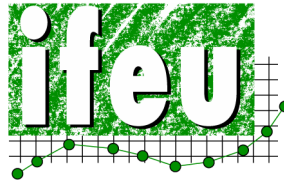


Beton aus rezyklierten Gesteinskörnungen Mit 30% Mauerwerkbruch – Projektergebnisse aus Baden Württemberg



Krieger Beton-Technologiezentrum GmbH
Hans-Jörg Weiß

20. September 2013



Aufgabenstellung

- Entwicklung geeigneter hochwertiger Rezepturen von RC-Beton als Transportbeton
- Verwendung von RC-Gesteinskörnung Typ 2
- Verwendung max. Anteil RC-Gesteinskörnung
- Verwendung max. Anteil Ziegelsplitt
- Möglichst geringer Einsatz von Zement
- Hohe Betongüte
- Betoneigenschaften mit konventionellem Beton vergleichbar

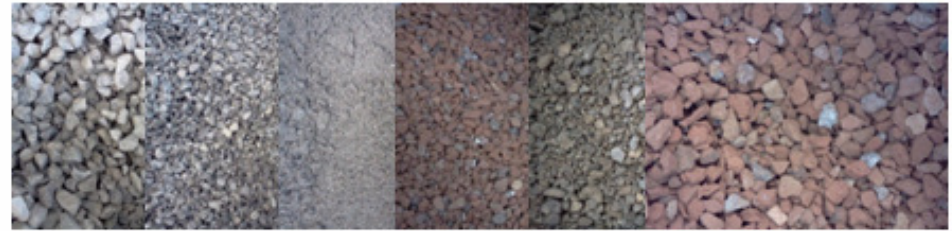
Arbeitsplan

1. Bestimmung der Eigenschaften der RC-Gesteinskörnungen
2. Erstellung geeigneter Sieblinien mit abgestuftem Anteil an RC-Gesteinskörnungen
3. Vergleich von Betonen mit abgestuftem Anteil an RC-Gesteinskörnungen (Musterrezeptur mit o.g. Sieblinien; Frisch-/Festbetoneigenschaften)
4. Optimierung der RC-Sieblinien
5. Optimierung der RC-Betonrezepturen

Vorversuche

1. Eigenschaften der RC-Gesteinskörnungen
2. Sieblinien-Varianten
3. Betonrezepturen / Prüfbedingungen
4. Frischbetonergebnisse
5. Festbetonergebnisse

3.2 Sieblinien-Varianten



	Ohne Ziegel	15% v.RC Ziegel	30% v.RC Ziegel
Ohne RC	NS 0/2 Krieger SP 2/16 Klöpfer		
25% RC	NS 0/2 Krieger SP 2/16 Klöpfer RC 2/16 Beton Feess	NS 0/2 Krieger SP 2/16 Klöpfer RC 2/16 Beton Feess RC 2/16 Ziegel Feess	NS 0/2 Krieger SP 2/16 Klöpfer RC 2/16 Beton Feess RC 2/16 Ziegel Feess
45% RC	NS 0/2 Krieger SP 2/16 Klöpfer RC 2/16 Beton Feess	NS 0/2 Krieger SP 2/16 Klöpfer RC 2/16 Beton Feess RC 2/16 Ziegel Feess	NS 0/2 Krieger SP 2/16 Klöpfer RC 2/16 Beton Feess RC 2/16 Ziegel Feess
100% RC	NS 0/2 Krieger RC 2/16 Beton Feess	NS 0/2 Krieger RC 2/16 Beton Feess RC 2/16 Ziegel Feess	NS 0/2 Krieger RC 2/16 Beton Feess RC 2/16 Ziegel Feess

Betonrezepturen

Vergleichsrezeptur:

320 kg/m³ CEM II/A-LL 42,5 N

Leitungswasser (w/z=0,55)

0,6% v.Z. Powerflow 5100

Gesteinskörnung



Prüfbedingungen

Verwendung feuchter Gesteinskörnung

Mischen mit Eimermischer

Gesteinskörnung mit Hälfte des Anmachwassers 5 Minuten vorlagern

Konsistenz (Ausbreitmaß vor/nach Fließmittel)

Konsistenz bis 1 h nach Wasserzugabe

Bestimmung Luftporengehalt und Rohdichte

Darren (tatsächlicher Wassergehalt)

Probekörper für Druckfestigkeit nach 7 / 28 Tagen

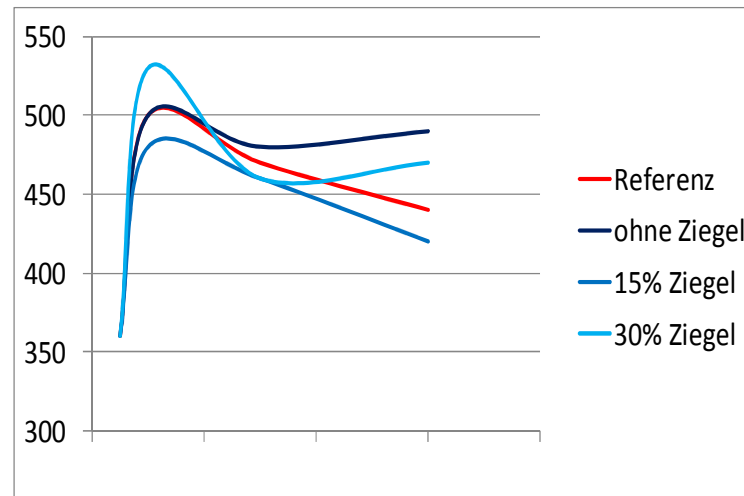
Beton-/Lufttemperatur 18-20 °C

20.September 2013

KRIEGER

Frischbetonergebnisse Verarbeitbarkeit –25% RC

25% RC (30% Ziegel); a10



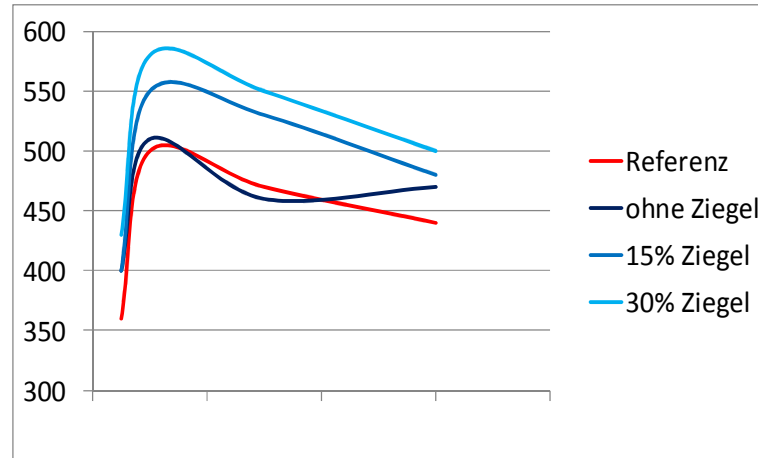
Rezeptur	Luft-poren [Vol.-%]	Roh-dichte [kg/dm ³]	Temp. Luft [°C]	Temp. Beton [°C]	a5 [mm]	a10 FM [mm]	a30 [mm]	a60 [mm]
Referenz: ohne RC	0,6	2,40	18	20	360	500	470	440
Ohne Ziegel	2,8	2,38	18	20	360	500	480	490
15% Ziegel	1,1	2,38	18	20	360	480	460	420
30% Ziegel	0,5	2,38	18	19	360	530	460	470

20.September 2013

KRIEGER

Frischbetonergebnisse Verarbeitbarkeit –100% RC

100% RC (0% Ziegel); a10



Rezeptur	Luft-poren [Vol.-%]	Roh-dichte [kg/dm ³]	Temp. Luft [°C]	Temp. Beton [°C]	a5 [mm]	a10 FM [mm]	a30 [mm]	a60 [mm]
Referenz: ohne RC	0,6	2,40	18	20	360	500	470	440
Ohne Ziegel	1,0	2,30	19	19	400	510	460	470
15% Ziegel	1,3	2,28	19	19	400	550	530	480
30% Ziegel	n.b.	2,22	19	20	430	580	550	500

20.September 2013



Festbetoneigenschaften

Druckfestigkeiten nach 7/28 Tagen [N/mm²] und w/z-Wert

	Ohne Ziegel		15% v.RC Ziegel		30% v.RC Ziegel		100% v.RC Ziegel	
	7d [N/mm ²] 28d [N/mm ²]	w/z	7d [N/mm ²] 28d [N/mm ²]	w/z	7d [N/mm ²] 28d [N/mm ²]	w/z	7d [N/mm ²] 28d [N/mm ²]	w/z
0% RC	33,2 42	0,58						
25% RC	34,2 40	0,59	34,9 40,2	0,57	35,9 43,7	0,54		
45% RC	30,7 40,5	0,52	30,8 39,6	0,54	29,7 ¹⁾ 42,2	0,59 ¹⁾		
100% RC	30,4 35,6	0,53	28,1 34,8	0,51	27 ¹⁾ 34,1 ¹⁾	0,49 ¹⁾	25,5 32,3	...

1) Wiederholungsversuch

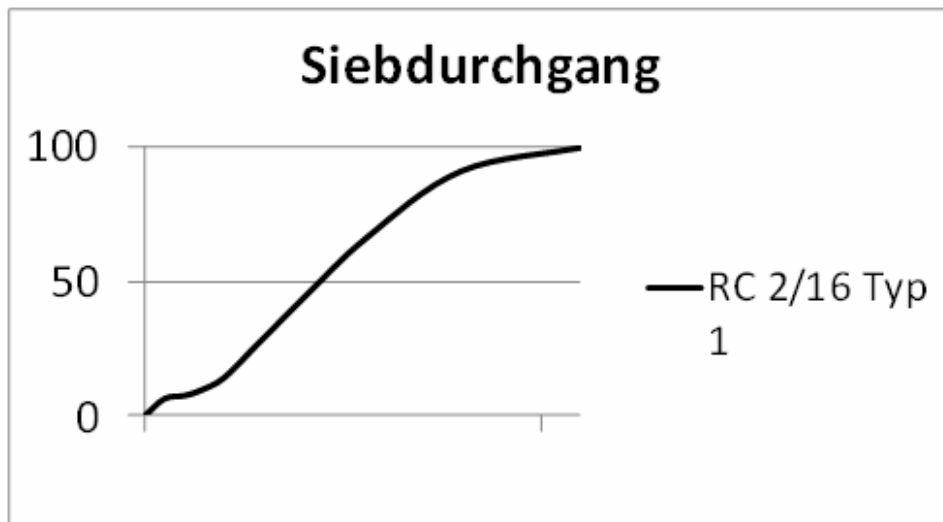
Endgültige Sieblinie der RC-Gesteinskörnung 2/16 Typ 2

10 Ma.-% RC 2/8 Ziegelsplitt
 20 Ma.-% RC 8/16 Ziegelsplitt
 70 Ma.-% RC 2/16 Typ 1

5. Rezepturoptimierung

Sieblinie RC 2/16 Typ 2

Sieb [mm]	22,4	16	11,2	8	5,6	4	2,8	2	1	P
Durchgang [Ma.-%]	100	91	66	44	26	14	9	8	6	0



20. September 2013

C25/30 XC4 XF1 XA1

RC-Beton C25/30

290 kg/m³ CEM

70 kg/m³ SFA

20 kg/m³ KSM

188 kg/m³ Gesamtwasser (w/z=0,59)

Rohdichte 2,271 kg/dm³

BV/FM

AB16 mit 25% RC-GK Typ 2

Konsistenzbereich F4/F3

Frischbeton

a(FM)=565 mm

a(90 Min.)=490 mm

LP=1,6 Vol %

w/zeq=0,61

Frischrohichte 2,275 kg/dm³

Frischbetontemperatur 20 °C

Festbeton

Druckfestigkeit 7 d: 23 N/mm²

Druckfestigkeit 28 d: 35 N/mm²

C30/37 XC4 XF1 XA1

RC-Beton C30/37

360 kg/m³ CEM

172 kg/m³ Gesamtwasser
(w/z=0,48)

Rohdichte 2,29 kg/dm³

FM

AB16 mit 35% RC-GK Typ 2

Konsistenzbereich F4/F3

Frischbeton

a(FM)=560 mm

a(90 Min.)=465 mm

w/z=0,49 LP=1,2 Vol.-%

Frischrohichte 2,30 kg/dm³

Frischbetontemperatur 24 °C

Festbeton

Druckfestigkeit 7d: 36 N/mm²

Druckfestigkeit 28d: 42 N/mm²

Verarbeitbarkeit – Konsistenz (Ausbreitmaß)

Vergleich trockene/wassergesättigte RC-Gesteinskörnung bei gleichem Zusatzmittelgehalt

Rezeptur	w/z- Wert	Roh- dichte [kg/dm ³]	Temp. Luft [°C]	Temp. Beton [°C]	a5 [mm]	a10 FM [mm]	a30 [mm]	a60 [mm]
F3 / RC- GK Labor trocken	0,46	2,308	20	22	300	500	465	430
F4 / RC- GK Labor gesättigt	0,48	2,300	19	20	355	530	500	490
F3 / RC- GK 18.06. gesättigt	0,49	2,300	22	24	365	560	530	490

C30/37 XC4 XF1 XA1

Festbetonergebnisse – Druckfestigkeit

Trockene RC-GK Labor

Druckfestigkeit nach 7 Tagen: 41,8 N/mm²

Druckfestigkeit nach 28 Tagen: 45,6 N/mm²

Wassergesättigte RC-GK Labor

Druckfestigkeit nach 7 Tagen: 44,2 N/mm²

Druckfestigkeit nach 28 Tagen: **50** N/mm²

Wassergesättigte RC-GK 18.06.

Druckfestigkeit nach 7 Tagen: 36,5 N/mm²

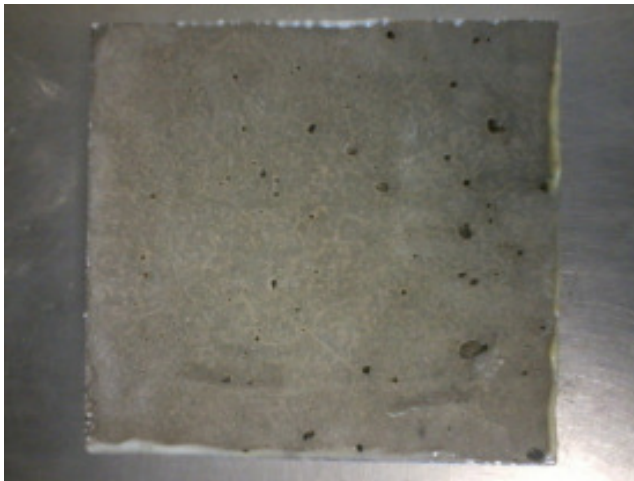
Druckfestigkeit nach 28 Tagen: 42,5 N/mm²

C30/37 XC4 XF1 XA1

Festbetonergebnisse – Frost-Tausalz-Prüfung CDF - Test

Wassergesättigte RC-GK, KEINE Betonrezeptur XF4

Frost-Tausalz-Prüfung wurde nicht bestanden, da die grobe Gesteinskörnung Splitt (MuKa) nicht beständig war. Die grobe Gesteinskörnung Ziegel aus der RC-GK Typ 2 blieb erhalten!



PK1 vor CDF



PK1 nach CDF (28 Frost-Tau-Wechsel)

20.September 2013

Resumé

Verarbeitbarkeit von RC-Beton mit max. Anteil an Rb- Material (*Mauerziegel*, Kalksandsteine, nicht schwimmender Porenbeton) unter Laborbedingungen mit feuchtem Material ist vergleichbar mit RC-Beton aus reinem Altbeton.

Besonderes Augenmerk muss auf den Wasserhaushalt im Frischbeton bzw. den Wassergehalt der RC-Gesteinskörnung gerichtet werden.

Die Druckfestigkeiten der bisherigen vergleichenden Betonversuche mit verschiedenen Sieblinienvarianten zeigen vergleichbare Leistungen aller Varianten bis 45% Anteil Recycling-Gesteinskörnung, auch mit Beton mit Muschelkalksplitt.

Die Druckfestigkeiten der Varianten mit 100% Recycling-Gesteinskörnung liegen generell etwas niedriger. Auffallend ist hier die mit zunehmendem Anteil an Ziegelbruch geringere Druckfestigkeit nach 7 Tagen bei nach 28 Tagen wieder vergleichbarer Druckfestigkeit.