

Joint Committee
on Structural Safety

Workshop on Assessment of Existing Structures

28th and 29th January 2021

Determination of Characteristic Compressive Strength
of Existing Structures According to EN 13791:2019

Prof. Dr.-Ing. Christian Glock, Rabea Sefrin, M.Sc.



Sustainable future needs use of existing structures

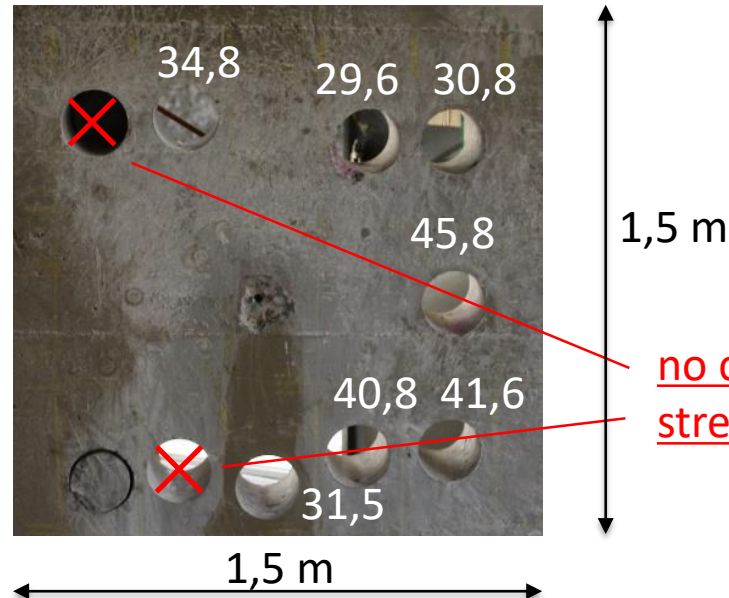
Refurbishment and change of use lead to recalculation according to current standards

Decisive input variable for concrete is f_{ck} and $f_{ck,is}$

Distribution of Compressive Strengths

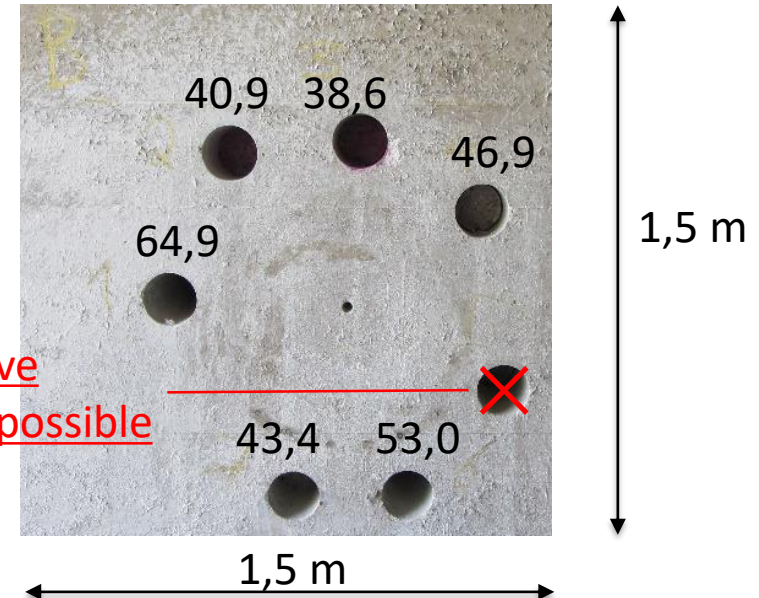
Building A

$$v_x = 0,21$$



Building B

$$v_x = 0,19$$



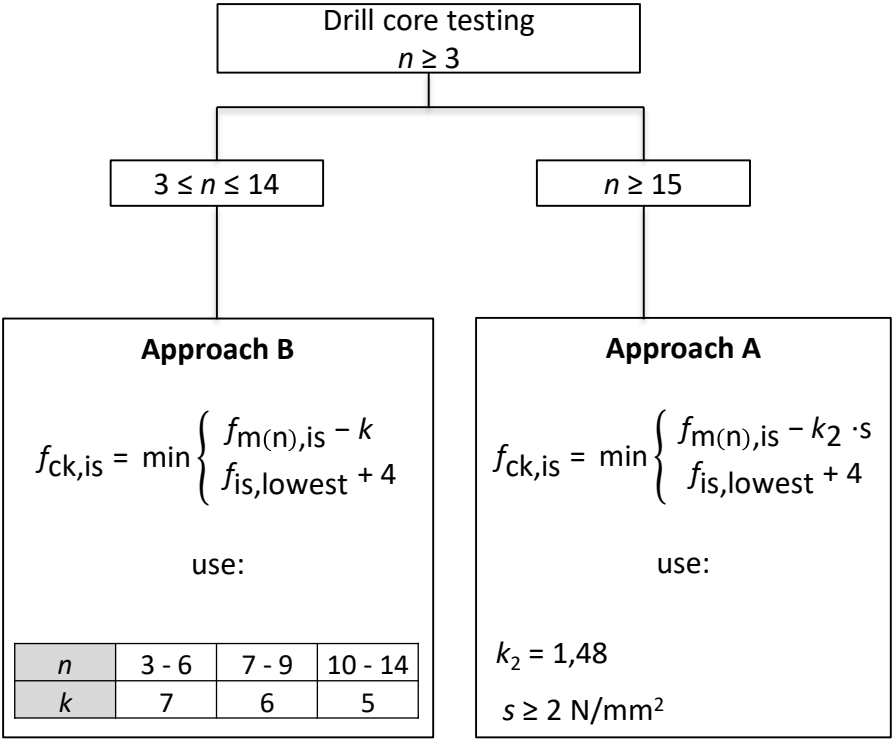
no compressive
strength test possible

DEUTSCHE NORM		Mai 2008
DIN EN 13791		DIN
ICS 91.080.40		
Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13791:2007 Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components; German version EN 13791:2007 Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton; Version allemande EN 13791:2007		
EN 13791:2007		
Gesamtumfang 38 Seiten		
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN		

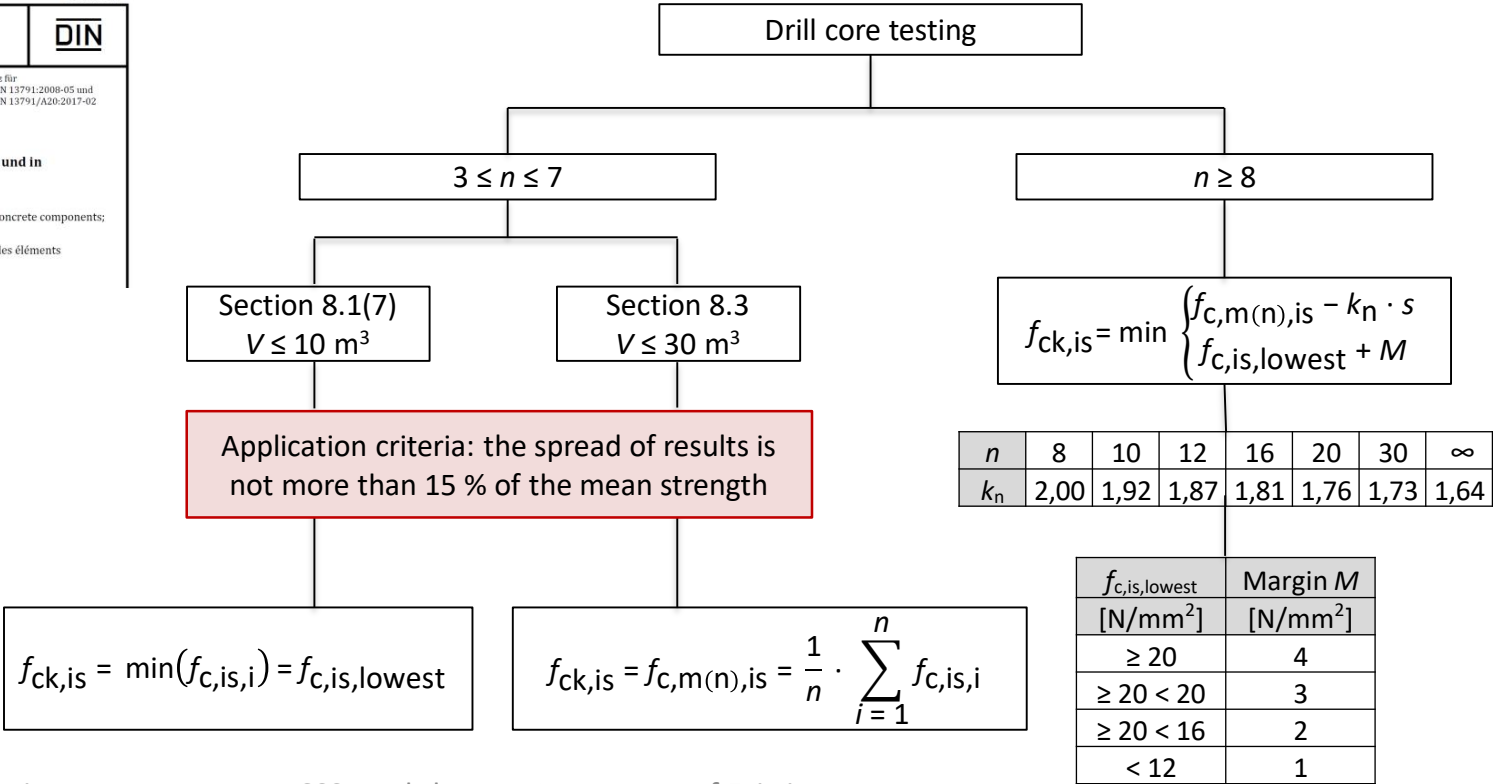
DEUTSCHE NORM		Februar 2017
DIN EN 13791/A20		DIN
ICS 91.080.40		Änderung von DIN EN 13791:2008-05
Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Änderung A20 Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components; Amendment A20 Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton; Amendement A20		
February 2017 ! only in Germany !		
Gesamtumfang 13 Seiten		
DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)		

DEUTSCHE NORM		Februar 2020
DIN EN 13791		DIN
ICS 91.080.40		Ersetzt für DIN EN 13791:2008-05 und DIN EN 13791/A20:2017-02
Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken und in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13791:2019 Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components; German version EN 13791:2019 Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton; Version allemande EN 13791:2019		
EN 13791:2019		
Gesamtumfang 48 Seiten		
DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)		

DEUTSCHE NORM		Mai 2008
	DIN EN 13791	DIN
ICS 91.080.40		
Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13791:2007 Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components; German version EN 13791:2007 Evaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton; Version allemande EN 13791:2007		



DEUTSCHE NORM		Februar 2020
DIN EN 13791		
ICS 91.080.40		Ersatz für DIN EN 13791:2008-05 und DIN EN 13791/A20:2017-02
Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken und in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13791:2019		
Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components; German version EN 13791:2019		
Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton; Version allemande EN 13791:2019		



DEUTSCHE NORM

Februar 2020

DIN EN 13791



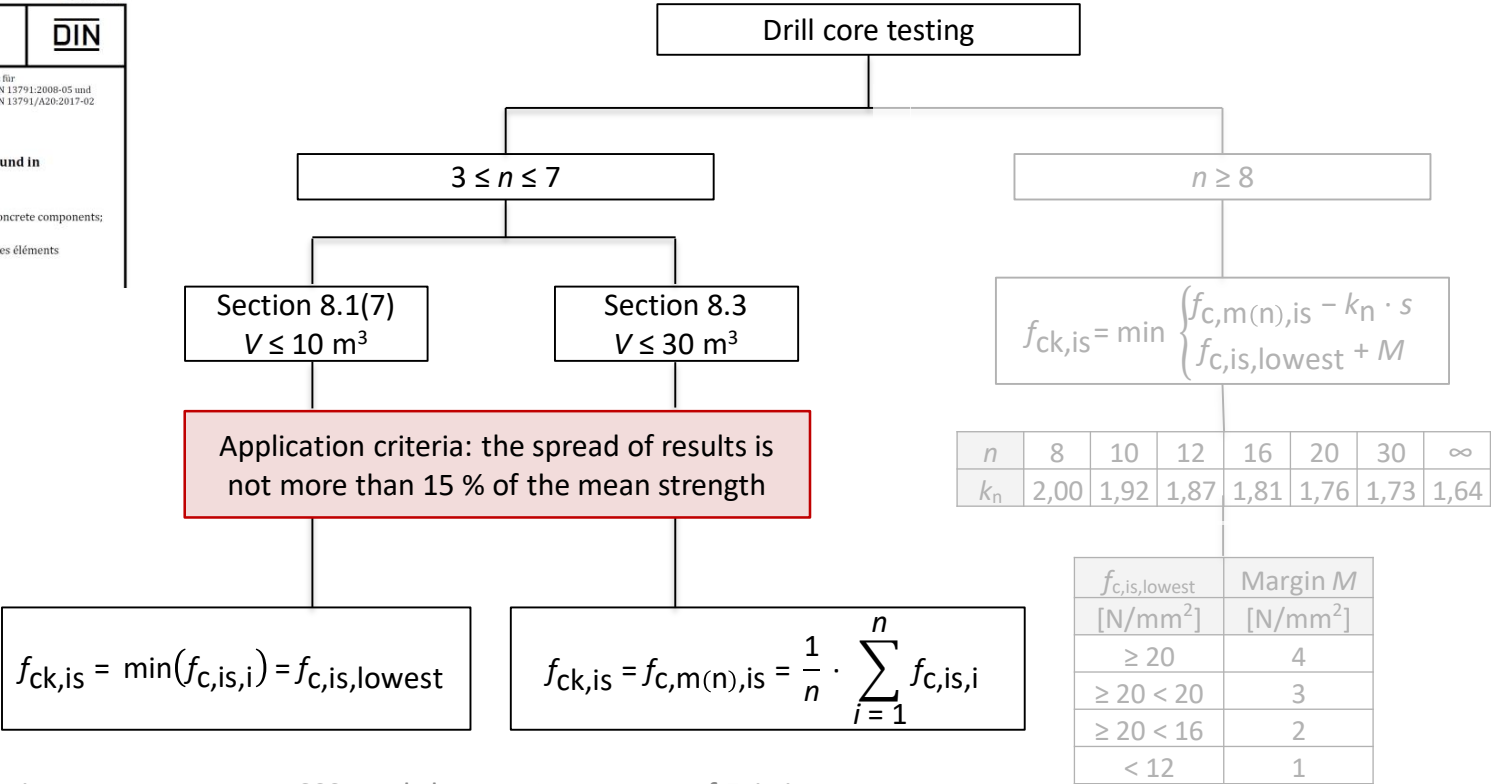
ICS 91.080.40

Ersatz für
DIN EN 13791:2008-05 und
DIN EN 13791/A20:2017-02

Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken und in Bauwerksteilen;
Deutsche Fassung EN 13791:2019

Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components;
German version EN 13791:2019

Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton;
Version allemande EN 13791:2019



Assessment of EN 13791:2019

Procedure

Statistical simulation with drill core database of Technical University of Kaiserslautern

→ Creation of all possible combinations of 3 cores (partial sample) from the total sample

$$n = 3$$

$$x_{\text{combi}} = \frac{n_{\text{ges}}!}{n!(n_{\text{ges}} - n)}$$

→ Check resilience of procedures for $3 \leq n \leq 7$



Assessment of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Characteristic Compressive
Strength / Glock & Sefrin

$$V \leq 10 \text{ m}^3$$

$$f_{ck, is} = \min(f_{c, is, i}) = f_{c, is, lowest}$$

Application criteria: the spread of results is
not more than 15 % of the mean strength

$$R \leq 0,15 \cdot f_{cm(n), is}$$



Assessment of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Example Structure

Building A ($V \leq 10 \text{ m}^3$)

$$n_{\text{ges}} = 22; v_x = 0,21$$



Characteristic in-situ compressive strength
according to DIN EN 1990:2010 - ND use n_{ges} :

22,02 N/mm²

Characteristic in-situ compressive strength
according to DIN EN 1990:2010 - LND use n_{ges} :

23,53 N/mm²

Assessment of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Procedure

- a) Determination of all possible characteristic in-situ concrete compressive strengths, $n = 3$
- b) Verification of the application criterion with regard to its effectiveness
 - Valid and invalid results
- c) Verification of the influence of the volume limitation to $V \leq 10 \text{ m}^3$
- d) Checking the influence of the sample size – Increasing the sample size to $n = 4$ and $n = 5$
- e) Comparison of the possible characteristic in-situ concrete compressive strengths according to 8.1(7) and $n = 3$ with the possible characteristic in-situ concrete compressive strengths according to:
 - DIN EN 13791:2008 und $n = 3$
 - DIN EN 13791/A20:2017 und $n = 3$

Assessment of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Procedure

a) Determination of all possible characteristic in-situ concrete compressive strengths, $n = 3$

b) Verification of the application criterion with regard to its effectiveness

→ Valid and invalid results

c) Verification of the influence of the volume limitation to $V \leq 10 \text{ m}^3$

d) Checking the influence of the sample size – Increasing the sample size to $n = 4$ and $n = 5$

e) Comparison of the possible characteristic in-situ concrete compressive strengths according to 8.1(7) and $n = 3$ with the possible characteristic in-situ concrete compressive strengths according to:

- DIN EN 13791:2008 und $n = 3$

- DIN EN 13791/A20:2017 und $n = 3$

Assessment of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Procedure

a) Determination of all possible characteristic in-situ concrete compressive strengths, $n = 3$

b) Verification of the application criterion with regard to its effectiveness

→ Valid and invalid results

c) Verification of the influence of the volume limitation to $V \leq 10 \text{ m}^3$

d) Checking the influence of the sample size – Increasing the sample size to $n = 4$ and $n = 5$

e) Comparison of the possible characteristic in-situ concrete compressive strengths according to 8.1(7) and $n = 3$ with the possible characteristic in-situ concrete compressive strengths according to:

- DIN EN 13791:2008 und $n = 3$

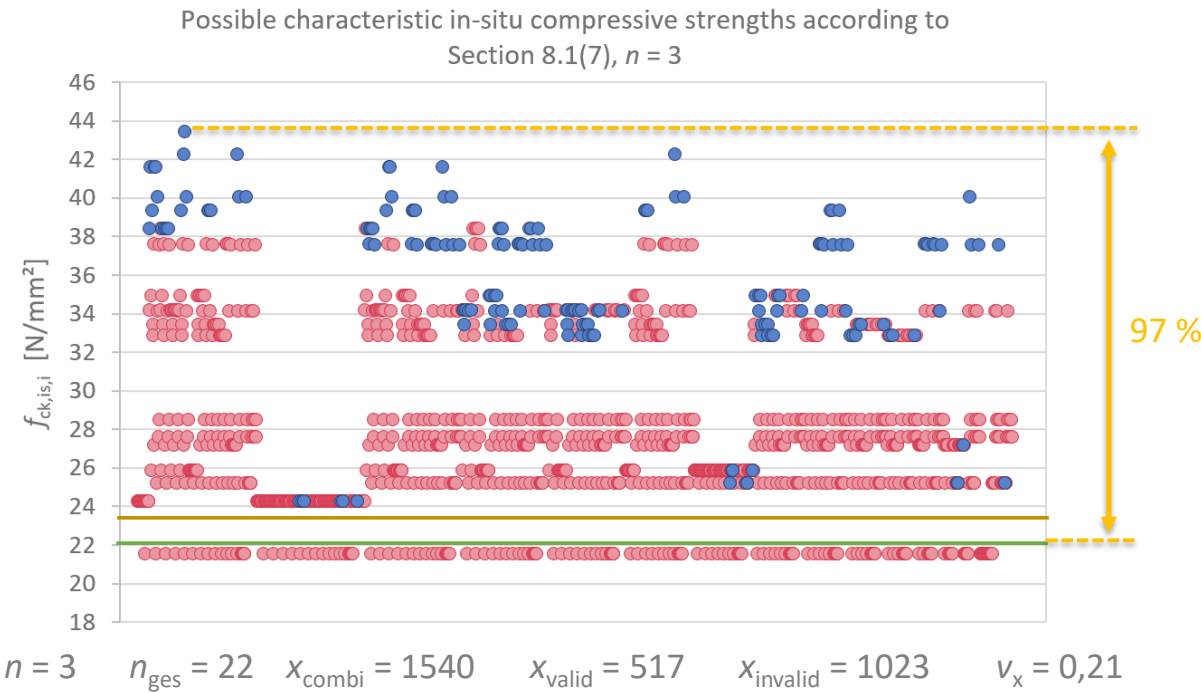
- DIN EN 13791/A20:2017 und $n = 3$

Resilience of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Results

Building A

●	Valid results
●	Invalid results
—	$f_{ck, is}$ according to ECO-NV with $n_{ges} = f_{ck, is, NV, n_{ges}}$
—	$f_{ck, is}$ according to ECO-LNV with $n_{ges} = f_{ck, is, LNV, n_{ges}}$



Resilience of EN 13791:2019 – 8.1(7)

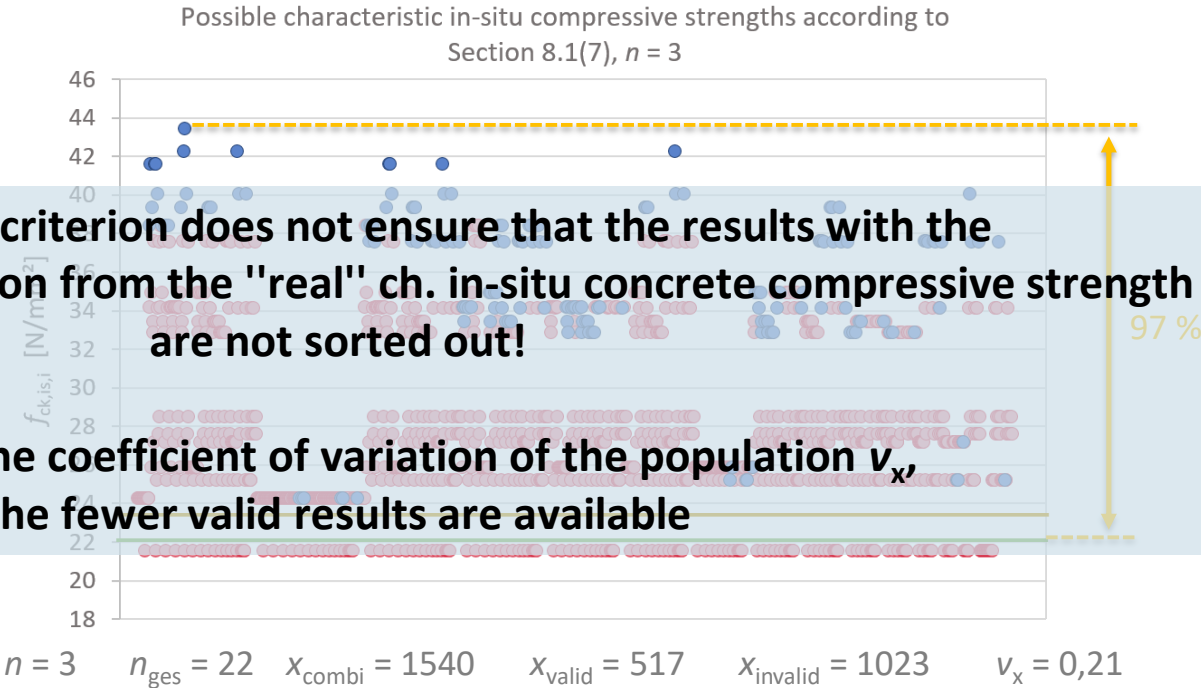
Results

Building A

●	Valid results
●	Invalid results
—	$f_{ck, is}$ according to ECO-NV with $n_{ges} = f_{ck, is, NV, n_{ges}}$
—	$f_{ck, is}$ according to ECO-LNV with $n_{ges} = f_{ck, is, LNV, n_{ges}}$

The application criterion does not ensure that the results with the largest percentage deviation from the "real" ch. in-situ concrete compressive strength are not sorted out!

The larger the coefficient of variation of the population v_x , the fewer valid results are available



Assessment of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Procedure

- a) Determination of all possible characteristic in-situ concrete compressive strengths, $n = 3$
- b) Verification of the application criterion with regard to its effectiveness
→ Valid and invalid results
- c) Verification of the influence of the volume limitation to $V \leq 10 \text{ m}^3$
- d) Checking the influence of the sample size – Increasing the sample size to $n = 4$ and $n = 5$

e) Comparison of the possible characteristic in-situ concrete compressive strengths according to 8.1(7) and $n = 3$ with the possible characteristic in-situ concrete compressive strengths according to:

- DIN EN 13791:2008 und $n = 3$

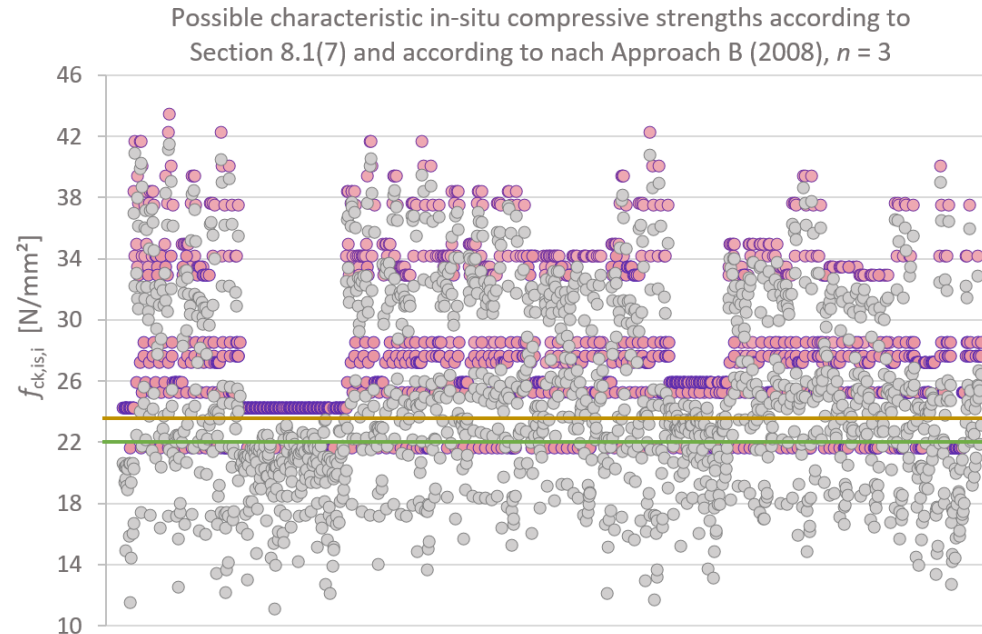
- DIN EN 13791/A20:2017 und $n = 3$

Resilience of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Results

Building A

	Results according to Section 8.1(7), $n = 3$
	Results according to Approach B (2008), $n = 3$
	$f_{ck,is}$ according to EC0-NV with $n_{ges} = f_{ck,is,NV,nges}$
	$f_{ck,is}$ according to EC0-LNV with $n_{ges} = f_{ck,is,LNV,nges}$



Resilience of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Conclusion

- Evaluation according to section 8.1(7) usually results in an overestimation of $f_{ck, is, NV, nges}$
 - No minimum spreading dimension is required
 - Results with largest deviation to $f_{ck, is, NV, nges}$ are not sorted out
 - Application criteria partially sorts out combinations with "normal" coefficients of variation for existing structures
 - Spread is not a robust estimator



Resilience of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Conclusion

- Significant overestimation of the "real" characteristic in-situ concrete compressive strength by evaluation with Section 8.1(7)

DEUTSCHE NORM		Mal 2008
DIN EN 13791		DIN
ICS 91.080.40		
Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13791:2007 Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components; German version EN 13791:2007 Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton; Version allemande EN 13791:2007		

The degree of overestimation is comparable to that of Approach B according to DIN EN 13791:2008



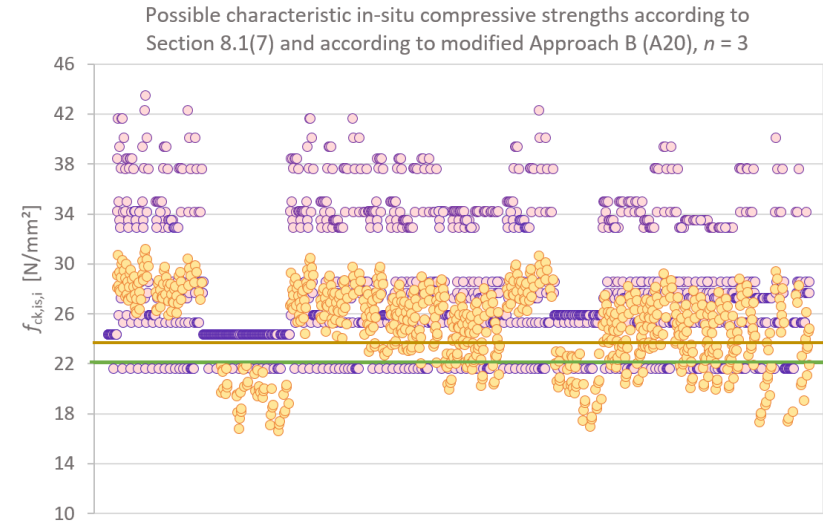
The degree of overestimation is not reduced by new regulations for small sample sizes

DEUTSCHE NORM		Februar 2020
DIN EN 13791		DIN
ICS 91.080.40		
Ersatz für: DIN EN 13791:2008-05 und DIN EN 13791/A20:2017-02 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken und in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13791:2019 Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components; German version EN 13791:2019 Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton; Version allemande EN 13791:2019		

Resilience of EN 13791:2019 – 8.1(7)

Conclusion

- Current recommendation:
Evaluation with DIN EN 13791/A20:2017
or....
- Adaptation of the application criteria
 - Use robust estimator
 - Introduction of a minimum value criteria,
e.g. coefficient of variation



Titel: Ermittlung der charakteristischen Betondruckfestigkeit von Bestandstragwerken nach DIN EN 13791:2020 für geringe Stichprobenumfänge

Autors:
Sefrin, R.; Glock, C.; Schwabach, E.

Journal:
Beton- und Stahlbetonbau 116, Heft 1, 2021,
Berlin: Ernst & Sohn, 2021. S. 35-44

Link:
<https://doi.org/10.1002/best.202000041>

DOI: 10.1002/best.202000041

Rabea Sefrin, Christian Glock, Enrico Schwabach

Ermittlung der charakteristischen Betondruckfestigkeit von Bestandstragwerken nach DIN EN 13791:2020 für geringe Stichprobenumfänge

Bewertung und Vergleich mit bisherigen Ansätzen

Der Nachrechnung von Bestandstragwerken kommt eine steigende Bedeutung zu, denn in Sinne eines ressourceneffizienten Umgangs mit Bestandsbauten sollte der Umbau vor Abriss und Neubau gegeben werden. Bisher stand für die Berechnung der charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit in Deutschland DIN EN 13791:2008 mit Nationalem Anhang DIN EN 13791/A20:2017 zur Verfügung. Die im Februar 2020 veröffentlichte DIN EN 13791:2020 (ist formal DIN EN 13791:2008 ab, wobei noch keine neuen Nationalen Anwendungsregeln für Deutschland vorhanden sind. Besonders bei der Ermittlung der charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit auf Grundlage eines geringen Bohrkernstichprobenumfanges ($3 \leq n \leq 7$) ergeben sich im Vergleich zu den bisherigen Regelungen deutliche Änderungen. Allerdings liegen aktuell keine Hintergrundinformationen bezüglich der statistischen Belastbarkeit der neuen Verfahren vor, weshalb diese im Rahmen des Forschungsvorhabens DBV 317 untersucht wurden.

Schwerpunkte: Bestandsbauwerke; Nachrechnungswert; in-situ; Betondruckfestigkeit

1 Einführung

Bei Umbaumaßnahmen an bestehenden Bauwerken wird in die vorhandene Tragstruktur eingegriffen. Bedingt durch eine Nutzungsänderung geht dies häufig mit einer Anpassung des Belastungsniveaus einher. Nach [1] dürfen in Abhängigkeit von den Änderungen bei den Umbaumaßnahmen und den Anpassungen im Belastungsniveau die einzelnen Bauteile nach den ursprünglichen bautechnischen Vorschriften nachgewiesen werden oder müssen nach den aktuell gültigen Regelwerken nachgerechnet werden.

Für die Nachrechnung von Bestandstragwerken in Stahlbetonbauweise ist die Betondruckfestigkeit in der Regel der entscheidende Kennwert. Von alten Bauwerken fehlen jedoch häufig die bautechnischen Unterlagen oder Ergebnisse von Güterprüfungen des Betons etc. aus der Ausführungszeit, sodass ohne eine fundierte Bauwerksuntersuchung die Betondruckfestigkeit nicht qualifiziert angesetzt werden kann.

Bisher war in Deutschland die Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauteilstellen

Determination of the characteristic concrete compressive strength of existing structures according to DIN EN 13791:2020 for small sample sizes - Evaluation and comparison with valid existing approaches
The assessment of existing structures is becoming increasingly important, because in the sense of resource-efficient handling of existing buildings, conversion should be given priority over demolition and new construction. Until now, the characteristic concrete compressive strength of existing structures in Germany has been calculated according to DIN EN 13791/A20:2017. DIN EN 13791:2020, which was introduced in February 2020, will replace DIN EN 13791:2008, which was previously valid in Europe, and DIN EN 13791/A20:2017, which was valid in Germany. Especially for small sample sizes of drill cores ($3 \leq n \leq 7$), the introduction of DIN EN 13791:2020 results in significant changes in the determination of the characteristic in-situ concrete compressive strength. However, there is currently no background information available on the statistical robustness of the new methods, which is why this is to be checked within the framework of the research project DBV 317.

Keywords: existing structures; assessment value; in-situ; concrete compressive strength

in DIN EN 13791:2008 [2] (DIN 2008) mit Nationalem Anhang DIN EN 13791/A20:2017 [3] (DIN A20:2017) umfassend normativ geregelt. Der Nationale Anhang DIN A20:2017 [3] wurde 2017 von Deutschland eingeführt, da das Anverwehverfahren von DIN 2008 [2] für geringe Stichprobenumfänge meist zu einer deutlichen Überschätzung der charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit führte (vgl. [4-6]).

Nach DIN A20:2017 [3] wird in Abhängigkeit von der Bohrkernanzahl und dem Variationskoeffizienten der charakteristischen Druckfestigkeit für Bestandstragwerke nach dem modifizierten Ansatz A oder dem modifizierten Ansatz B ermittelt (Bild 1).

Der modifizierte Ansatz A soll für die Ermittlung der charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit angewendet werden, wenn ein Stichprobenumfang $n \geq 9$ vorliegt oder wenn sich ein Variationskoeffizient $v > 0,20$ für einen Stichprobenumfang $3 \leq n \leq 8$ ergibt. Die Ermittlung der charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit für einen Stichprobenumfang $3 \leq n \leq 8$ und $v \leq 0,20$ darf nach dem modifizierten Ansatz B erfolgen.

Thank you for your attention!

Rabea Sefrin, M.Sc.

TU Kaiserslautern - University of Technology
Department of Civil Engineering
Institute of Concrete Structures and
Structural Design
Paul-Ehrlich-Straße, Geb. 14
D-67663 Kaiserslautern
Germany

Telefon +49 631 / 5219
rabea.sefrin@bauing.uni-kl.de
www.bauing.uni-kl.de/massivbau



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Glock

TU Kaiserslautern - University of Technology
Department of Civil Engineering
Institute of Concrete Structures and
Structural Design
Paul-Ehrlich-Straße, Geb. 14
D-67663 Kaiserslautern
Germany

Telefon +49 631 / 205-2947
christian.glock@bauing.uni-kl.de
www.bauing.uni-kl.de/massivbau

JCSS

Joint Committee
on Structural Safety

www.jcss-lc.org