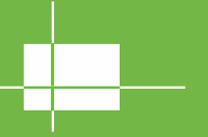


Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken nach dem System der Expositionswiderstandsklassen (ERC) – Einblicke in die ERC- Richtlinie des DAfStb

Dr.-Ing. Angelika Schießl-Pecka

Agenda



- Normativer Hintergrund
- Wesentliche Punkte der ERC-Richtlinie (Entwurf)
- CO₂-Einsparungspotential
- Beispiel
- Zusammenfassung



Umsetzung in Europa (E DIN 1992-1-1:2021-10)

- System der Expositionswiderstandsklassen (**Exposure Resistance Classes**) für Bewehrungskorrosion durch Carbonatisierung und Chloride
- Verknüpfung der ERC mit den bekannten Expositionsklassen (XC1 bis XC4 bzw. XD/XS1 bis XD/XS3 und entsprechende Anforderungen an die Mindestbetondeckungen

Tab. 1: Mindestbetondeckung $c_{min,dur}$ für Betonstahl in mm - Bewehrungskorrosion infolge Karbonatisierung (Quelle: E DIN EN 1992-1-1:2021-10, [1])

Expositionswiderstandsklasse	Expositionsklasse (Karbonatisierung)							
	XC1		XC2		XC3		XC4	
	Geplante Nutzungsdauer (Jahre)							
	50	100	50	100	50	100	50	100
XRC 0,5	10	10	10	10	10	10	10	10
XRC 1	10	10	10	10	10	15	10	15
XRC 2	10	15	10	15	15	25	15	25
XRC 3	10	15	15	20	20	30	20	30
XRC 4	10	20	15	25	25	35	25	40
XRC 5	15	25	20	30	25	45	30	45
XRC 6	15	25	25	35	35	55	40	55
XRC 7	15	30	25	40	40	60	45	60

Das aktuelle Normenpaket der DIN 1045



DIN 1045-1000 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton –
Teil 1000: BetonBauQualität

DIN 1045-1 „Tragwerke
aus Beton aus Beton,
Stahlbeton und
Spannbeton – Teil 1:
Bemessung und
Konstruktion“

DIN 1045-2 „Tragwerke
aus Beton aus Beton,
Stahlbeton und
Spannbeton – Teil 2:
Beton“

DIN 1045-3 „Tragwerke
aus Beton aus Beton,
Stahlbeton und
Spannbeton – Teil 3:
Bauausführung“

DIN 1045-4(40,41)
„Tragwerke aus Beton
aus Beton, Stahl- und
Spannbeton. – Teil 4,
Teil 40, Teil 41:
Betonfertigteile“

- Im August 2024 in die MVV TB 2024/1 aufgenommen
- Bauaufsichtliche Einführung in den Ländern im Winter 2024/2025 bzw. Frühjahr 2025

Erstellung der ERC-Richtlinie

- Seit 2022 Erstellung der ERC-Richtlinie im Unterausschuss Dauerhaftigkeit
- Einberufung einer Task Force zur Erstellung eines Konzeptes (Prof. Breitenbücher, Prof. Wiens, Dr. Schießl-Pecka, Herr Ov (seit 09/2024))
- Fertigstellung und Verabschiedung Konzept im Dezember 2022 (Zustimmung durch alle Mitglieder des UA, Konsensprinzip DAfStb)
- ERC-Richtlinie inhaltlich fertig, geplante Verabschiedung im UA -- ?
- Geplante Fertigstellung Gelbdruck: -- ?



DAfStb UA Dauerhaftigkeit D332

DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON

DAfStb-Richtlinie

Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken nach dem System der Expositionswiderstandsklassen (ERC-Richtlinie)

Entwurf 21.02.2025, Änderungen gegenüber Dokument D310 in Gelb;
TF Anmerkungen in Grün

Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit
DIN EN 1992-1-1/NA und zu der Normenreihe DIN 1045

Teil 0: Anwendungsbereich, normative Verweisungen, Begriffe und Definitionen

Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion

Teil 2: Beton

Teil 3: Bauausführung

Teil 4: Betonfertigteile

Bearbeiter: Unterausschuss „Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken“

Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 241 vom 17.9.2015, S. 1).

Bezüglich der in dieser Richtlinie genannten Normen, anderen Unterlagen und technischen Anforderungen, die sich auf Produkte oder Prüfverfahren beziehen, gilt, dass auch Produkte bzw. Prüfverfahren angewandt werden dürfen, die Normen oder sonstigen Bestimmungen und/oder technischen Vorschriften anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder einem EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, entsprechen, sofern das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

Herausgeber:
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. – DAfStb
Budapester Straße 31
D-10787 Berlin
Telefon: 030 2693-1320
info@dafstb.de

Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) beansprucht alle Rechte, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen. Ohne ausdrückliche Genehmigung des DAfStb ist es nicht gestattet, diese Veröffentlichung oder Teile daraus auf fotomechanischem Wege oder auf andere Art zu vervielfältigen.

Verkauf durch DIN Media GmbH, Berlin, Vertriebs-Nummer 65XX

Das aktuelle Normenpaket der DIN 1045



DIN 1045-1000 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton –
Teil 1000: BetonBauQualität

DIN 1045-1 „Tragwerke
aus Beton aus Beton,
Stahlbeton und
Spannbeton – Teil 1:
Bemessung und
Konstruktion

DIN 1045-2 „Tragwerke
aus Beton aus Beton,
Stahlbeton und
Spannbeton – Teil 2:
Beton

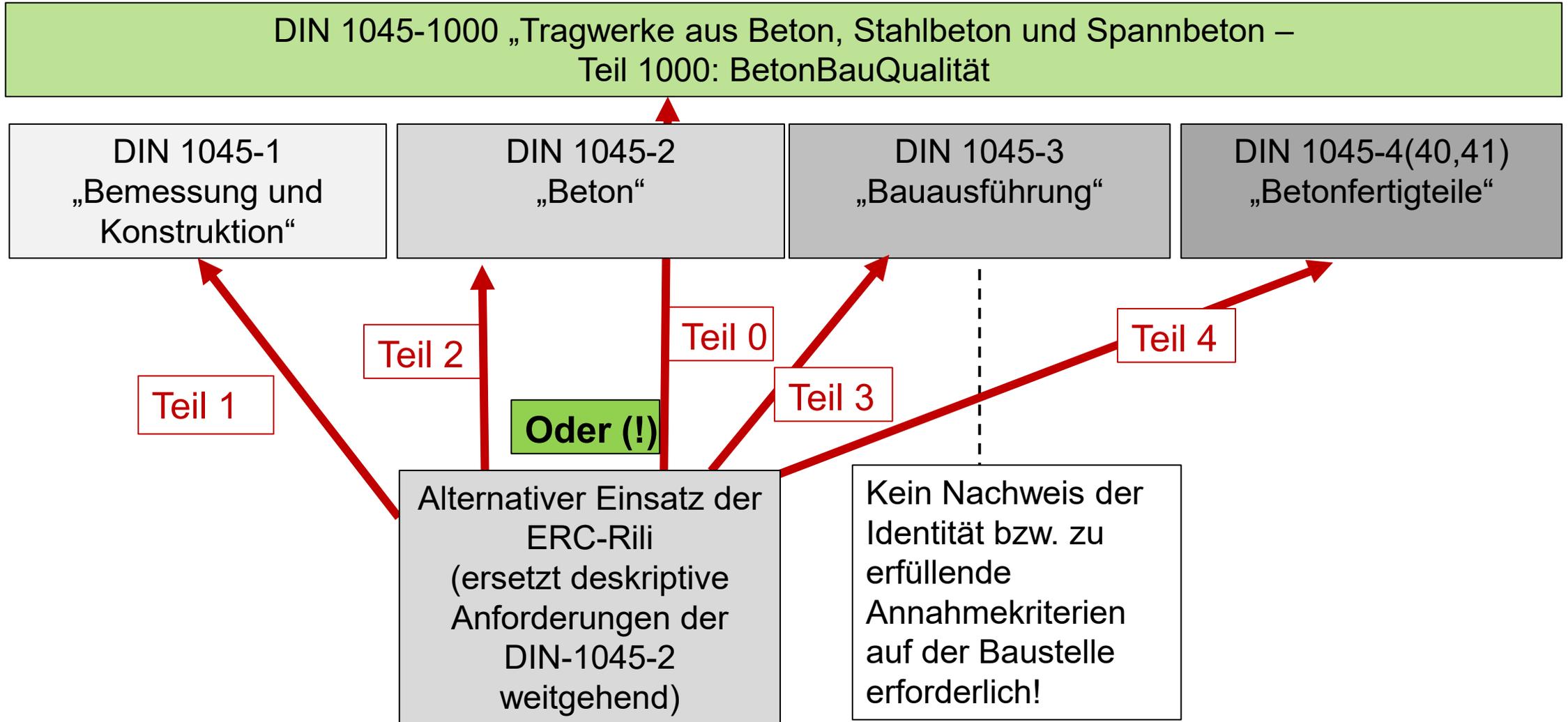
DIN 1045-3 „Tragwerke
aus Beton aus Beton,
Stahlbeton und
Spannbeton – Teil 3:
Bauausführung“

DIN 1045-4(40,41)
„Tragwerke aus Beton
aus Beton, Stahl- und
Spannbeton. – Teil 4,
Teil 40, Teil 41:
Betonfertigteile

Oder (!)

Alternativer Einsatz der
ERC-Rili
(ersetzt deskriptive
Anforderungen der
DIN-1045-2
weitgehend)

Das aktuelle Normenpaket der DIN 1045





Agenda

- Normativer Hintergrund
- Wesentliche Punkte der ERC-Richtlinie (Entwurf)
- CO₂-Einsparungspotential
- Beispiel
- Zusammenfassung

Wesentliche Punkte der ERC-Rili bzw. des Konzeptes



DAfStb UA Dauerhaftigkeit D332

DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON

DAfStb-Richtlinie

Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken nach dem System der Expositionswiderstandsklassen (ERC-Richtlinie)

Entwurf 21.02.2025, Änderungen gegenüber Dokument D310 in Gelb; TF Anmerkungen in Grün

Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA und zu der Normenreihe DIN 1045

Teil 0: Anwendungsbereich, normative Verweisungen, Begriffe und Definitionen
Teil 1: Planung, Bemessung und Konstruktion
Teil 2: Beton
Teil 3: Bauausführung
Teil 4: Betonfertigteile

Bearbeiter: Unterausschuss „Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken“

Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 241 vom 17.9.2015, S. 1).

Bezüglich der in dieser Richtlinie genannten Normen, anderen Unterlagen und technischen Anforderungen, die sich auf Produkte oder Prüfverfahren beziehen, gilt, dass auch Produkte bzw. Prüfverfahren angewandt werden dürfen, die Normen oder sonstigen Bestimmungen und/oder technischen Vorschriften anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder einem EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, entsprechen, sofern das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

Herausgeber:
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. – DAfStb
Budapester Straße 31
D-10787 Berlin
Telefon: 030 2693-1320
info@dafstb.de

Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) beansprucht alle Rechte, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen. Ohne ausdrückliche Genehmigung des DAfStb ist es nicht gestattet, diese Veröffentlichung oder Teile daraus auf fotomechanischem Wege oder auf andere Art zu vervielfältigen.

Verkauf durch DIN Media GmbH, Berlin, Vertriebs-Nummer 65XX

- **Hinweis:**

Es handelt sich um den aktuellen Arbeitsstand und nicht um die endgültige Fassung der ERC-Richtlinie



Wesentliche Punkte der ERC-Rili bzw. des Konzeptes

- Expositionsklassen XC1 bis XC4, XD1/XS1, XF1 → rd. 80% des deutschen Betonmarkts
- Anbindung an das BBQ-Konzept PK-S, BK-S und AK-S → BBQ-S (Bauwerke mit speziellen Anforderungen)
- Durchführung von Performanceprüfungen für XC2-XC4, XD1/XS1
- XC 1: keine Performanceprüfung erforderlich, aber Druckfestigkeit \geq C16/20 und $c_{\min} \geq 10$ mm
- XF1: Druckfestigkeit \geq C20/25 mit NBKL 3 (XRC11 \geq C25/30)
- XA1-XA3, XF2 bis XF4, XM1 bis XM3, XD/XS2 und XD/XS3: Kombination aus deskriptiven Anforderungen aus DIN 1045-2 und leistungsbezogenem Prinzip
- Alle Druckfestigkeitsklassen und Konsistenzklassen (F1 bis F6) sind zulässig
- Zementarten nach DIN 1045-2 (neu) und mit AbZ (Verwendungsnachweis für DIN 1045-2)
- Zusatzstoffe nach DIN 1045-2 (neu) und mit AbZ (Verwendungsnachweis für DIN 1045-2)
- Gesteinskörnungen nach DIN 1045-2 (neu), Abschnitt 5.1.3
- k-Wert-Ansätze sind nicht anzuwenden (auch Schlitzwände und Bohrpfähle)
- Mindestklinkermenge 70 kg PZ-Klinker/m³ Beton (Alkalitätskriterium)

Wesentliche Punkte der ERC-Rili bzw. des Konzeptes



Einordnung der Betone in eine XRC-Klasse bzw. XRDS-Klasse (Auszug Entw. ERC-Rili)

Tabelle R2.1 – Expositionswiderstandsklassen für Karbonatisierung

S	1	2	3	4	5
Z	Expositionswiderstandsklassen	XRC 5	XRC 7	XRC 9	XRC 11
1	Bereiche der mittleren Karbonatisierungsgeschwindigkeit $k_{NA_{Cm,140Tage}}$, bestimmt nach BAW MB MDCC, Anlage A (mm/ \sqrt{a})	$\leq 4,5$	$> 4,5$ und $\leq 7,2$	$> 7,2$ und $\leq 9,0$	$> 9,0$ und $\leq 11,0$

Tabelle R2.2 – Expositionswiderstandsklassen für Chlorideinwirkung

S	1	2	3	4
Z	Expositionswiderstandsklassen	XRDS 7	XRDS 14	XRDS 25
1	Bereiche des mittleren Migrationskoeffizienten $D_{RCMm,28Tage}$, bestimmt nach BAW MB MDCC, Anlage B ($\cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)	$\leq 7,3$	$> 7,3$ und $\leq 14,4$	$> 14,4$ und $\leq 25,0$



Wesentliche Punkte der ERC-Rili bzw. des Konzeptes

Mindestbetondeckungen in Abhängigkeit der Nachbehandlungsklasse

Exkurs Nachbehandlungsklasse (DIN 1045-3:2023-08)

Tabelle R3.1 — Nachbehandlungsklassen von DIN EN 13670 und Zuordnung zu Expositionswiderstandsklassen und Expositionsklassen

Anforderungen	Nachbehandlungsklasse 1	Nachbehandlungsklasse 2	Nachbehandlungsklasse 3	Nachbehandlungsklasse 4
Expositionswiderstandsklassen (leistungsbezogen (neu))	nicht zutreffend Für alle XRC und XRDS-Klassen nach Vorgabe der Planung (gilt für XC1 bis XC4, XD1, XS1)			
Expositionsklassen (weiterhin deskriptiv)	X0, XC1	nicht zutreffend	XD2/XS2, XD3/XS3 XF1, XF2, XF3, XF4 XA1, XA2, XA3	XM1, XM2, XM3 XF4 ^{a)}
Prozentualer Anteil der charakteristischen Mindest-Druckfestigkeit	nicht festgelegt	35 %	50 %	70 %

^{a)} Gilt nur bei langsamen und sehr langsamen Betonen, siehe Tabelle 6 und Tabelle 7.

- Nachbehandlungsklasse 3: Standard in aktueller deutscher Normung

Wesentliche Punkte der ERC-Rili bzw. des Konzeptes



Mindestbetondeckungen abhängig von der Nachbehandlungsklasse (Auszug Entw. ERC-Rili)

Exemplarisch für Carbo

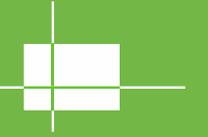
$c_{min,dur}$ in Abhängigkeit von:

- Expositionsklasse
- Expositionswiderstands-klasse (XRC-Klasse)
- Nutzungsdauer: 30, 50 und 100 Jahre
- Hinweise für die Planung der Nachbehandlungsklasse
- Hinweise für die Ausführung in Bezug auf die Nachbehandlungsklasse
- Fertigteile teilw. weitere Reduktion

Tabelle R1.1 – Mindestbetondeckung $c_{min,dur}$ für unlegierten Betonstahl nach DIN 488 – Karbonatisierung

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Expositi- ons- klasse	Nach- behand- lungs- klasse	Expositionswiderstandsklasse							
XRC 5			XRC 7		XRC 9		XRC 11			
$c_{min,dur}$ [mm]										
Z	für geplante Nutzungsdauer [Jahre]									
			50	100	50	100	50	100	50	100
1	XC1	≥ 1	10							
2	XC2 XC3	2 ^{a)}	15	20	20	25	25	35	30	40
3		3	15^{b)}	20 ^{b)}	15	20	20	30	25	35
4		4	15^{b)}	15 ^{b)}	15^{b)}	15	15	25	20	30
5	XC4	2 ^{a)}	20	25	30	40	35	45	40	50
6		3	15	20	25	35	30	40	35	45
7		4	15^{b)}	15	15	30	25	35	30	40

a) Nachbehandlungsklasse 2 bei gleichzeitigen Expositionsklassen XF, XA oder XM nicht zulässig (mindestens Nachbehandlungsklasse 3 erforderlich).
 b) Bei Betonfertigteilen ist eine Reduktion um 5 mm zulässig.



Agenda

- Normativer Hintergrund
- Wesentliche Punkte der ERC-Richtlinie (Entwurf)
- CO₂-Einsparungspotential
- Beispiel
- Zusammenfassung

CO₂-Einsparungspotential

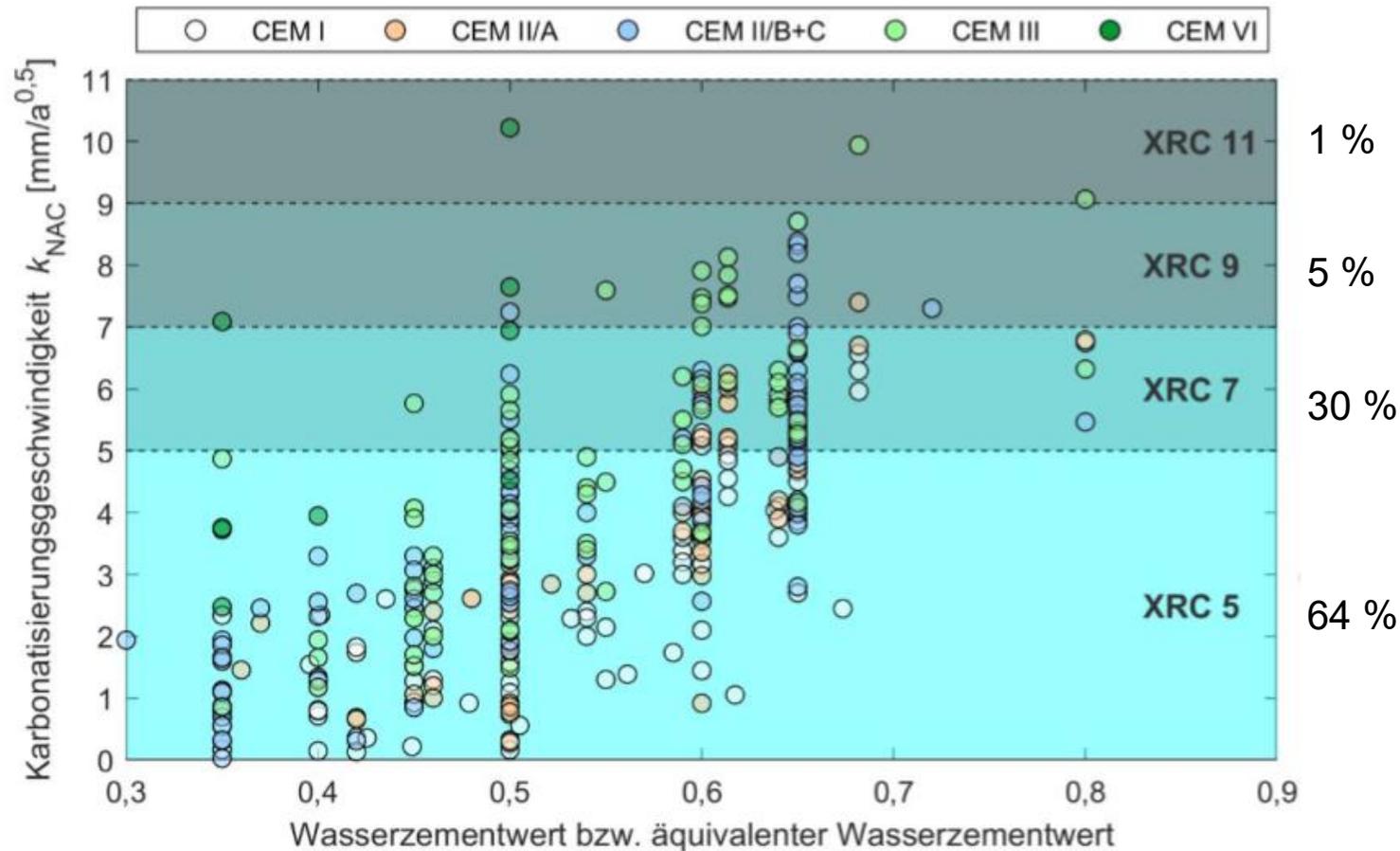


- Bundesklimaschutzgesetz 2019:
Schrittweise, sektorenbezogene
Minderung der Treibhausgasemissionen
- Ziel DAfStb:
Erreichen der Klimaneutralität bis
spätestens 2045, vgl. Roadmap
(https://www.dafstb.de/application/nachhaltigkeit/2021-09-27_DAfStb_Roadmap_Nachhaltig_Bauen_mit_Beton_final.pdf)
- Maßnahmen (Meilensteinplanung):
Konkrete Normen- und Richtlinienprojekte
(22 Projekte, davon bereits 7 Projekte
umgesetzt)
- Projekt 6: Richtlinie Dauerhaftigkeit nach
dem System der Widerstandsklassen
(ERC-Richtlinie)
- Forschungsvorhaben des DAfStb:
**Ermittlung des CO₂-
Reduktionspotenzials durch das
deutsche ERC-Konzept**
(FH Aachen, Frau Prof. Hermerschmidt)

CO₂-Einsparungspotential



Ergebnisse wissenschaftliche Studie zur Ermittlung des CO₂-Reduktionspotenzials durch das deutsche ERC-Konzept – Entwurf (FH Aachen, Frau Prof. Hermerschmidt)

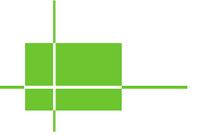


Klinkerarme Zemente

Alle Zemente



Quelle: Prof. Hermerschmidt, 2025

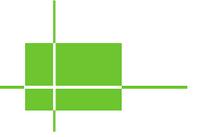


CO₂-Einsparungspotential

- Das ERC-System eröffnet neue Möglichkeiten zur Optimierung der Betonzusammensetzung und Bauteildimensionierung.
- Durch die flexiblere Rezepturgestaltung lassen sich die Zement- und Klinkergehalte in vielen Fällen reduzieren, wodurch CO₂-Einsparungen möglich sind.
- Gleichzeitig kann in vielen Fällen eine

geringere Mindestbetondeckung zur Ressourcenschonung und CO₂-Minderung beitragen.

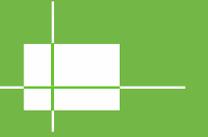
Quelle: Prof. Hermerschmidt, 2025



CO₂-Einsparungspotential

- Die Ergebnisse verdeutlichen jedoch auch, dass die optimale Lösung von mehreren Faktoren abhängt, darunter die Expositionsklasse, die Bauteildicke und die Leistungsfähigkeit des eingesetzten Zements.
- Die Wahl der ökologisch sinnvollsten Strategie erfordert daher eine enge Abstimmung zwischen Planern, Betontechnologen und Ausführenden.

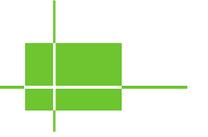
Quelle: Prof. Hermerschmidt, 2025



Agenda

- Normativer Hintergrund
- Wesentliche Punkte der ERC-Richtlinie (Entwurf)
- CO₂-Einsparungspotential
- Beispiel
- Zusammenfassung

Beispiel – Stütze im Außenbereich



Annahme:
Kein Tausalz!

Quelle/Bild:
<https://www.wikiwand.com>

Beispiel Bemessung von Stahlbetonstützen im Außenbereich (kein Chlorideintrag)



Deskriptiver Ansatz

Dauerhaftigkeitsanforderung für $c_{\min, \text{dur}}$ mm							
Anforderungsklasse	Expositionsklasse nach Tabelle 4.1						
	(X0)	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1 XS1	XD2 XS2	XD3 XS3
S3 → $c_{\min, \text{dur}}$	(10)	10	20	25	30	35	40
$\Delta c_{\text{dur}, \gamma}$	0				+10	+5	0

Kriterium	Expositionsklasse nach Tabelle 4.1						
	X0 XC1	XC2	XC3	XC4	XD1 XS1	XD2 XS2	XD3 XS3
Druckfestigkeitsklasse ^a	0	≥ C25/30	≥ C30/37	≥ C35/45	≥ C40/50 ^b	≥ C45/55 ^b	≥ C45/55 ^b
-5 mm							
^a Es wird davon ausgegangen, dass die Druckfestigkeitsklasse und der Wasserzementwert einander zugeordnet werden dürfen. ^b Die geforderten Druckfestigkeitsklassen dürfen um eine Klasse reduziert werden, wenn unter Zugabe eines Luftporenbildners Poren mit einem Mindestluftgehalt nach DIN 1045-2 für XF-Klassen erzeugt werden.							

→ Auf Sicherstellung des Verbunds und Brandschutz achten

Beispiel Bemessung von Stahlbetonstützen im Außenbereich (kein Chlorideintrag)



Deskriptiver Ansatz

- Expositionsklassen: XC4, XF1 – Bestimmung der Betonzusammensetzung nach DIN 1045-2:2023

		Betonkorrosion								
		Frostangriff						Aggressive chemische Umgebung		
Zeile	Expositionsklassen	XF1	XF2		XF3		XF4	XA1	XA2	XA3
1	Höchstzulässiger w/z	0,60	0,55 ^g	0,50 ^g	0,55	0,50	0,50 ^g	0,60	0,50	0,45
2	Mindestdruckfestigkeitsklasse ^b	C25/30	C25/30	C35/45 ^e	C25/30	C35/45 ^e	C30/37	C25/30	C35/45 ^{d,e}	C35/45 ^d
3	Mindestzementgehalt ^c in kg/m ³	280	300	320	300	320	320	280	320	320
4	Mindestzementgehalt ^c bei Anrechnung von Zusatzstoffen in kg/m ³	270	270 ^g	270 ^g	270	270	270 ^g	270	270	270
5	Mindest-Luftgehalt in %	—	f	—	f	—	f, j	—	—	—

Bewehrungskorrosion									
durch Karbonatisierung verursachte Korrosion				durch Chloride verursachte Korrosion					
				Chloride außer aus Meerwasser			Chloride aus Meerwasser		
XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
0,75		0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	Siehe XD1	Siehe XD2	Siehe XD3
C16/20		C20/25	C25/30	C30/37 ^d	C35/45 ^{d,e}	C35/45 ^d			
240		260	280	300	320	320			
240		240	270	270	270	270			
—		—	—	—	—	—			

Beispiel Bemessung von Stahlbetonstützen im Außenbereich (kein Chlorideintrag)



Performance Ansatz nach ERC-Richtlinie

Festlegungen durch den Planer

- ERC-Klasse
- Nutzungsdauer
- Nachbehandlungsklasse
- Fertigteil – ja/nein
- Betondeckung

Beispiel Bemessung von Stahlbetonstützen im Außenbereich (kein Chlorideintrag)



Performance Ansatz nach ERC-Richtlinie – niedrige Betondeckung

**Tabelle R1.1 – Mindestbetondeckung $c_{min,dur}$ für unlegierten Betonstahl
nach DIN 488 – Karbonatisierung**

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Expositi- ons- klasse	Nach- behand- lungs- klasse	XRC 5		XRC 7		XRC 9		XRC 11	
$c_{min,dur}$ [mm] für geplante Nutzungsdauer [Jahre]										
Z			50	100	50	100	50	100	50	100
1	XC1	≥ 1	10							
2	XC2	2 ^{a)}	15	20	20	25	25	35	30	40
3		3	15^{b)}	20 ^{b)}	15	20	20	30	25	35
4	XC3	4	15^{b)}	15 ^{b)}	15^{b)}	15	15	25	20	30
5	XC4	2 ^{a)}	20	25	30	40	35	45	40	50
6		3	15	20	25	35	30	40	35	45
7		4	15^{b)}	15	15	30	25	35	30	40

^{a)} Nachbehandlungsklasse 2 bei gleichzeitigen Expositionsklassen XF, XA oder XM nicht zulässig (mindestens Nachbehandlungsklasse 3 erforderlich).
^{b)} Bei Betonfertigteilen ist eine Reduktion um 5 mm zulässig.



Beispiel Bemessung von Stahlbetonstützen im Außenbereich (kein Chlorideintrag)



Performance Ansatz nach ERC-Richtlinie – niedrige Betondeckung

Festlegungen durch den Planer

- ERC-Klasse → ERC 5 → Ausschreibung!
- Nutzungsdauer → 50 Jahre
- Nachbehandlungsklasse 3 → Ausschreibung!
- Betondeckung $c_{\min} = 15 \text{ mm}$ → Ausschreibung!

Achtung:

Wenn Nachbehandlungsklasse 4 ausgeschrieben wird, überlegen, ob dies in der Ausführung möglich/realistisch ist!

Beispiel Bemessung von Stahlbetonstützen im Außenbereich (kein Chlorideintrag)



Performance Ansatz nach ERC-Richtlinie – niedrige Betondeckung

Was passiert dann:

- Der Hersteller liefert einen XRC 5 – Beton (Erstprüfung, jährliche Wiederholungsprüfungen)

Tabelle A.2 – Kriterien für die Erstprüfung – Karbonatisierung

S	1	2
Z	XRC-Klasse	Höchstzulässiger Mittelwert $k_{NACm,max,140 \text{ Tage}}$ in einer Serie aus $n \geq 3$ Prüfungen in mm/\sqrt{a}, bestimmt nach BAW MB MDCC, Anlage A^{a)b)}
1	XRC 5	$\leq 4,5 - t_{0,100} \cdot s / \sqrt{n}$
2	XRC 7	$\leq 7,2 - t_{0,100} \cdot s / \sqrt{n}$
3	XRC 9	$\leq 9,0 - t_{0,100} \cdot s / \sqrt{n}$
4	XRC 11	$\leq 11,0 - t_{0,100} \cdot s / \sqrt{n}$

^{a)} $t_{0,100}$ entspricht der Quantile der einseitigen t-Verteilung für ein Signifikanzniveau $\alpha = 0,100$ nach Tabelle A.4. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % liegt der Erwartungswert für den Mittelwert unterhalb der oberen Klassengrenze.
^{b)} s entspricht der Standardabweichung der Stichprobe aus $n \geq 3$ Prüfungen.

ANMERKUNG: Für die Berechnung des höchstzulässigen Mittelwertes sind mindestens drei gültige Prüfergebnisse erforderlich, so dass die erste Zeile in Tabelle A.4 mit $n-1 = 2$ beginnt.

Tabelle A.4 – Quantile der einseitigen t-Verteilung

S	1	2
Z	Freiheitsgrad $n-1$	Quantile $t_{0,100}$ der einseitigen t-Verteilung für ein Signifikanzniveau $\alpha = 0,100$
1	2	1,886
2	3	1,638
3	4	1,533
4	5	1,476
5	6	1,440
6	7	1,415
7	8	1,397
8	9	1,383
9	10	1,372
10	20	1,325
11	40	1,303
12	60	1,296

Beispiel Bemessung von Stahlbetonstützen im Außenbereich (kein Chlorideintrag)



Performance Ansatz nach ERC-Richtlinie – niedrige Betondeckung

Was passiert dann:

- Während der Ausführung muss sichergestellt werden, dass die Nachbehandlungsklasse eingehalten wird.

(5) Für die Terminplanung, Ausschreibung und Kalkulation sollten im vorläufigen Betonbaukonzept zunächst grundsätzlich langsam erhärtender Beton und kalte Witterungsbedingungen zugrunde gelegt werden, wenn nicht durch einen Projektterminplan andere Bedingungen vorgegeben werden.

(6) Die Nachbehandlungsdauern unter kalten Witterungsbedingungen sind in DIN 1045-3:2023-08, Tabelle 6 mit $T < +10 \text{ °C}$ bzw. Tabelle 7 mit $T_{fb} < +10 \text{ °C}$ zuzuordnen. Sofern die Witterungsbedingungen nachweislich günstiger als die Annahmen sind, können die Maßnahmen gegebenenfalls früher beendet werden.

(7) Im Zuge der Ausführungsgespräche nach DIN 1045-1000 ist das Betonbaukonzept hinsichtlich der Nachbehandlung fortzuschreiben.

Beispiel Bemessung von Stahlbetonstützen im Außenbereich (kein Chlorideintrag)



Performance Ansatz nach ERC-Richtlinie – niedrige Betondeckung

Was passiert dann:

- Während der Ausführung muss sichergestellt werden, dass die Nachbehandlungsklasse eingehalten wird.
- Anpassungen an Annahme möglich!

Tabelle 6 — *Minstdauer der Nachbehandlung von Beton in allen Expositionsklassen außer X0, XC1 und XM der Nachbehandlungsklasse 3*

Nr.	1	2	3	4	5					
						maßgebliche Temperatur T^d °C	Minstdauer der Nachbehandlung in Tagen ^a			
							Festigkeitsentwicklung des Betons ^c			
		schnell ($r \geq 0,5$)	mittel ($0,3 \leq r < 0,5$)	<u>langsam^e</u> ($0,15 \leq r < 0,3$)	sehr langsam ^e ($r < 0,15$)					
1	$T \geq +25$	1	2	2	3					
2	$+25 > T \geq +15$	1	2	4	5					
3	$+15 > T \geq +10$	2	4	7	10					
4	<u>$+10 > T \geq +5^b$</u>	3	6	<u>10</u>	15					



Nkl 2: Halbierung (auf der sicheren Seite)
Nkl 4: Verdoppelung

Beispiel Bemessung von Stahlbetonstützen im Außenbereich (kein Chlorideintrag)

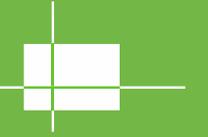


Vergleich deskriptiver Ansatz vs. Performance Ansatz nach ERC-Richtlinie

	Deskriptiv		ERC	
	Minimal	Maximal	Minimal	Maximal
c_{\min} in [mm]	25 (20)	-	15	40
Höchstzulässiger w/z [-]	-	0,6	-	-
Betondruckfestigkeitsklasse [-]	C25/30*		C20/25 (XF1)	C25/30 (XF1, XRC11)
Zementgehalt in [kg/m ³]	280	-	-	-
Zementgehalt bei Anrechnung Zusatzstoffe in [kg/m ³]	270	-	-	-
PZ-Klinkergehalt in [kg/m ³]	-	-	70	-
Materialwiderstand Karbonatisierungsgeschwindigkeit in [mm/√a] (nach ERC-Rili, Tabelle A.2, v = 20%, n = 40)	-	-	< 3,3	≤ 8,1
Nachbehandlungsdauer in [d]	1	15	1	30

- Optimierung Betondeckung
- Optimierung CO₂-Last
- Optimierung Nachbehandlungsdauer

Agenda

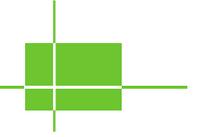


- Normativer Hintergrund
- Wesentliche Punkte der ERC-Richtlinie (Entwurf)
- CO₂-Einsparungspotential
- Beispiel
- Zusammenfassung

Zusammenfassung



- Alternative Verwendung der ERC-Rili oder DIN 1045-2:2023 im Rahmen des aktuellen DIN 1045 - Normenpakets möglich.
- Durch die Anwendung der ERC-Rili kann zukünftig das Potential verschiedener Betonzusammensetzungen an die jeweilige Aufgabenstellung angepasst werden.
- CO₂-Einsparung durch Anwendung der ERC-Rili nach Forschungsvorhaben möglich.



Fragen ???



Ingenieurbüro
Schießl Gehlen Sodeikat GmbH
Landsberger Straße 370
80687 München

ib-schiessl.de



Lowke Schiessl Ingenieure GmbH

Rebenring 33
38106 Braunschweig

lowke-ing.de