekten Prüfung an der Messstelle i , der für die Korrelation verwendet wird
- x_0 Wert der indirekten Prüfung an der Messstelle „0“ (wo die Druckfestigkeit des Bauwerksbetons für Zwecke der baustatischen Bewertung erforderlich ist)
- $\bar{x}$ Mittelwert der m Werte der indirekten Prüfung, der für die Korrelation verwendet wird

Siehe auch 3.2.2.

3.2.2 Abkürzungen, die in den Beziehungen zwischen verschiedenen Ausdrücken der Druckfestigkeit verwendet werden

(1) Die für die Druckfestigkeit verwendeten Abkürzungen sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 — Abkürzungen, die für die Druckfestigkeit verwendet werden

Abkürzung	Beschreibung und Erklärung
f_c oder $f_{c,Würfel}$	Druckfestigkeit, bestimmt anhand von Betonproben, die in Übereinstimmung mit EN 12350-1 entnommen und in zylinderförmige oder würfelförmige Probekörper geformt sowie in Übereinstimmung mit EN 12390-2 nachbehandelt und nach EN 12390-3 geprüft wurden
$f_{c,Bohrkern}$	Druckfestigkeit eines Bohrkerns, bestimmt nach EN 12504-1. ANMERKUNG Dies ist ein Oberbegriff, der alle Länge-Durchmesser-Verhältnisse abdeckt.
$f_{c,1:1Bohrkern}$ oder $f_{c,2:1Bohrkern}$	Druckfestigkeit eines Bohrkerns, bestimmt nach EN 12504-1. ANMERKUNG Wenn das Verhältnis der Länge zum Durchmesser des Bohrkerns 1:1 beträgt, wird die Abkürzung $f_{c,1:1Bohrkern}$ verwendet, und wenn das Verhältnis der Länge zum Durchmesser des Bohrkerns 2:1 beträgt, wird die Abkürzung $f_{c,2:1Bohrkern}$ verwendet.
$f_{c,is}$	Druckfestigkeit eines Bohrkerns, der an einer Messstelle innerhalb eines Bauwerksteils oder Betonfertigteils entnommen wurde, angegeben als Druckfestigkeit eines Bohrkerns mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2:1 und einem Durchmesser ≥ 75 mm ANMERKUNG 1 Wenn an einer Messstelle mehrere Bohrkerns entnommen werden, ist das Prüfergebnis der Mittelwert der einzelnen Messungen im Rahmen der Prüfung. ANMERKUNG 2 Dieser Wert beruht auf dem Feuchtezustand des Bauwerksbetons vor Ort und wird nicht auf einen Normfeuchtezustand angepasst.

Abkürzung	Beschreibung und Erklärung
$f_{ck, is}$	Wert der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton (angegeben als Druckfestigkeit eines Bohrkerns mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2 : 1 und einem Durchmesser ≥ 75 mm), unter welchem 5 % der Prüfergebnisse erwartet werden, wenn aus dem gesamten Volumen des betrachteten Betons Bohrkern entnommen und geprüft wurden ANMERKUNG 1 Diese Werte werden nicht auf einen Normfeuchtezustand normalisiert. ANMERKUNG 2 Es ist unwahrscheinlich, dass das Volumen des betrachteten Bauwerksbetons dem Volumen entspricht, das zur Bestimmung der Konformität des Frischbetons in Übereinstimmung mit EN 206 verwendet wurde. Im Allgemeinen handelt es sich dabei um ein kleineres Volumen.
$f_{c, is, Schätzung}$	Abgeschätzte Druckfestigkeit von Bauwerksbeton an einer bestimmten Messstelle
$f_{c, is, Höchstwert}$	Höchster Wert der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton bei Messung einer Reihe von „n“ Messstellen (angegeben als Druckfestigkeit eines Bohrkerns mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2 : 1 und einem Durchmesser ≥ 75 mm) ANMERKUNG Wenn mehr als ein Bohrkern an einer Messstelle entnommen wird, werden die Bohrkernmesswerte für jede Messstelle gemittelt, und der „Höchstwert“ ist der höchste dieser gemittelten Messwerte.
$f_{c, is, Tiefstwert}$	Niedrigster Wert der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton bei Messung einer Reihe von „n“ Messstellen (angegeben als Druckfestigkeit eines Bohrkerns mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2:1 und einem Durchmesser ≥ 75 mm) ANMERKUNG Wenn mehr als ein Bohrkern an einer Messstelle entnommen wird, werden die Bohrkernmesswerte für jede Messstelle gemittelt, und der „Tiefstwert“ ist der niedrigste dieser gemittelten Messwerte.
$f_{c, is, reg}$	Wert der indirekten Prüfung, umgerechnet in die äquivalente Druckfestigkeit von Bauwerksbeton mittels einer Regressionsgleichung
$f_{ck, Probekörper}$	Charakteristische Mindestdruckfestigkeit von zylindrischen Probekörpern mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2 : 1 in Verbindung mit der festgelegten Druckfestigkeitsklasse ANMERKUNG Beispielsweise beträgt $f_{ck, Probekörper}$ 30 MPa bei der Druckfestigkeitsklasse C30/37. Siehe EN 206 für alle Druckfestigkeitsklassen.
$f_{c, m(n) is}$	Mittlere Druckfestigkeit von Bauwerksbeton bei Messung einer Reihe von „n“ Messstellen (angegeben als Druckfestigkeit eines Bohrkerns mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2:1 und einem Durchmesser ≥ 75 mm)

4 Ziel der Untersuchung und Prüfungsparameter

(1) Vor Beginn der Prüfungen auf der Baustelle muss Folgendes ermittelt und dokumentiert werden:

- a) das Ziel der Untersuchung;
- b) anzuwendende Normen, Prüfverfahren und Bewertungstechniken;

ANMERKUNG 1 Siehe A.3 und Normen über Prüfverfahren bezüglich Beschränkungen von Prüfverfahren.

- c) Prüfbereich(e) und Messstellen;
- d) Anzahl von Messungen je Messstelle;

- e) falls Bohrkerne entnommen werden, der Durchmesser und die Länge der von der Oberfläche zu entnehmenden Bohrkerne;

ANMERKUNG 2 Der angegebene Durchmesser des Bohrkerns bezieht sich auf den Durchmesser des fertigen Bohrkerns und nicht auf das Lochmaß.

- f) wo die Bohrkerne anzuschneiden sind, um die zugeschnittene(n) Länge(n) für die Prüfung zu erhalten;
- g) das zur Vorbereitung der Enden der Bohrkerne anzuwendende Verfahren;
- h) ob die Probenahme und Prüfung von einem Labor ausgeführt werden müssen, welches anerkannte Verfahren nach ISO/IEC 17025 anwendet;
- i) Verfahren der Wiederherstellung nach der Entnahme von Bohrkernen;
- j) alle Abweichungen von den in prEN 13791 festgelegten Verfahren.

(2) Bild 1 und Bild 2 sind Flussdiagramme zur Unterstützung bei der Auswahl der geeigneten Techniken und Abschnitte.

(3) Eine Anleitung zur Durchführung einer Untersuchung ist in Anhang A angegeben.

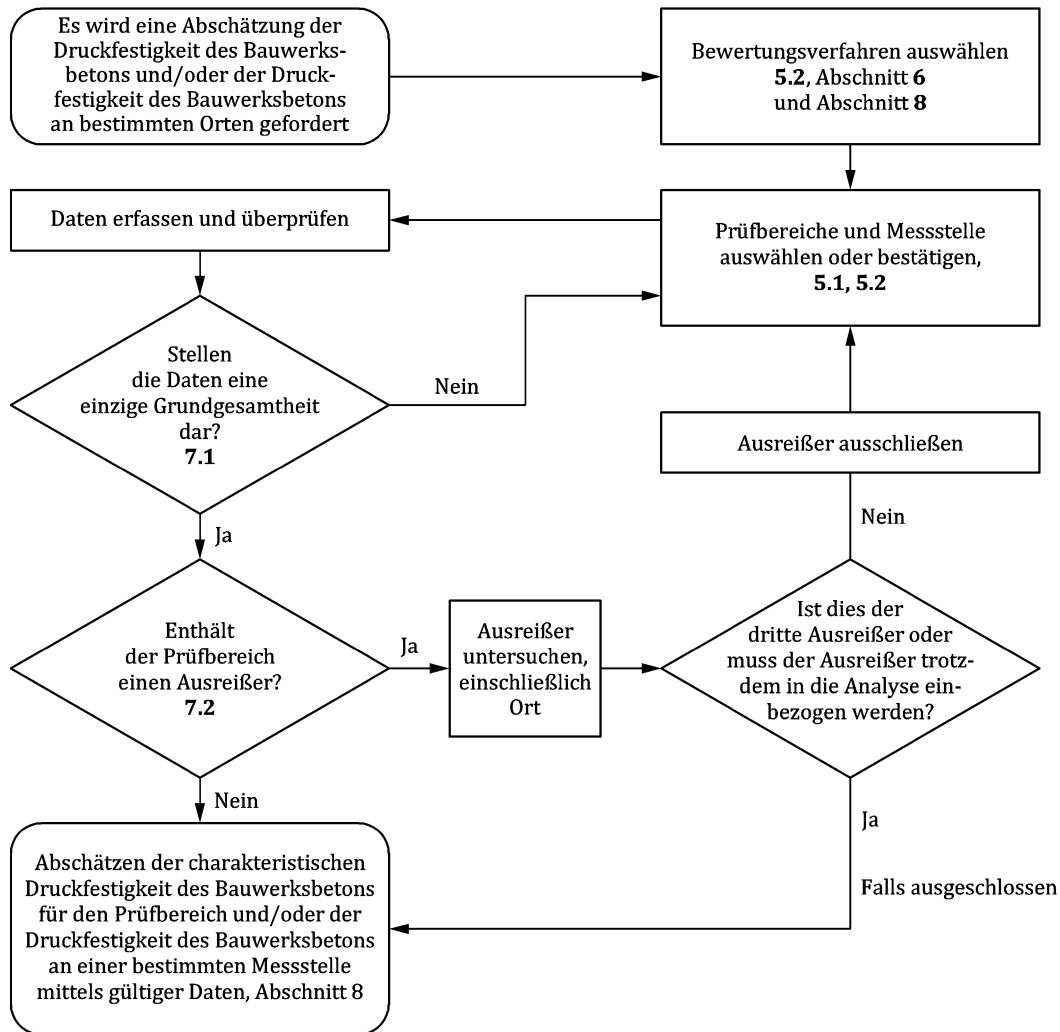


Bild 1 — Flussdiagramm zur Abschätzung der charakteristischen Druckfestigkeit des Bauwerksbetons für den Prüfbereich und der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton an bestimmten Stellen

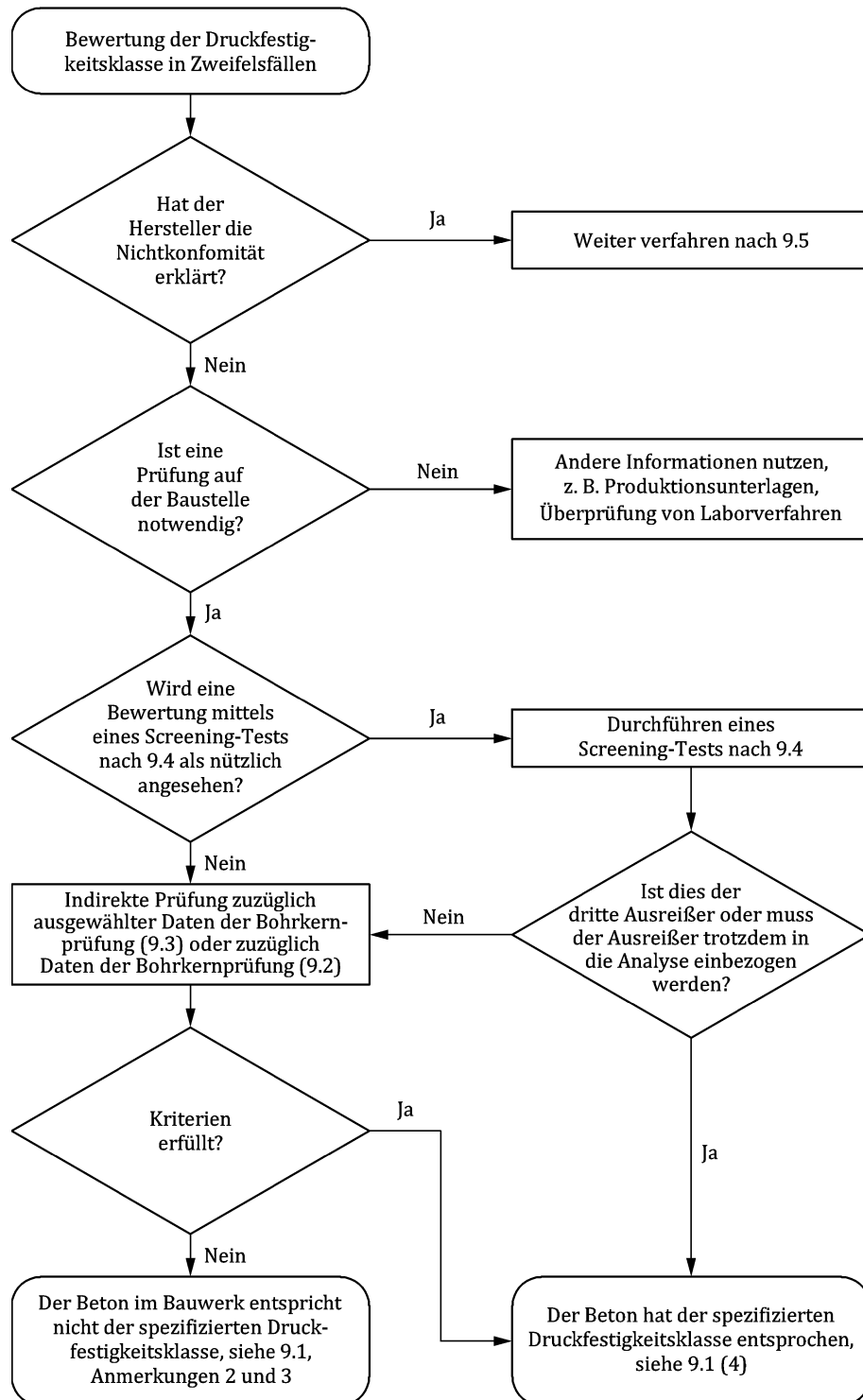


Bild 2 — Flussdiagramm zur Bewertung der Druckfestigkeitsklasse von geliefertem Beton in Zweifelsfällen

5 Prüfbereiche, Messstellen und Anzahl der Prüfungen

5.1 Prüfbereiche

(1) Die Prüfbereiche sind festzulegen. Sie dürfen aus einer Reihe ähnlicher Elemente, einem großen Element oder dem in Zusammenhang mit der Identitätsprüfung (Vor-Ort-Kontrolle) festgelegten Volumen für die

Druckfestigkeit bestehen. Betone, die sich hinsichtlich der Betonrezeptur unterscheiden, müssen gesonderte Prüfbereiche aufweisen. Wenn die Druckfestigkeiten des Betons nicht bekannt sind, muss eine ingenieurtechnische Beurteilung erfolgen, um Bauelemente in Prüfbereiche einzuteilen, und die Prüfergebnisse sind zu überprüfen, um festzustellen, ob sie mehr als eine Betonart umfassen.

ANMERKUNG 1 Bei alten Bauwerken kann der Beton vor Ort oder außerhalb der Baustelle hergestellt worden sein, es kann sich um Beton nach Eigenschaften oder um Beton nach Zusammensetzung handeln, und er könnte aus unterschiedlichen Quellen stammen, zu verschiedenen Zeiten hergestellt worden sein und aufgrund wechselnder Beanspruchung Schwankungen unterworfen gewesen sein. Aus diesen Gründen kann der Bauwerksbeton einer Reihe verschiedener Druckfestigkeitsklassen angehören.

(2) Betone aus unterschiedlichen Betonmischanlagen dürfen im selben Prüfbereich eingebracht werden, unter der Voraussetzung, dass dieselbe Betonauslegung und dieselben Bestandteile verwendet werden, z. B. auf einer großen Baustelle oder in einer Transportbetonanlage, wenn zwei oder mehr Betonmischanlagen vorhanden sind.

(3) Wenn die untersuchten Bauelemente Betonfertigteile und Bauwerksbeton umfassen, müssen die Betonfertigteile und der Bauwerksbeton unterschiedliche Prüfbereiche bilden.

(4) In dieser Norm wird für alte Bauwerke der Begriff eines eingegrenzten Prüfbereichs verwendet. Ein solcher eingegrenzter Prüfbereich darf keine Ladungen enthalten, die sich bekanntermaßen oder vermutlich erheblich von den anderen Ladungen unterscheiden, die diesen Prüfbereich ausmachen.

ANMERKUNG 2 Siehe Definition in 3.1.4.

(5) Sofern das Betonvolumen, das an einem einzigen Tag eingebracht wird, nicht mehr als etwa 30 m³ beträgt und es keinen Hinweis darauf gibt, dass sich eine der Ladungen möglicherweise von den anderen unterscheidet, wird bei den Verfahren nach Abschnitt 9 davon ausgegangen, dass der eingebrachte Beton nicht erheblich abweicht und die Schwankungen der Prüfergebnisse ausschließlich auf den Ort innerhalb des Prüfbereichs und die Variabilität der Prüfung zurückzuführen sind.

5.2 Messstellen

(1) Die Anzahl der Messstellen je Prüfbereich hängt vom verwendeten Betonvolumen, dem Zweck der Prüfung und dem geforderten Vertrauensniveau der Schätzung ab. Die Anzahl der Messstellen je Prüfbereich ist zu bestimmen und zu spezifizieren.

(2) Die Messstellen müssen so ausgewählt werden, dass das Ziel der Untersuchung (siehe Abschnitt 4) erreicht werden kann. Jede Messstelle muss bestimmt und spezifiziert werden. Die Mindestanzahl von Messstellen ist in 8.1 und Abschnitt 9 festgelegt.

ANMERKUNG 1 Eine Anleitung zur Bewertung alter Bauwerke wird in EN 1998-3 [7] bereitgestellt.

(3) Die Anzahl der einzelnen Messungen im Rahmen der Prüfung, die erforderlich ist, um ein Prüfergebnis zu erreichen, schwankt in Abhängigkeit vom Prüfverfahren, siehe Tabelle 3.

(4) Wenn das Ziel der Untersuchung darin besteht, die charakteristische Druckfestigkeit des Bauwerksbetons ($f_{ck, is}$) abzuschätzen, sind die Messstellen innerhalb des Prüfbereichs so zu wählen, dass die typischen Schwankungen der Druckfestigkeit innerhalb der Bauelemente berücksichtigt werden, siehe A.4 für eine Anleitung zur Auswahl der Messstellen.

(5) Die auf der Baustelle zu betrachtenden Bedingungen schließen Folgendes ein:

- allgemeine Lage der Baustelle und Leichtigkeit des Transports der Prüfeinrichtung;
- Zugänglichkeit zum fraglichen Bereich auf der Baustelle;

— Sicherheit des Personals auf der Baustelle sowie der Öffentlichkeit.

(6) Bei der Auswahl von Messstellen sind folgende Bereiche zu vermeiden:

- gerissene Bereiche;
- stark beanspruchte oder kritische Bauteile;
- Bewehrungs- und Spannstähle und Kanäle.

(7) Es wird empfohlen, ein Betondeckungsmessgerät oder einen Radar zu verwenden, um dazu beizutragen, dass sichergestellt wird, dass die vorgeschlagenen Messstellen frei von Bewehrungs- oder Spannstählen sind.

(8) Wenn indirekte Prüfverfahren anzuwenden sind, siehe die einschlägige Norm über das Prüfverfahren zur Durchführung der Prüfung und den maßgeblichen Abschnitt dieser Norm hinsichtlich einer Anleitung bezüglich der Mindestanzahl von Messstellen je Prüfbereich.

Tabelle 3 — Arten von Prüfungen und Zusammenhang zwischen Messstellen und Prüfbereichen

Prüfung	Messstelle	Prüfbereich
Druckfestigkeit von Bohrkernen (EN 12504-1)	Ein Prüfergebnis darf die Festigkeit eines einzelnen Bohrkerns sein, die mittlere Festigkeit der Bohrkern, falls mehr als ein Bohrkern an der Messstelle entnommen wird, z. B. wenn ein langer Bohrkern in zwei oder mehrere kürzere Bohrkern geteilt wird. Siehe auch Abschnitt 6 für Anforderungen an Bohrkern mit Durchmessern von weniger als 75 mm.	Die Mindestanzahl gültiger Prüfergebnisse für die Abschätzung der charakteristischen Druckfestigkeit des Bauwerksbetons eines Prüfbereichs beträgt acht, vorausgesetzt, der Bohrkerndurchmesser ist ≥ 75 mm, siehe 8.1 (2), wobei empfohlen wird, an mindestens zehn Messstellen Bohrkern zu entnehmen, um mögliche Ausreißer zu berücksichtigen. Bei einem eingegrenzten Prüfbereich darf eine geringere Anzahl gültiger Prüfergebnisse zugelassen werden, siehe 8.1 (6)). Die Mindestanzahl gültiger Prüfergebnisse von Bohrkernen mit einem Durchmesser ≥ 75 mm, die in Kombination mit einer indirekten Prüfung zu verwenden sind, beträgt drei, siehe 8.3, wobei jedoch an mindestens vier Messstellen Bohrkern entnommen werden sollten, um einen möglichen Ausreißer zu berücksichtigen.
Rückprallzahl ^a (EN 12504-2)	Das Prüfergebnis nach EN 12504-2 ist die Rückprallzahl und umfasst den Medianwert von mindestens 9 gültigen Ablesewerten an einer Messstelle.	Bei Untersuchungen mittels Rückprallhammer an Stellen in regelmäßigen Abständen voneinander zeigen sich Schwankungen der Oberflächenhärte des Betons über das Bauwerk und werden Teile des Prüfbereichs identifiziert, an denen Bohrkern entnommen oder weitergehende Untersuchungen durchgeführt werden sollten.
UPV ^a (EN 12504-4)	Ein Prüfergebnis darf ein einzelner Messwert der Ultraschall-Impulsgeschwindigkeit, die durch ein Betonbauteil direkt oder indirekt gemessen wird, sein, oder die	Bei UPV-Untersuchungen an Stellen in regelmäßigen Abständen voneinander zeigen sich Schwankungen der Betondichte über das Bauwerk, und werden Teile des Prüfbereichs identifiziert, an denen

Prüfung	Messstelle	Prüfbereich
	mittlere Ultraschall-Impulsgeschwindigkeit, falls mehr als eine Messung an der Messstelle durchgeführt wird.	Bohrkerne entnommen oder weitergehende Untersuchungen durchgeführt werden sollten.
^a Weder die Rückprallzahl noch die Ultraschall-Impulsgeschwindigkeit stellen direkte Messungen der Druckfestigkeit dar, sie dürfen jedoch bei Kalibrierung speziell in Bezug auf den im Bauwerk verwendeten Beton zur Abschätzung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton angewendet werden, siehe Abschnitt 8.		

ANMERKUNG 2 Wenn die grafische Darstellung der Häufigkeit im Vergleich zum Prüfwert eine symmetrische Glockenform um den Mittelwert herum annimmt, kann eine Gauß-Verteilung der Prüfergebnisse angenommen werden. Wenn niedrige Spitzen in der Verteilung auftreten, weisen diese auf Messstellen hin, für die weitere Untersuchungen erforderlich sein könnten.

6 Prüfung von Bohrkernen und Bestimmung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton

(1) Bei den Verfahren nach Abschnitt 9 darf keine Prüfung an Bohrkernen durchgeführt werden, deren Festigkeitsentwicklung geringer ist als diejenige, die als Grundlage für die Konformitätsprüfung verwendet wurde, z. B. 28 Tage bei 20 °C.

(2) Die Prüfung von Bohrkernen ist in Übereinstimmung mit EN 12504-1 durchzuführen.

(3) Die Dichte der Bohrkerne sollte bestimmt und im Bericht angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Die Dichte des Bohrkerns ist für die Auswertung der Bohrkernmessungen hilfreich.

(4) Es müssen Bohrkerne mit einem zugeschnittenen Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2 : 1 oder 1 : 1 und einem Durchmesser ≥ 75 mm festgelegt werden, außer wenn dies praktisch nicht durchführbar ist. Wenn es aufgrund der Einzelheiten der Bewehrung praktisch nicht durchführbar ist, Bohrkerne mit einem Durchmesser ≥ 75 mm zu verwenden, müssen Bohrkerndurchmesser von mindestens 50 mm festgelegt werden.

(5) Bohrkerne sollten frei von Bewehrungen sein. Wenn ein Bohrkern eine Bewehrung enthält, die senkrecht zur Beladungsrichtung angeordnet ist, muss dies aufgezeichnet und gesondert beurteilt werden.

ANMERKUNG 2 Eine weitere Anleitung zur Auswahl von Bohrkerngrößen ist in A.4 angegeben.

ANMERKUNG 3 Es sind keine Anforderungen an die Umrechnung von Bohrkernen mit einem anderen Länge-Durchmesser-Verhältnis als 2:1 und 1:1 in eine Druckfestigkeit von Bauwerksbeton ($f_{c,ls}$) festgelegt.

(6) Jeder Bohrkern, der eine Bewehrung in Richtung der Kernbohrung oder nahe der Richtung der Kernbohrung enthält, muss sofort zurückgewiesen und ein weiterer Bohrkern von derselben Messstelle entnommen werden.

(7) Für die Bestimmung der Druckfestigkeit des Bauwerksbetons wird das Prüfergebnis des Bohrkerns unter Anwendung des Umrechnungsfaktors für die Bohrkernlänge (CLF) in den äquivalenten Wert eines Bohrkerns mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2:1 umgerechnet. Bei Normal- und Schwerbeton ist der Faktor zur Umrechnung eines 1:1-Bohrkerns in einen 2:1-Bohrkern 0,82, sofern in den Vorschriften, die am Ort der Verwendung gelten, kein anderer Wert angegeben ist, oder ein anderer Wert aufgrund einer Prüfung gerechtfertigt ist. Für andere Länge-Durchmesser-Verhältnisse muss der CLF in den Vorschriften angegeben werden, die am Ort der Verwendung gelten. Bei Leichtbetonen muss der CLF in den Vorschriften, die am Ort der Verwendung gelten, angegeben werden, oder aufgrund einer Prüfung gerechtfertigt werden.

(8) Die Anforderungen zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton an einer Messstelle sind in Tabelle 4 angegeben.

ANMERKUNG 4 Die Korngröße hat einen wesentlichen Einfluss auf die gemessene Druckfestigkeit, wenn der Bohrkerndurchmesser dividiert durch die obere Korngröße kleiner als etwa 3 ist.

ANMERKUNG 5 Kleinere Bohrkern haben eine höhere Schwankungsbreite, weshalb die Anzahl der Bohrkern erhöht werden muss, damit sich für das Prüfergebnis dasselbe Vertrauensniveau ergibt. Es gibt Hinweise darauf, dass bei einer oberen Korngröße von 20 mm Bohrkern mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2:1 und einem Durchmesser von 100 mm eine um etwa 7 % höhere Festigkeit aufweisen als Bohrkern mit einem Durchmesser von 50 mm (siehe EN 12504-1), jedoch liegen für eine Quantifizierung des Unterschieds für Bohrkern mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 1:1 nicht genügend Beweise vor, so dass dies nicht berücksichtigt wird.

(9) Wenn Bohrkern mit einem Durchmesser von mindestens 50 mm und weniger als 75 mm entnommen werden, um die mittlere Druckfestigkeit zu bestimmen, und kein Interesse daran besteht, einen Schätzwert für die Druckfestigkeit an jeder Messstelle zu erhalten, darf ein einzelner Bohrkern an jeder Messstelle entnommen werden (siehe 8.1 bezüglich der Mindestanzahl der Messstellen).

ANMERKUNG 6 Um für das Prüfergebnis an einer bestimmten Messstelle dasselbe Vertrauensniveau zu erhalten wie es bei einem Bohrkern mit einem Durchmesser ≥ 75 mm vorliegt, wird der Mittelwert einer Reihe von Bohrkern mit kleinem Durchmesser (siehe Tabelle 4) benötigt; jedoch kann bezüglich der mittleren Druckfestigkeit für einen Prüfbereich dasselbe Vertrauensniveau erreicht werden, indem die Anzahl der Messstellen erhöht und an jeder Messstelle ein einzelner Bohrkern mit kleinem Durchmesser entnommen wird (siehe 8.1).

Tabelle 4 — Anforderungen, um ein Prüfergebnis für eine Messstelle zu erhalten

Anforderung	Durchmesser des Bohrkerns von 50 mm ^a	Durchmesser des Bohrkerns ≥ 75 mm	
Länge-Durchmesser-Verhältnis	Nennverhältnis: 1:1 ^b Zulässiger Bereich: 0,90:1 bis 1,10:1	Nennverhältnis: 2:1 Zulässiger Bereich: 1,95:1 bis 2,05:1	Nennverhältnis: 1:1 Zulässiger Bereich: 0,90:1 bis 1,10:1
Mindestanzahl von Druckfestigkeitswerten des Bohrkerns, um ein Prüfergebnis an einer Messstelle zu erhalten	3	1	1
Druckfestigkeit von Bauwerksbeton an einer Messstelle ($f_{c,ls}$)	CLF^c (Mittelwert der Werte für $f_{c,1:1}$ Bohrkern)	Mittelwert der Werte für $f_{c,2:1}$ Bohrkern ^d	CLF^c (Mittelwert der Werte für $f_{c,1:1}$ Bohrkern) ^d
^a Bei Durchmessern über 50 mm und weniger als 75 mm sollte die Mindestanzahl an Werten der Bohrkerndruckfestigkeit interpoliert und spezifiziert werden. ^b Für Bohrkern mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von 2 : 1 und einem Durchmesser von 50 mm gibt es keine Vorschriften. ^c Bezüglich des Wertes des CLF siehe Abschnitt 6 (7). ^d Wenn ein einzelner Bohrkern entnommen wurde, gilt $f_{c,ls} = f_{c,2:1}$ Bohrkern oder $CLF_{f_{c,1:1}}$ Bohrkern			

7 Erstbeurteilung des Datensatzes

7.1 Beurteilung des Prüfbereichs um zu ermitteln, ob er eine einzige Grundgesamtheit repräsentiert

(1) Wenn nicht bekannt ist, ob der vorgeschlagene Prüfbereich eine einzige Druckfestigkeit aufweist (was wahrscheinlicher ist, wenn Verfahren nach Abschnitt 8 anzuwenden sind), sollten alle verfügbaren Informationen über die Produktionskontrolle sowie die Baustellendokumentation verwendet werden, um die Prüfbereiche und Stellen zu ermitteln, für die eine spezielle Untersuchung erforderlich ist. Obwohl es angemessen ist anzunehmen, dass der Beton innerhalb eines einzelnen Bauelements eine Grundgesamtheit darstellt, gibt es seltene Ausnahmen, für die die Annahme nicht gilt, z. B. wenn eine für ein anderes Bauelement bestimmte Ladung in das untersuchte Bauelement eingebracht wurde; jedoch könnte eine solche Ladung auch als Ausreißer nach oben oder unten identifiziert werden, siehe 7.2. Die Messstelle und die Druckfestigkeitsdaten werden einer Sichtprüfung unterzogen, um zu überprüfen, ob ungewöhnliche Prüfergebnisse vorliegen, welche möglicherweise darauf hinweisen, dass der Prüfbereich zwei oder mehr Druckfestigkeiten enthält. Wenngleich eine sorgfältige Auswahl der Prüfbereiche das Risiko, dass zwei Druckfestigkeiten in einem Prüfbereich enthalten sind, auf ein Mindestmaß verringert, ist diese Möglichkeit dadurch dennoch nicht ausgeschlossen.

ANMERKUNG 1 Beispielsweise kann der Prüfbereich alle Stützen eines Gebäudes beinhalten. Wenn die Daten aus zwei Grundgesamtheiten zu stammen scheinen, wären alle Stützen von ähnlicher Größe auf einem oder mehreren Geschossen „ähnlich angeordnete Bauelemente“ (die Festigkeit des Betons in den Stützen kann auf den oberen Geschossen niedriger gewesen sein oder manche Stützen können aufgrund von vorübergehend kaltem Wetter mit einem Beton höherer Festigkeit gegossen worden sein).

ANMERKUNG 2 Die Lage des Bohrkerns (oben, in der Mitte oder unten) wirkt sich auf die Druckfestigkeit aus, wobei diese Schwankungen jedoch verringert werden, wenn die Empfehlungen in A.4 befolgt werden. Im Allgemeinen ist es sicher davon auszugehen, dass der Beton in einem einzelnen Bauelement Beton einer einzigen Festigkeitsklasse aufweist.

(2) Wenn es aufgrund der Prüfergebnisse Hinweise darauf gibt, dass der Prüfbereich möglicherweise zwei Druckfestigkeiten enthält:

- wird der Datensatz entweder in zwei Prüfbereiche aufgeteilt, wobei jedoch die Mindestanforderungen an einen Prüfbereich beachtet werden;
- oder die Daten werden in zwei Datensätze aufgeteilt und es wird ermittelt, ob die mittlere Festigkeit abweicht, indem beispielsweise eine t-Prüfung angewendet wird.

ANMERKUNG 3 Da Abschnitt 8 die Bestimmung einer charakteristischen Druckfestigkeit des Bauwerksbetons abdeckt und diese auf der mittleren Festigkeit und der Standardabweichung beruht, ist eine Prüfung, welche ermittelt, ob die mittleren Festigkeiten sich wesentlich unterscheiden, die geeignete Herangehensweise.

ANMERKUNG 4 In Abhängigkeit von der Betonierhöhe kommt es aufgrund des Verdichtungsverfahrens und des Wirkungsgrades zu einer natürlichen Schwankung der Druckfestigkeit.

(3) Wenn eine t-Prüfung dazu herangezogen wird, zu bestimmen, ob die mittlere Festigkeit abweicht oder eine Gruppe einen höheren Wert aufweist als die andere Gruppe, müssen die Varianzen zusammengefasst werden.

(4) Wenn sich zeigt, dass die mittlere Festigkeit erheblich abweicht, müssen die Daten in zwei Prüfbereiche aufgeteilt werden; wenn die mittleren Festigkeiten sich nicht wesentlich unterscheiden, muss der Datensatz als einzelner Prüfbereich betrachtet werden.

(5) Diese Überprüfung ist bei Untersuchungen im Rahmen der Verfahren nach Abschnitt 9 nicht erforderlich.

7.2 Bewertung einzelner Prüfergebnisse innerhalb eines Prüfbereichs

(1) Wenn ein Datensatz ein oder mehrere Prüfergebnisse zu enthalten scheint, die ungewöhnlich niedrig oder hoch sind, sollten diese Prüfergebnisse überprüft werden, um zu ermitteln, ob es sich dabei um statistische Ausreißer handelt.

ANMERKUNG 1 Siehe A.6 für eine Anleitung bezüglich des Umgangs mit Ausreißern.

(2) Eine Reihe von Ergebnissen einer indirekten Prüfung darf ebenfalls Ausreißer enthalten, was möglicherweise darauf hindeutet, dass an dieser Messstelle möglicherweise eine weitere Untersuchung erforderlich ist, z. B. eine Prüfung von Bohrkernen.

(3) Durch Bewertung beispielsweise der Differenz zwischen dem niedrigsten oder höchsten Prüfergebnis und dem Mittelwert aller Prüfergebnisse, ist es möglich zu bestimmen, ob es sich bei dem niedrigsten oder höchsten Ergebnis um einen statistischen Ausreißer handelt. Wie vorzugehen ist, wenn ein oder mehrere Ergebnisse statistische Ausreißer ist/sind, ist eine Frage der ingenieurtechnischen Beurteilung.

(4) Jedes festgelegte Verfahren für die Bewertung statistischer Ausreißer ist zulässig.

ANMERKUNG 2 Siehe beispielsweise ASTM E178 [2].

(5) Die Prüfung nach Grubbs darf zur Ermittlung statistischer Ausreißer angewendet werden, vorausgesetzt, die Daten sind normalverteilt. Der größte Prüfwert von n aufeinanderfolgenden Prüfwerten sollte als Ausreißer betrachtet werden, wenn

$$\frac{f_{c, \text{is, Höchstwert}} - f_{c, m(n) \text{is}}}{s} > G_p \quad (1)$$

Tabelle 5 — Kritische Werte (G_p) für die Prüfung auf Ausreißer

Anzahl der Prüfwerte	G_p
4	1,496
5	1,764
6	1,973
7	2,139
8	2,274
9	2,387
10	2,482
11	2,564
12	2,636
13	2,699
14	2,755
15	2,806
16	2,852
17	2,894
18	2,932

Anzahl der Prüfwerte	G_p
19	2,968
20	3,001
25	3,135
30	3,236
35	3,316
40	3,381
50	3,482
60	3,560
70	3,621
80	3,673
90	3,716
100	3,754
120	3,817
140	3,867
160	3,910
180	3,946
200	3,978
250	4,042

(6) Der kleinste Prüfwert von n aufeinanderfolgenden Prüfwerten sollte als Ausreißer betrachtet werden, wenn

$$\frac{f_{c,m(n)is} - f_{c,is,Tiefstwert}}{s} > G_p \quad (2)$$

(7) Im Falle möglicher Ausreißer an beiden Extremen, sollte dieses Verfahren zuerst auf den Wert angewendet werden, der am stärksten vom Mittelwert abweicht. Dieses Verfahren darf zweimal auf einen Datensatz für einen Prüfbereich angewendet werden. Bevor die Prüfung wiederholt wird, muss der erste Ausreißer von der Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung ausgeschlossen werden. Jeder Ausreißer muss dokumentiert und einzeln beurteilt werden. Wenn mehr als zwei Prüfergebnisse Ausreißer darstellen, ist dies möglicherweise ein Anzeichen dafür, dass der Prüfbereich mindestens zwei Betone enthält, und diese Möglichkeit sollte untersucht werden.

8 Abschätzung der Druckfestigkeit für die baustatische Bewertung eines bestehenden Bauwerks

8.1 Ausschließlich basierend auf Daten aus der Prüfung von Bohrkernen

(1) Die Werte der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton ($f_{c,is}$) werden überprüft, um sicherzustellen, dass alle Werte gültig sind. Alle gültigen Prüfergebnisse werden dazu verwendet, die mittlere Druckfestigkeit von Bauwerksbeton ($f_{c,m(n)is}$) und die Standardabweichung der Probe s des Prüfbereiches im untersuchten Bauwerk abzuschätzen.

(2) Mit Ausnahme von eingegrenzten Prüfbereichen muss die Abschätzung der charakteristischen Druckfestigkeit von Bauwerksbeton mindestens auf folgenden Grundlagen beruhen:

- auf acht gültigen Prüfergebnissen aus der Prüfung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton, basierend auf Bohrkernen mit einem Durchmesser ≥ 75 mm in Übereinstimmung mit Tabelle 4; oder
- auf zwölf gültigen Werten aus der Prüfung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton, wovon jeder auf der Prüfung eines einzelnen Bohrkerns mit einem Durchmesser von 50 mm aus Beton mit einer oberen Korngröße ≤ 16 mm basiert.

(3) Bei Anwendung der Gleichung (3) muss die Standardabweichung der Probe die berechnete Standardabweichung der Probe s oder der Wert sein, der einen Variationskoeffizienten von 8 % ergibt, wobei der jeweils größere Wert gilt.

ANMERKUNG 1 Ein Mindestwert des Variationskoeffizienten dient als Schutz gegenüber der Verwendung eines unrealistisch niedrigen Wertes, wenn die Ergebnisse der Prüfung von Bohrkernen ungewöhnlich nah beieinander liegen.

(4) Die charakteristische Druckfestigkeit des Bauwerksbetons ($f_{ck, is}$) wird aus dem niedrigeren der folgenden Werte abgeschätzt:

$$f_{ck, is} = f_{c, m(n)is} - k_n s \quad (3)$$

Dabei wird

k_n der Tabelle 6 entnommen; oder

$$f_{ck, is} = f_{c, is, \text{Tiefstwert}} + M \quad (4)$$

Dabei basiert

der Wert von M auf dem Wert von $f_{c, is, \text{Tiefstwert}}$ und wird der Tabelle 7 entnommen.

Tabelle 6 — k_n -Werte zur Verwendung in Gleichung (3)

n	4	8	10	12	16	20	30	∞
k_n	2,63	2,00	1,92	1,87	1,81	1,76	1,73	1,64

ANMERKUNG 2 Gleichung (3) und Tabelle 6 sind mit EN 1990:2002, Anhang D abgeglichen.

Tabelle 7 — Wert der Spanne M zur Anwendung in der Gleichung (4)

Wert von $f_{c, is, \text{Tiefstwert}}$ in MPa	Spanne in MPa
≥ 20	4
$\geq 16 < 20$	3
$\geq 12 < 16$	2
< 12	1