

Ziegelhaltige Recyclingbaustoffe als Rohstoff für ressourceneffiziente Zemente in dauerhaften Betonen

Koordinator/in R-ZiEMENT:
Katrin Severins

Förderkennzeichen: 033 R 263 A-E

-
- **VDZ Technology gGmbH (Koordination)**
-
- Institut für Ziegelforschung Essen e. V.
 - Leipfinger-Bader GmbH
 - Scherer & Kohl GmbH
 - Spenner GmbH & Co. KG
-

vdz

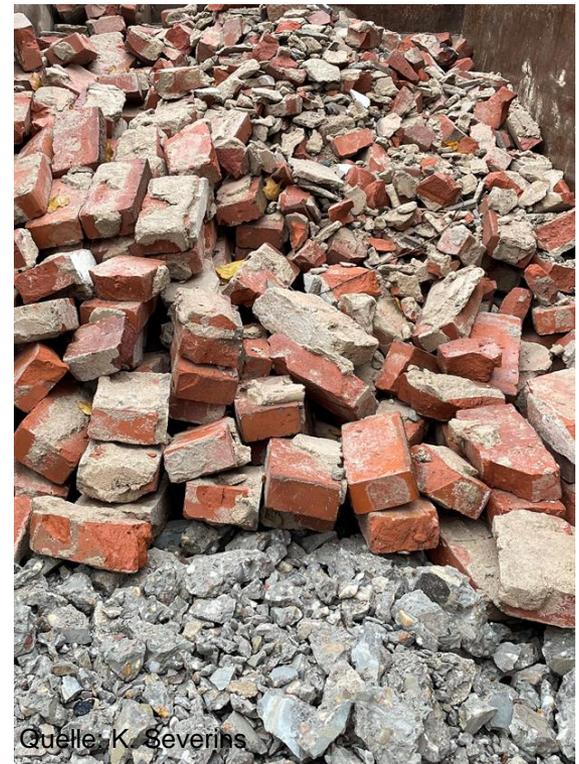
IZF
IZF

LB LEIPFINGER
BADER

SK
Scherer+Kohl

spenner

R-ZiEMENT



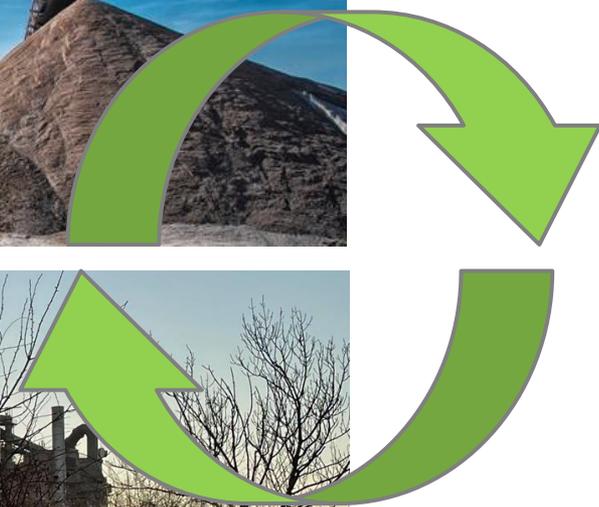
GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Ziegelhaltige Recyclingbaustoffe als Rohstoff für ressourceneffiziente Zemente in dauerhaften Betonen



Quellen:
Scherer & Kohl GmbH, S. Kreßer;
Spenner GmbH & Co. KG, K. Severins

GEFÖRDERT VOM

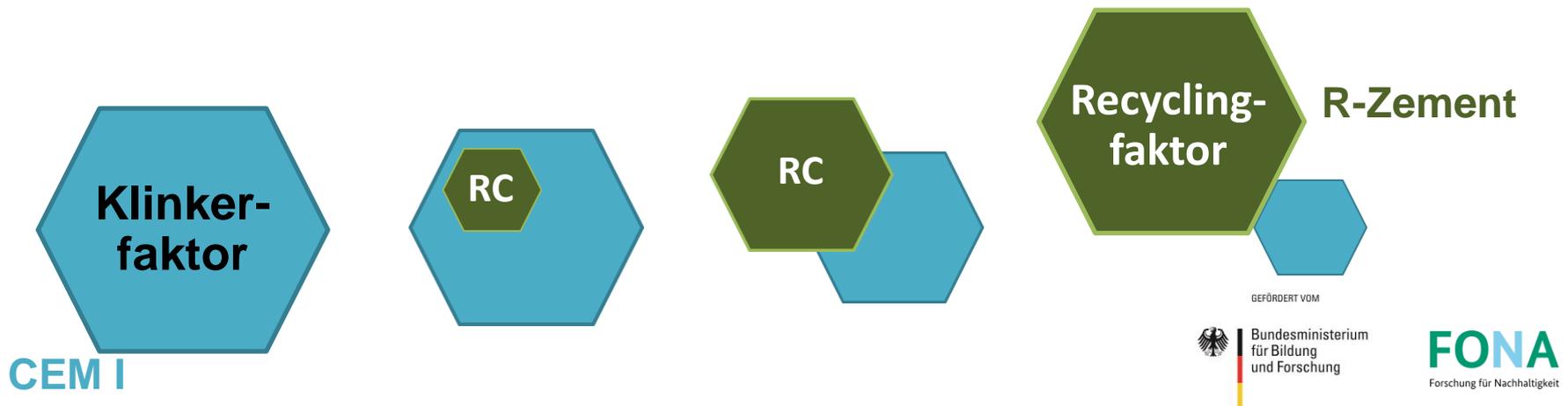


Was trägt zur zirkulären Wertschöpfung bei?

Zentrale Fragen im Verbund

Zementwerke:

- Wie hoch ist der **Anteil ziegelhaltiger RC-Baustoffe im R-Zement?** (Recyclingfaktor vs. Klinkerfaktor)
- Wie sind diese RC-Baustoffe zusammensetzt?
- Welche Eigenschaften haben diese **RC-Baustoffe** im Zement?





Ziegelhaltige Recyclingbaustoffe

Quelle: K. Severins

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

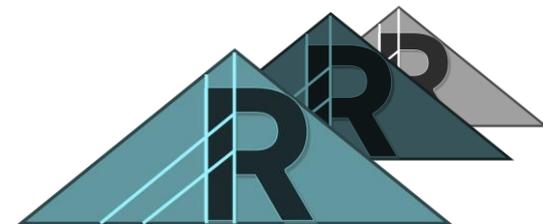
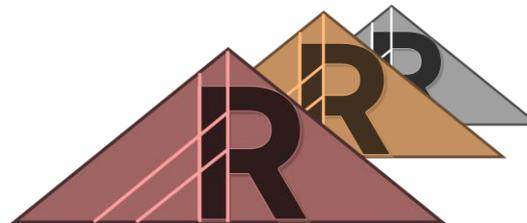
FONA
 Forschung für Nachhaltigkeit

Was trägt zur zirkulären Wertschöpfung bei?

Zentrale Fragen im Verbund

Recyclingwerke:

- Wie hoch ist der **Ziegelanteil in den RC-Stoffströmen?**
(RC-Gesteinskörnungen, RC-Brechsande, Recyclingmehle)
- Wie sind diese RC-Ziegel zusammengesetzt?
- Welche Eigenschaften haben diese **RC-Ziegel** im Zement?



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit



Ziegelherstellung



Schleifstaubsiebung

Quellen: Leipfinger-Bader GmbH, K. Severins

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

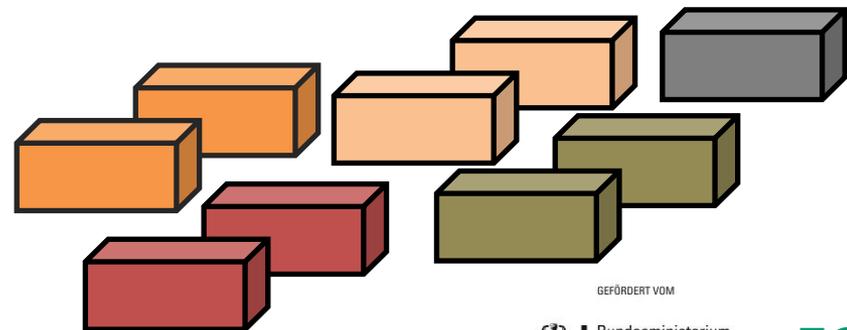
FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Was trägt zur zirkulären Wertschöpfung bei?

Zentrale Fragen im Verbund

Ziegelwerke:

- Wie hoch ist der **calcinierte Tonanteil im RC-Ziegel?** (Ziegelmauerwerk, Ziegelbruch, Ziegelschleifstaub)
- Wie sind diese Ziegeltone zusammengesetzt?
- Welche Eigenschaften haben diese **calcinierten Tone** im Zement?

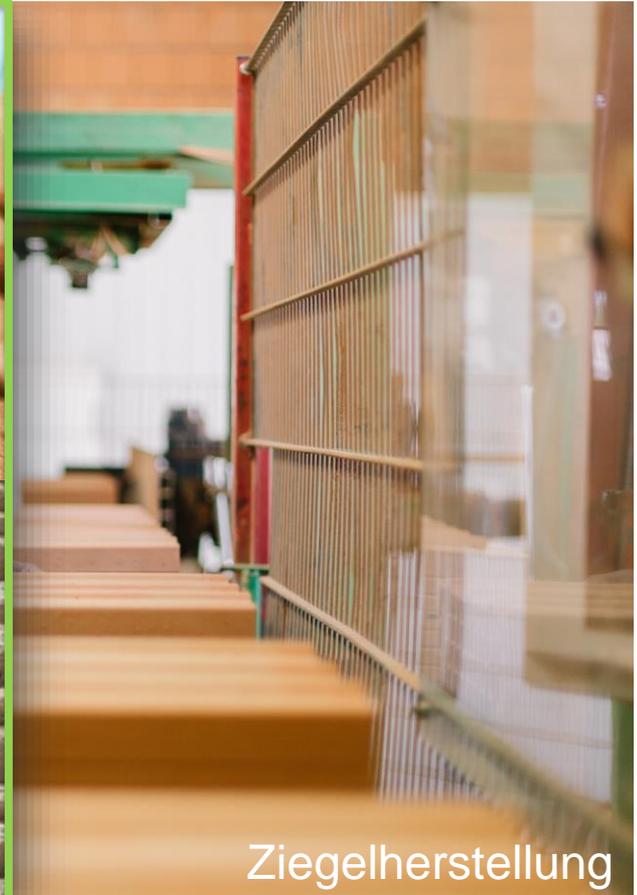
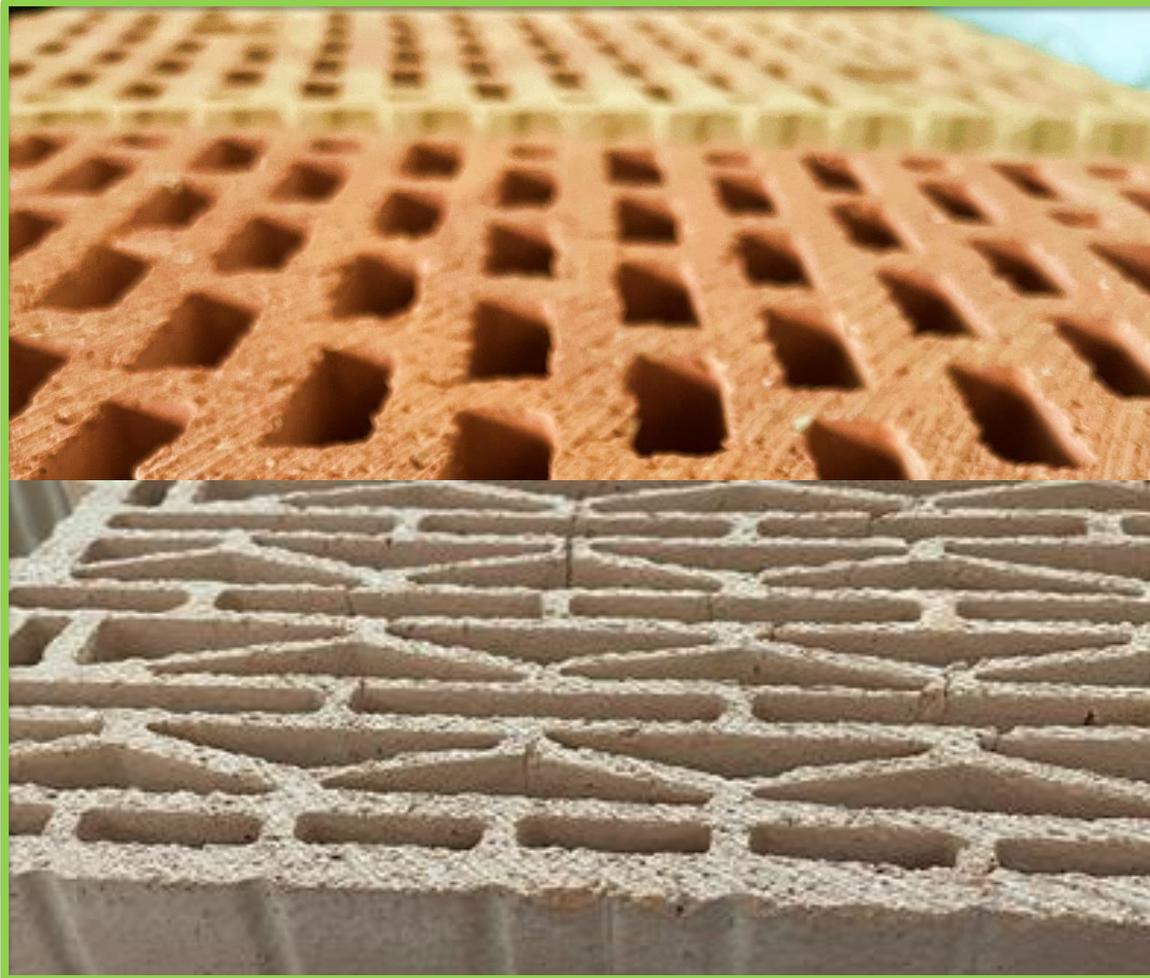


GEFÖRDERT VOM



FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Chemische Zusammensetzung und Reaktivität



Quellen: Leipfinger-Bader GmbH, K. Severins

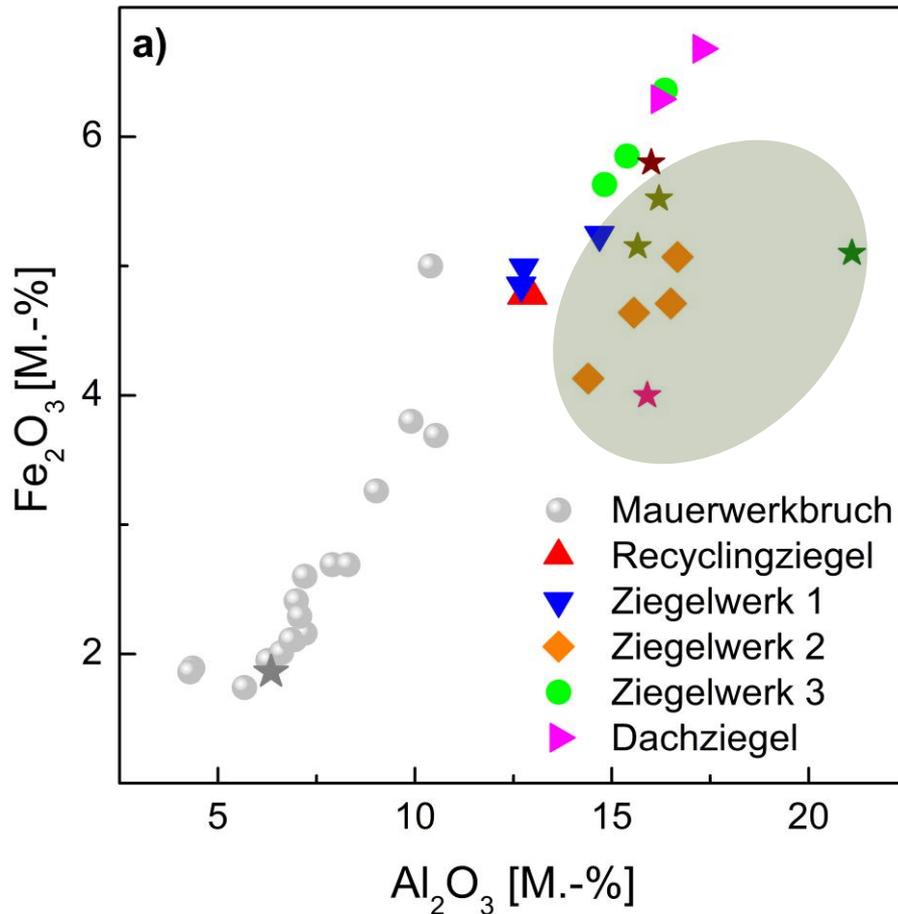
GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Chemische Zusammensetzung und Reaktivität

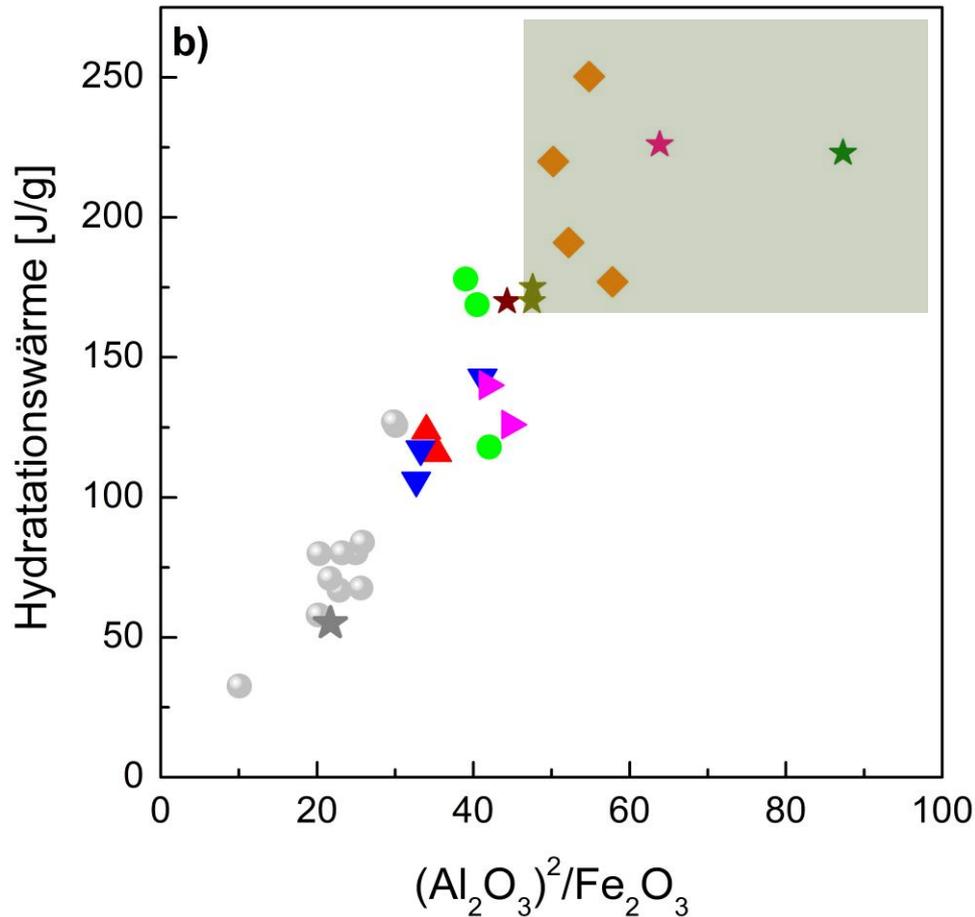


- Kaolinitische Ziegeltonne: höhere Al_2O_3 -Gehalte
- Ziegelhaltiger Mauerwerkbruch: vergleichsweise stetiges $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Verhältnis

(Oxidgehalte der RC-Baustoffe aus RFA)

GEFÖRDERT VOM

Chemische Zusammensetzung und Reaktivität



- Kaolinitische Tone: höhere Hydrationswärme
- Einfluss der Brenntemperatur?

(puzzolanische Reaktivität der RC-Baustoffe: Untersuchung der Hydrationswärme gemäß ASTM C1897-20 im Prüfalter von 7 Tagen)

GEFÖRDERT VOM

Neue Zemente CEM II/F mit rezyklierten Feinstoffen

Auszug Produktnorm EN 197-6

Main types	Notation of the products (types of cement)		Composition (percentage by mass) ^a											Minor additional constituents
			Main constituents											
			Clinker	Recycled concrete fines	Blast-furnace slag	Silica fume	Pozzolana		Fly ash		Burnt shale	Limestone		
	natural	natural calcined					siliceous	calcareous	L ^c	LL ^c				
Type name	Type notation	K	F	S	D ^b	P	Q	V	W	T	L ^c	LL ^c		
CEM II	Portland-recycled-fines cement	CEM II/A-F	80-94	6-20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-F	65-79	21-35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
	Portland-composite cement ^d	CEM II/A-M	80-88	6-14	←----- 6-14 -----→								0-5	
		CEM II/B-M	65-79	6-29	←----- 6-29 -----→								0-5	
		CEM II/C-M	50-64	6-20	←----- 16-44 -----→								0-5	
CEM VI	Composite cement	CEM VI	35-49	6-20	31-59	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5

^a The values in the table refer to the sum of the main and minor additional constituents.
^b In case of the use of silica fume, the proportion of silica fume is limited to 6 % to 10 % by mass.
^c In case of the use of limestone, the proportion of the sum of limestone and recycled concrete fines (sum of L, LL and F) is limited to 35 % by mass.
^d The number of main constituents other than clinker is limited to two and these main constituents shall be declared by designation of the cement (for examples, see Clause 6). In case of the use of both F and (L or LL) in the composition, the number of main constituents other than clinker is limited to three and these main constituents shall be declared by designation of the cement.

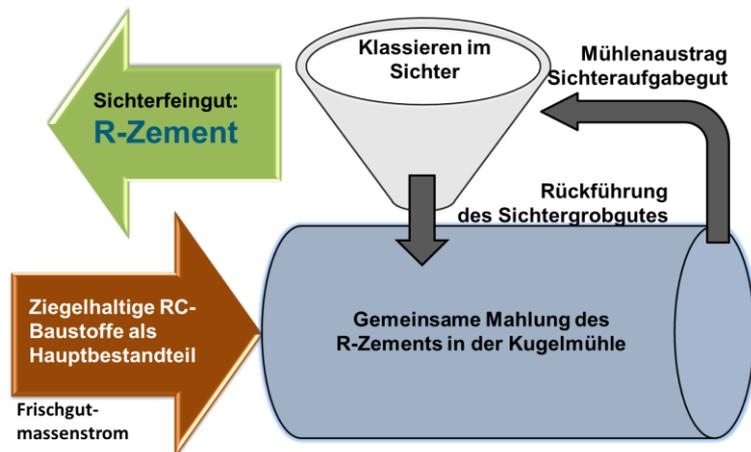
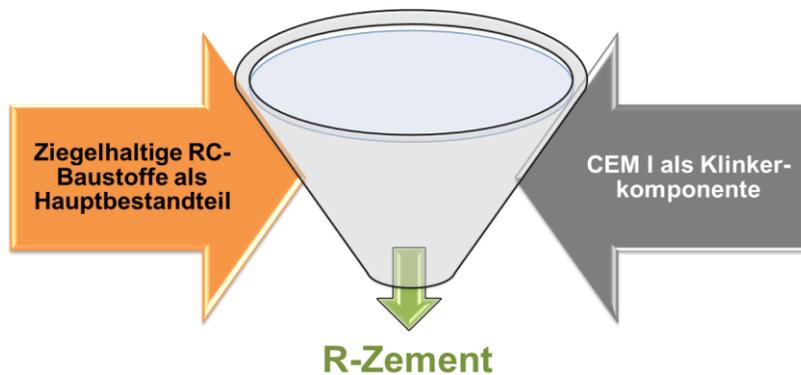
- bekannte Ausgangsstoffe lassen sich mit rezyklierten Feinstoffen kombinieren
- Beitrag zur CO₂-Einsparung und zur Kreislaufwirtschaft

GEFÖRDERT VOM


 Bundesministerium
 für Bildung
 und Forschung

FONA
 Forschung für Nachhaltigkeit

Herstellung von R-Zementen in Betriebsversuchen



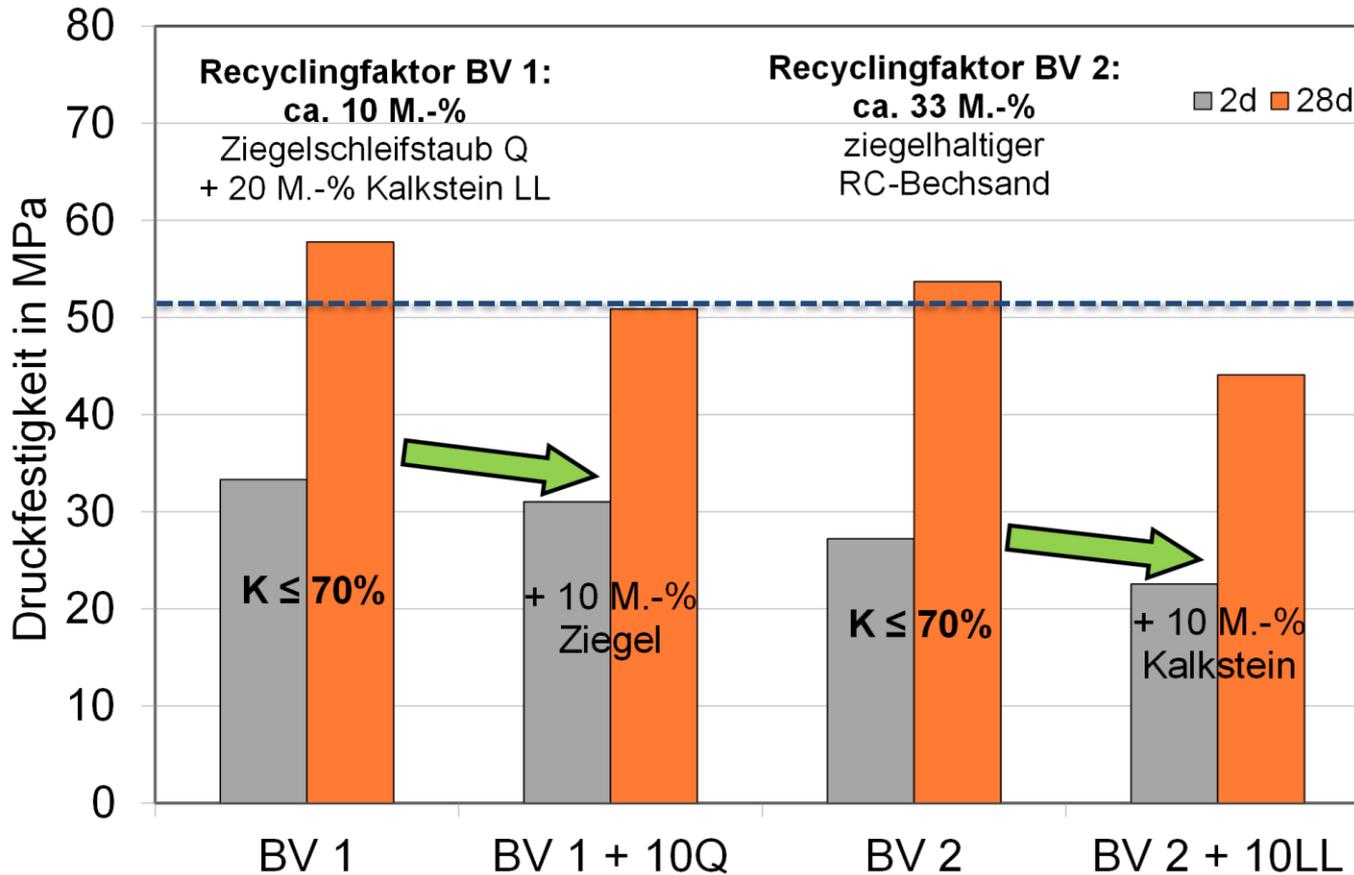
Betriebsversuch 1 (BV1)

- Siebung eines Ziegelschleifstaubs ($D < 125 \mu\text{m}$)
- Dosierung der mehlfeinen Ausgangsstoffe:
 - 10 M.-% Siebdurchgang
 - 20 M.-% Kalksteinmehl
 - 70 M.-% Portlandzement
- **Mischen** im Mehrkammermischsilo (MKMS)

Betriebsversuch 2 (BV2)

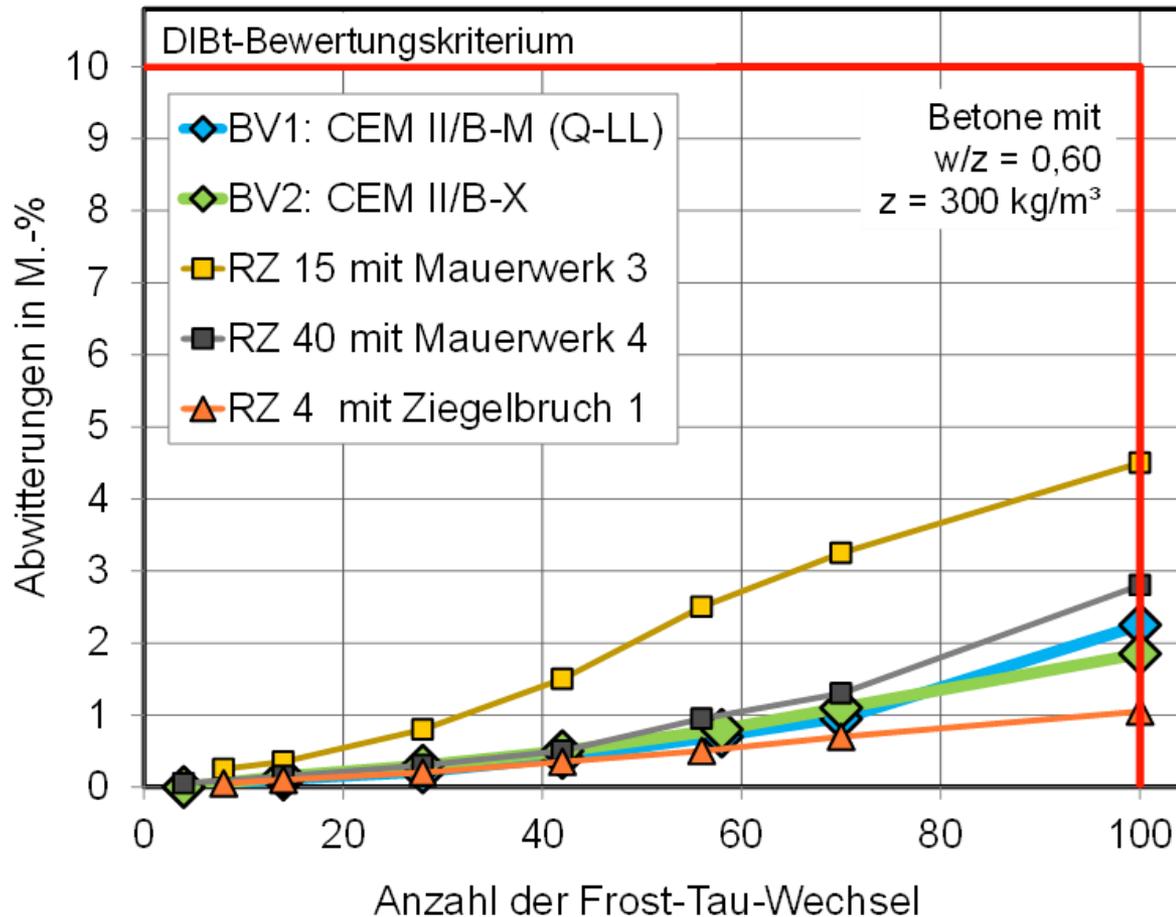
- Dosierung der Ausgangsstoffe (Frischgut):
 - 30 M.-% Ziegelhaltiger RC-Brechsand
 - 70 M.-% Portlandzementklinker und Sulfatträger (Erstarrungsregler)
- **Gemeinsame Mahlung** (Umlaufmahlanlage)

Druckfestigkeit ziegelhaltiger R-Zemente



GEFÖRDERT VOM

R-Zemente im Beton: Frostwiderstand



Untersuchungen zur
 Dauerhaftigkeit:
 Betone im
 Würfelverfahren

GEFÖRDERT VOM



bieren betonwerk

Anwendung der R-Zemente
aus den großtechnischen
Betriebsversuchen:

- **in der Fertigung von
Betonrohren**

Quelle: Betonwerk Bieren

GEFÖRDERT VOM



FONA
Forschung für Nachhaltigkeit



spenner hercules

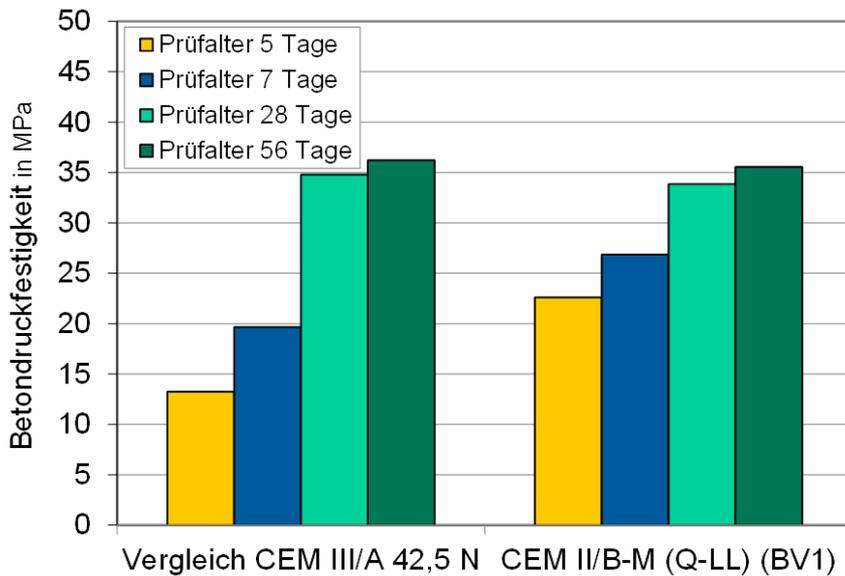
Anwendung der R-Zemente
aus den großtechnischen
Betriebsversuchen:

- **in der Herstellung von
Transportbeton**

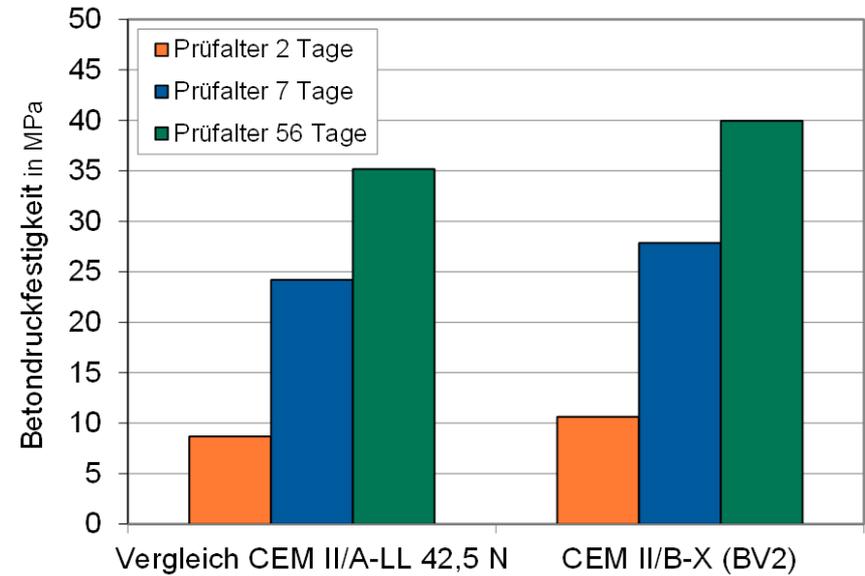
Quelle: A. Winkel, N. Holländer

Druckfestigkeit der R-Zement-Betone im Vergleich

Anwendung der R-Zemente aus den großtechnischen Betriebsversuchen im Labor bzw. im Transportbetonwerk



Laborbetone mit $z = 290 \text{ kg/m}^3$,
 $w/z = 0,58$ (ohne SFA)



Transportbetone mit $z = 285 \text{ kg/m}^3$,
 $w/z_{eq} = 0,57$ ($k = 0,4$ mit SFA)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Stoffkreisläufe branchenübergreifend schließen!



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Quelle: K. Severins

vdz

IZF ISI
ISI IZF

SIK
Scherer+Kohl

R-ZiEMENT

LB LEIPFINGER
BADER

spenner

GEFÖRDERT VOM

 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit