



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Das neue Regelwerk DIN 1045-2 im derzeitigen Entwurfsstand zum Einsatz rezyklierter Gesteinskörnung

Florian Knappe

Fachgespräch: Produktion und Einsatz von R-Beton – ein Erfahrungsaustausch, 20.09.2022





Pilotvorhaben ab 2009



Wissenschafts- und Technologiezentrum
(www.wohlgelegen.de)



Leitfaden zum Einsatz von R-Beton



https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Leitfaden_R-Beton.pdf





BMBF-Vorhaben “R-Beton“
seit 2018 abgeschlossen

- von der Schweiz lernen
- Neues Regelwerk:
Überführung der Richtlinie des DAfStB
in Novellierung DIN 1045-2
= Gelbdruck Juni 2022

Entwurf DIN 1045:2021 – Teil 2 Beton DAfStb AK Beton vom 17. Juni 2021

5.2.3.4 Rezyklierte Gesteinskörnungen

- Betonklasse BK-N:
Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen ≤ 25 Vol.-% Austausch der groben Gesteinskörnung
- Betonklasse BK-E:
Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen > 25 Vol.-% Austausch der groben Gesteinskörnung und Einhaltung von Anhang E
Zulässige Obergrenzen nach Tabelle E.2.5 sind einzuhalten.
- *Betonklasse BK-S: Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen abweichend von BK-N und BK-E*

BK-N

(3) Rezyklierte Gesteinskörnung vom Typ 1 bzw. Typ 2 darf ≤ 25 Vol.-% (bezogen auf die gesamte Gesteinskörnung) wie natürliche Gesteinskörnung nach Abschnitt 5.2.3.1 für die Feuchtigkeitsklassen WO und WF verwendet werden. Die Eingruppierung der gesamten Gesteinskörnung in eine Alkaliempfindlichkeitsklasse nach DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)“ erfolgt nach der ungünstigsten Gesteinskörnung.

Die Anforderungen nach DIN 4226-101 sind zu berücksichtigen.

(4) Es dürfen rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 ≤ 2 mm eingesetzt werden, sofern sie aus der gleichen Produktion der verwendeten rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 > 2 mm stammen, für die die Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach DIN EN 933-11 nachgewiesen wurde. Das Verhältnis von feiner und grober rezyklierter Gesteinskörnung muss sich dabei an dem entsprechenden Verhältnis von Sand zu grober Gesteinskörnung der Gesamtsieblinie orientieren.

Rezyklierte Gesteinskörnung des Typs 2 ≤ 2 mm darf nicht verwendet werden.

BK-N

- Bei Anteilen <25% von Typ 1 oder auch Typ 2 an der gesamten Gesteinskörnung gilt der Beton als Normalbeton
=> Sonderregelungen zu R-Beton (BK-E) entfallen

- Zu beachten:
 - Nur Feuchtigkeitsklassen W0 und WF
 - RC-Gesteinskörnung nach EN 12620 und zwar Typ 1 und Typ 2, die auch Anforderungen nach DIN 4226-101 einhalten
 - Einordnung der RC-GK nach Alkali-Richtlinie gilt es weiterhin zu beachten (E III)
 - Brechsand aus der Produktion RC-GK Typ 1 darf eingesetzt werden und zwar in den Anteilen, wie er bei der Aufbereitung von Altbeton anfällt
 - Rezyklierte Gesteinskörnung des Typs $2 \leq 2$ mm darf nicht verwendet werden.

- ✓ Keine Begrenzung auf Druckfestigkeitsklasse C 30/37
- ✓ Keine Begrenzung der zulässigen Expositionsklassen
- ✓ Auch beim Einsatz von Typ 2

s. BK-E

BK-E

Anhang E – Anforderungen an Ausgangsstoffe ist zu beachten

Zu 5.1.3 Gesteinskörnungen

- rezyklierte Gesteinskörnungen mit einer Leistungserklärung auf Grundlage der DIN EN 12620:2008-07, sofern die in dieser Norm aufgeführten Merkmale erklärt und die geforderte Leistung erfüllt sind und durch die Leistungserklärung oder eine gesonderte Herstellererklärung bestätigt wird, dass die Höchstwerte der Eluat- und Feststoffparameter gemäß DIN 4226-101:2017-08 unter Beachtung von DIN 4226-102:2017-08 nicht überschritten sind.

=> Keine Veränderungen
(gilt auch für BK-N)

Normalbetone bis C 30/37

Höhere Anteile RC-GK

Bisher ≤ 35 // ≤ 25

Klärung WU

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
	Alkalirichtlinie ^a	EN 206 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
1	WO	Karbonatisierung XC1	$\leq 45^b$	≤ 35
2	WF → →	Kein Korrosionsrisiko X0		
3		Karbonatisierung XC1 bis XC4		
4		Frostangriff ohne Taumittelinwirkung XF1 und XF3	≤ 45	≤ 35
5		Beton mit hohem Wasserein- dringwiderstand nach Abschnitt 5.5.3		
6		Chemischer Angriff XA1 ^d	≤ 25	≤ 25
7	WA ^c	XD1 und XD2 XS1 und XS2 XF2 und XF4	≤ 30	≤ 20

^b Es dürfen rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs $1 \leq 2 \text{ mm} \leq 20 \text{ Vol.-%}$ der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden, sofern sie aus der gleichen Produktion der verwendeten rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 $> 2 \text{ mm}$ stammen, für die die Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach DIN EN 933-11 nachgewiesen wurde. Das Verhältnis von feiner und grober rezyklierter Gesteinskörnung muss sich dabei an dem entsprechenden Verhältnis von Sand zu grober Gesteinskörnung der Gesamtsieblinie orientieren.

^c Die Feuchtigkeitsklasse WA darf nur für rezyklierte Gesteinskörnung mit nachgewiesener Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach Alkali-Richtlinie verwendet werden.

Beton mit hohem Wassereindringwiderstand (nach Abschnitt 5.5.3)

5.5.3 Wassereindringwiderstand

(1) Ist der Widerstand gegen das Eindringen von Wasser an Probekörpern zu ermitteln, sind das Verfahren (z. B. EN 12390-8) und die Konformitätskriterien zwischen dem Verfasser der Festlegung und dem Hersteller zu vereinbaren.

(2) Falls kein Prüfverfahren vereinbart wurde, darf der Wassereindringwiderstand indirekt durch Grenzwerte für die Betonzusammensetzung festgelegt werden.

→ (3) Wenn der Beton einen hohen Wassereindringwiderstand haben muss, so muss er

– bei Bauteildicken über 0,40 m einen Wasserzementwert $w/z \leq 0,65$ aufweisen;

– bei Bauteildicken bis 0,40 m einen Wasserzementwert $w/z \leq 0,60$ sowie mindestens einen Zementgehalt von 280 kg/m^3 (bei Anrechnung von Zusatzstoffen 270 kg/m^3) aufweisen.

Die Mindestdruckfestigkeitsklasse C25/30 ist einzuhalten.

ANMERKUNG Weitergehende Anforderungen können sich aus der Anwendung der WU-Richtlinie ergeben.

= Bisher in der Praxis oft Vorbehalte, inwieweit RC-GK in WU-Betonen eingesetzt werden darf

= technisch schon immer problemlos

Normalbetone bis C 30/37

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
	Alkalirichtlinie ^a	EN 206 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
1	WO	Karbonatisierung XC1	$\leq 45^b$	≤ 35
2		Kein Korrosionsrisiko X0		
3		Karbonatisierung XC1 bis XC4	≤ 45	≤ 35
4		Frostangriff ohne Taumittleinwirkung XF1 und XF3		
5		Beton mit hohem Wasserein- dringwiderstand nach Abschnitt 5.5.3		
6		Chemischer Angriff XA1 ^d		
7	WA ^c	XD1 und XD2 XS1 und XS2 XF2 und XF4	≤ 30	≤ 20

Neue Betonsorten
(u.a. Tausalz-, Alkalisalzeinwirkung)

Nur E I-S

^b Es dürfen rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs $1 \leq 2 \text{ mm} \leq 20 \text{ Vol.-%}$ der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden, sofern sie aus der gleichen Produktion der verwendeten rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 $> 2 \text{ mm}$ stammen, für die die Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach DIN EN 933-11 nachgewiesen wurde. Das Verhältnis von feiner und grober rezyklierter Gesteinskörnung muss sich dabei an dem entsprechenden Verhältnis von Sand zu grober Gesteinskörnung der Gesamtsieblinie orientieren.

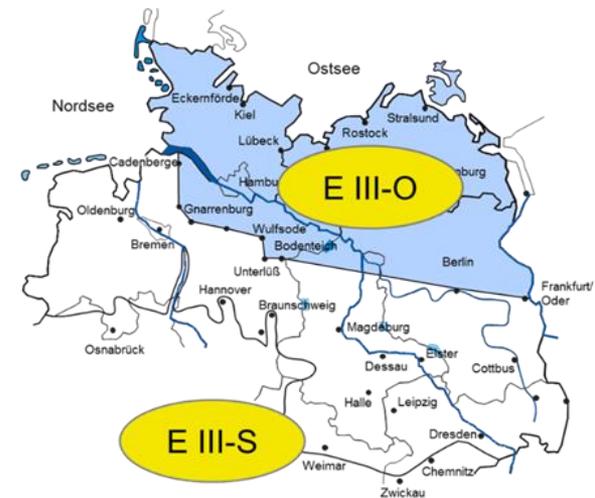
^c Die Feuchtigkeitsklasse WA darf nur für rezyklierte Gesteinskörnung mit nachgewiesener Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach Alkali-Richtlinie verwendet werden.

Regelungen zu Alkaliempfindlichkeitsklassen

- E III-S (unbekannt) als Regeleinstufung außerhalb N und NE
- Ansonsten E III-O (bedenklich)
- (Für Einsatz der Betone in WA = E I-S)

	1	2	3	4	5	6
	Alkaliempfindlichkeitsklasse	Zementgehalt kg/m ³	Erforderliche Maßnahmen für die Feuchtigkeitsklasse			
			WO	WF	WA	WS
1	E I-S	Ohne Festlegung	keine	keine	keine	Zemente nach Tab. 3-4
2	E III-S ¹	≤ 300	keine	keine	keine	s.o.
3		300 ≤ Z ≤ 350	keine	keine	Performance-Prüfung ² oder NA-Zement	s.o. sowie Austausch der Gesteinskörnung oder Gutachten ³
4		Z > 350	keine	Performance-Prüfung ² oder NA-Zement	Performance-Prüfung oder Austausch der Gesteinskörnung	s.o.

1) Gilt auch für nicht beurteilte Gesteinskörnungen
 2) Die Performance-Prüfung wird in einem zukünftigen Teil 4 der Richtlinie beschrieben werden. Bis auf weiteres erfolgt die Festlegung von vorbeugenden Maßnahmen auf Grundlage eines Gutachtens³
 3) Für die Erstellung von Gutachten sind besonders fachkundige Personen einzuschalten



Normalbetone bis C 30/37

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Anwendungsbereich		Kategorie der Gesteinskörnung	
	Alkalirichtlinie ^a	EN 206 und DIN 1045-2	Typ 1	Typ 2
1	WO	Karbonatisierung XC1	≤ 45 ^b	≤ 35
2		Kein Korrosionsrisiko X0		
3	WF	Karbonatisierung XC1 bis XC4	≤ 45	≤ 35
4		Frostangriff ohne Taumittleinwirkung XF1 und XF3		
5		Beton mit hohem Wasserein- dringwiderstand nach Abschnitt 5.5.3		
6		Chemischer Angriff XA1 ^d		
7	WA ^c	XD1 und XD2 XS1 und XS2 XF2 und XF4	≤ 30	≤ 20

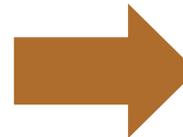
Brechsande dürfen
eingesetzt werden
fehlende Regelung Typ 2



^b Es dürfen rezyklierte Gesteinskörnungen des Typs 1 $\leq 2 \text{ mm} \leq 20 \text{ Vol.-%}$ der austauschbaren rezyklierten Gesteinskörnung eingesetzt werden, sofern sie aus der gleichen Produktion der verwendeten rezyklierten Gesteinskörnung Typ 1 $> 2 \text{ mm}$ stammen, für die die Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung nach DIN EN 933-11 nachgewiesen wurde. Das Verhältnis von feiner und grober rezyklierter Gesteinskörnung muss sich dabei an dem entsprechenden Verhältnis von Sand zu grober Gesteinskörnung der Gesamtsieblinie orientieren.

^c Die Feuchtigkeitsklasse WA darf nur für rezyklierte Gesteinskörnung mit nachgewiesener Alkaliempfindlichkeitsklasse E I-S nach Alkali-Richtlinie verwendet werden.

Gesteinskörnung, Typ 1

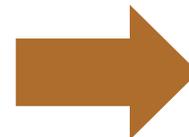


Seit 2009



Gesteinskörnung, Typ 2

Brechsand aus der Aufbereitung von Altbeton fällt auch bei der Produktion GK Typ 2 in der Regel getrennt an



Seit 2013



Mindestgehalte bzw. maximal zulässige Beimengungen in RC-Lieferkörnungen nach DIN 4226-101 (Angaben in Gew.-%)

Bestandteile	Abkürzung	RC-Körnung Typ 1	RC-Körnung Typ 2
Beton, Betonprodukte, Mörtel, Mauersteine aus Beton, ungebundene Gesteinskörnung, Naturstein, hydraulisch gebundenes Gestein	RC + RU	≥ 90 %	≥ 70 %
Ziegel-Mauersteine (nicht-porosierte), Klinker, Steinzeug, Kalksandstein-Mauersteine, verschiedene Mauer- und Dachziegel, Bimsbeton (Leichtbeton), nicht schwimmender Porenbeton	Rb	≤ 10 %	≤ 30 %
Bitumenhaltige Materialien, Asphalt	Ra	≤ 1 %	≤ 1 %
Glas	X + Rg	≤ 1 %	≤ 2 %
Sonstige Materialien: Bindige Materialien (d.h. Ton und Bodenmaterial), verschiedene sonstige Materialien: Metalle (Eisen- und Nichteisenmetalle), nicht schwimmendes Holz, Kunststoff, Gummi, Gips			
Schwimmendes Material im Volumen	FL	≤ 2 %	≤ 2 %

Typ 2

Feststoff		Höchstwert	Prüfergebnis
Kohlenwasserstoffe (C₁₀-C₄₀)	mg/kg	1000	<50
PAK nach EPA	mg/kg	75	0,153
EOX	mg/kg	10	<0,5
PCB	mg/kg	1	<0,005
Eluat			
pH-Wert (kein Ausschlusskriterium)		12,5	11,09
Elektrische Leitfähigkeit (kein Ausschlusskriterium)	µS/cm	3000	515
Chlorid	mg/l	150	1,36
Sulfat	mg/l	600	85,7
Arsen	µg/l	50	<1
Blei	µg/l	100	1
Cadmium	µg/l l	5	<0,1
Chrom gesamt	µg/l	100	7
Kupfer	µg/l	200	3
Nickel	µg/l	100	2
Quecksilber	µg/l	2	<0,1
Zink	µg/l	400	5
Phenolindex	µg/l	100	<10

25

Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg, Stoffkreisläufe von RC-Beton, Informationsbroschüre für die Herstellung von Transportbeton unter Verwendung von Gesteinskörnungen nach Typ 2, Dezember 2013



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Florian Knappe

Florian.knappe@ifeu.de



Wilckensstraße 3 69120 Heidelberg Telefon +49 (0)6 221. 47 67 - 0 Telefax +49 (0)6 221. 47 67 - 19 www.ifeu.de