

HighTechMatBau
Die Konferenz für
Neue Materialien im Bauwesen
31. Januar 2018
htmb2018.de

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Förderkennzeichen 13N12119 bis 13N13125

R-BETON – es geht viel mehr!

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Breit
Dipl.-Ing. Julia Scheidt
Technische Universität Kaiserslautern

Dipl.-Ing. Raymund Böing
HeidelbergCement AG

R-BETON → Beton mit **rezyklierten Gesteinskörnungen**

R-BETON → Beton mit **rezyklierten Gesteinskörnungen**



Abriss



Aufbereitung



Rezyklierte Gesteinskörnung nach
DIN EN 12620

R-BETON → Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen

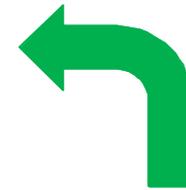


Abriss



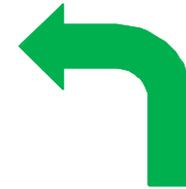
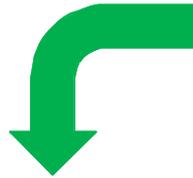
R-BETON

Aufbereitung



Rezyklierte Gesteinskörnung nach DIN EN 12620

R-BETON → Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen



Abriss



R-BETON

Aufbereitung



Rezyklierte Gesteinskörnung nach DIN EN 12620

R-BETON → Beton mit **rezyklierten Gesteinskörnungen**



Quelle: www.sprachlog.de

R-BETON → Beton mit **rezyklierten Gesteinskörnungen**



Quelle: www.sprachlog.de

1996-99



Baustoffkreislauf im
Massivbau

gefördert durch das BMBF / www.b-i-m.de

R-BETON → Beton mit **rezyklierten Gesteinskörnungen**



Quelle: www.sprachlog.de

1996-99



Baustoffkreislauf im
Massivbau

gefördert durch das BMBF / www.b-i-m.de

1998 **DAfStb-Richtlinie**
Beton mit rezykliertem Zuschlag

Teil 1: Betontechnik

Teil 2: Betonzuschlag aus Betonsplitt und Betonbrechsand

R-BETON → Beton mit **rezyklierten Gesteinskörnungen**



Quelle: www.sprachlog.de

1996-99



Baustoffkreislauf im
Massivbau

gefördert durch das BMBF / www.b-i-m.de

1998 **DAfStb-Richtlinie**
Beton mit rezykliertem Zuschlag

Teil 1: Betontechnik

Teil 2: Betonzuschlag aus Betonsplitt und Betonbrechsand

2000



Quelle: www.simplyscience.ch

Waldspirale Darmstadt

Gestaltung: Hundertwasser

Architekt: Springmann

12.000 m³ Beton mit rezyklierten
Zuschlägen

R-BETON → Beton mit **rezyklierten Gesteinskörnungen**

2013 Resümee nach 15 Jahren

R-BETON - es geht gar nichts!

R-BETON → Beton mit **rezyklierten Gesteinskörnungen**

2013 Resümee nach 15 Jahren

R-BETON - es geht gar nichts!



Sind die Regelungen zu konservativ
oder nicht praxisgerecht?

R-BETON → Beton mit **rezyklierten Gesteinskörnungen**

2013 Resümee nach 15 Jahren

R-BETON - es geht gar nichts!



Sind die Regelungen zu konservativ oder nicht praxisgerecht?

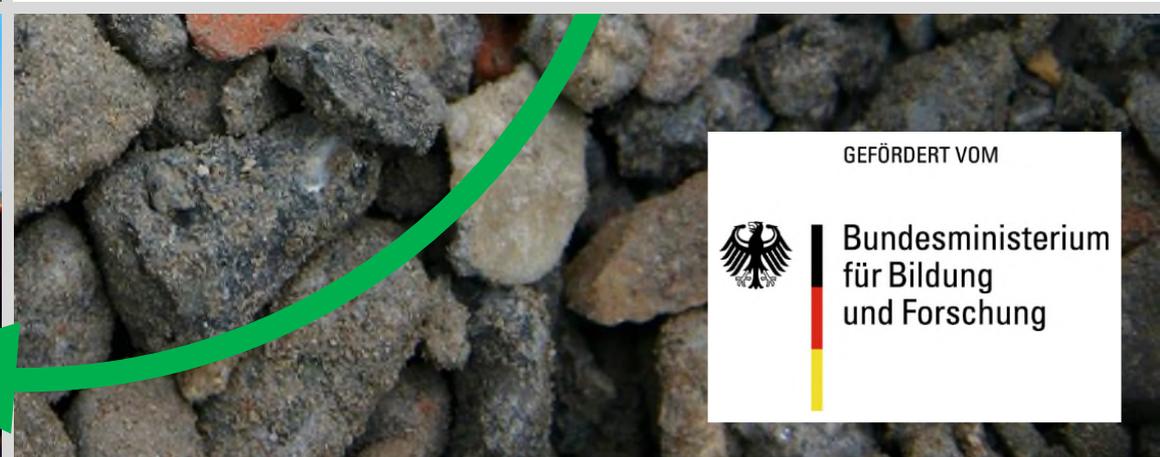


Müssen die Regelwerke auf den Prüfstand?



Baustoffkreislauf
Beton

R-BETON |
RESSOURCEN SCHONENDER BETON –
WERKSTOFF DER NÄCHSTEN GENERATION
| BMBF – HIGHTECHMATBAU



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

- 7 Teilvorhaben
- Finanzvolumen
ca. 2,7 Mio. €
- Dauer 3 Jahre
- Laufzeit:
01.11.2014-
30.04.2018

HEIDELBERGCEMENT

Scherer+Kohl

 **BASF**
We create chemistry

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

 TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN

 ifeu

vdz.

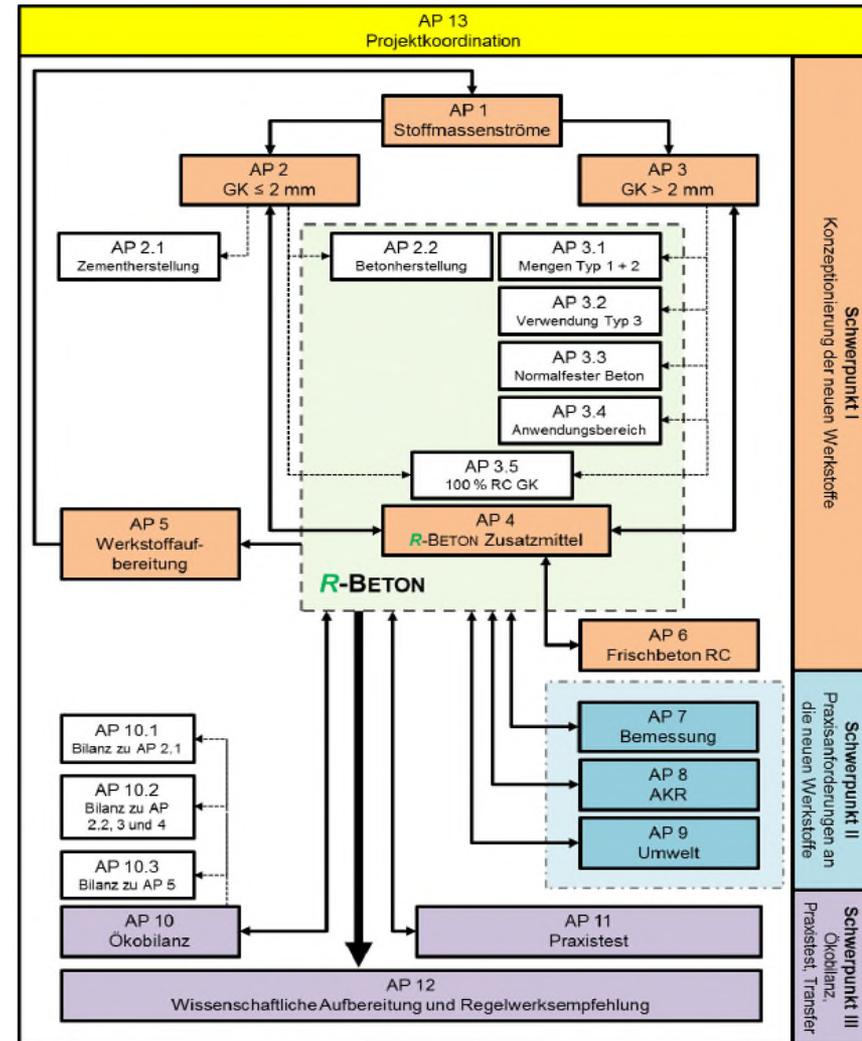


Schwerpunkt I

Konzeptionierung der neuen Werkstoffe

- Verwendbarkeit grober und feiner **R**-Gesteinskörnung in Beton- und Zementherstellung
- Bestehende Hemmnisse (Beschränkungen in Zusammensetzung, Expositionsclassen, Festigkeitsclassen) auf Basis wissenschaftlicher Untersuchungen ausräumen
- Erforschung von spezifischen **R**-Zusatzmitteln
- Optimierung der Aufbereitung rezyklierter Gesteinskörnung

➔ Vorrangiger Einsatz von **R**-Gesteinskörnung in hochwertigen Baustoffen/Anwendungen



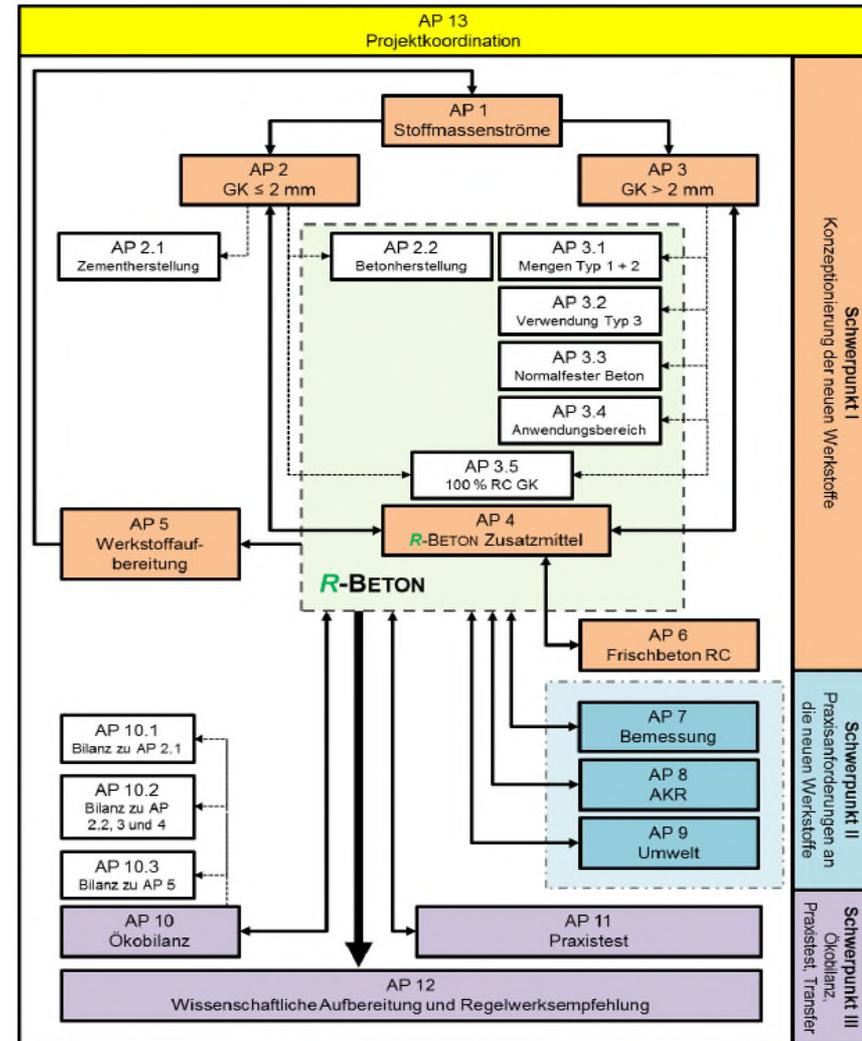
Schwerpunkt I

Konzeptionierung der neuen Werkstoffe

Schwerpunkt II

Praxisanforderung an die neuen Werkstoffe

- praxismgerechte Lösungen bezüglich Umweltrelevanz und Alkali-Kieselsäure-Problematik
- Bemessungsansätze nach Eurocode 2 müssen anwendbar sein



Schwerpunkt I

Konzeptionierung der neuen Werkstoffe

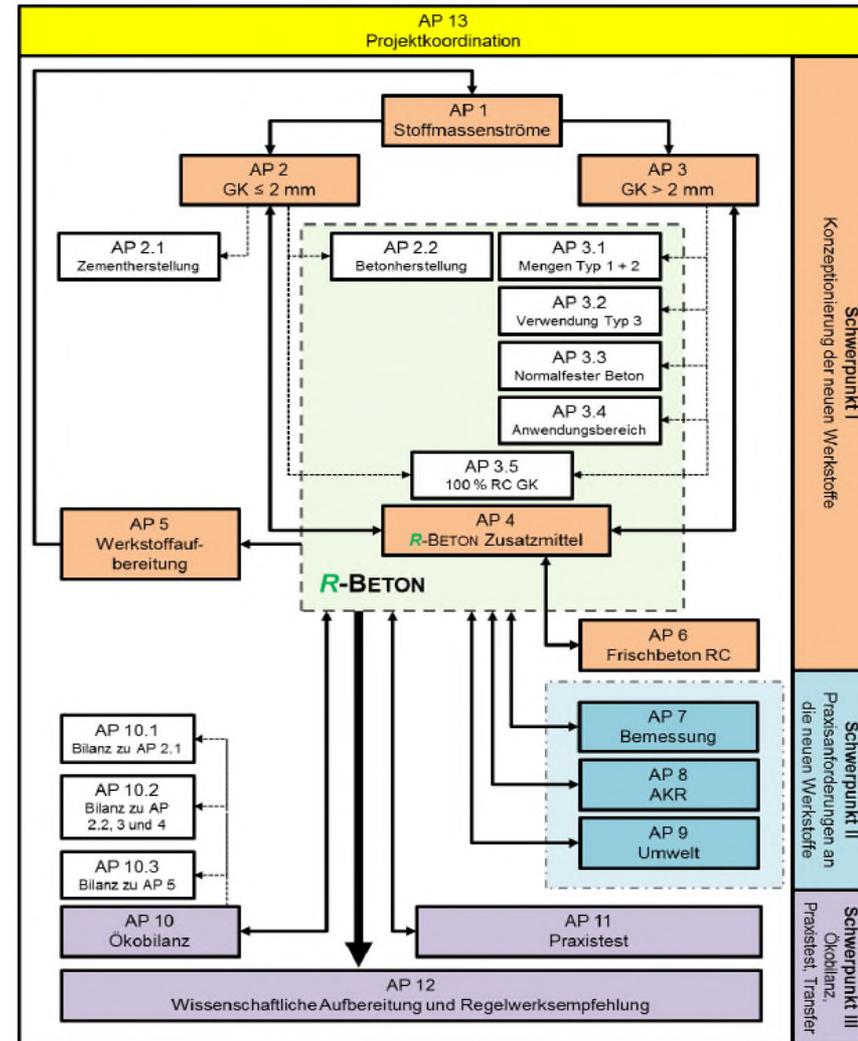
Schwerpunkt II

Praxisanforderung an die neuen Werkstoffe

Schwerpunkt III

Ökobilanz, Praxistest, Transfer

- Prüfung der Ökobilanz
- Praxistest
- Regelwerksempfehlung

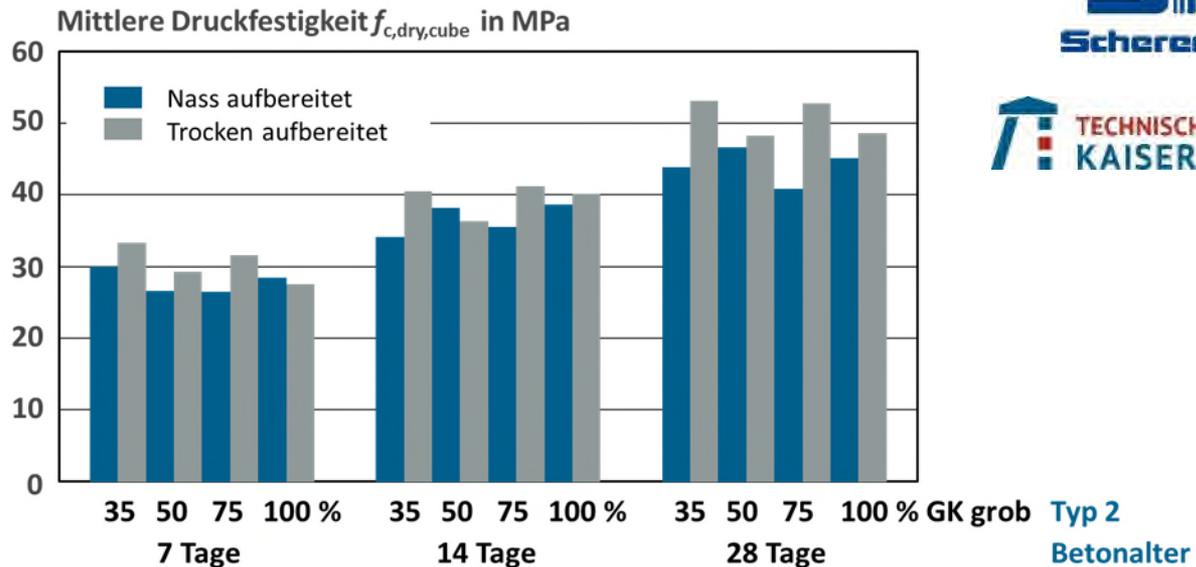


Aufbereitung

- Nasse Aufbereitung ist bei grober RC-Gesteinskörnung betontechnologisch nicht notwendig
- Festigkeiten bei trocken aufbereiteter RC-Gesteinskörnung tendenziell höher
- Weitere Optimierung mittels Windsichter und automatischer Sortierung



Quelle: Scherer+Kohl



Umweltrelevante Merkmale

- Einfluss der RC-Gesteinskörnung auf Auslaugraten im DSLT nur sehr gering
- zulässige Freisetzungen werden nicht überschritten
- Bindemittel bedingt Freisetzung maßgeblich, nicht die Gesteinskörnung
- keine Korrelation zwischen Schnelltests und dem Langzeitstandtest
- **DIN 4226-101:2017-08 neu eingeführt**

| DEUTSCHE NORM | | August 2017 |
|---|--|--|
| | DIN 4226-101 |  |
| ICS 91.100.15 | Mit DIN 4226-102:2017-08 Ersatz für DIN 4226-100:2002-02 | |
| Rezyklierte Gesteinskörnungen für Beton nach DIN EN 12620 - Teil 101: Typen und geregelte gefährliche Substanzen | | |



Quelle: clean-more-gbd

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Alkali-Kieselsäure-Reaktion

- Einstufung bisher in E III-S ➔ Anwendungsbereich in den Alkaliempfindlichkeitsklassen W0, WF ausreichend groß
- **ggf. Korrektur und Einstufung in E III-O notwendig**

| Alkaliempfindlichkeitsklasse | Zementgehalt [kg/m³] | Maßnahmen für die Feuchtigkeitsklasse | | |
|------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-------------------|----------------------|
| | | W0 | WF | WA |
| E I, E I-O, E I-OF, E I-S | ohne Festlegung | keine | | |
| E II-O | ≤ 330 | keine | | NA-Zement |
| E III-O | | keine | NA-Zement | Austausch GK |
| E II-OF | > 330 | NA-Zement | | |
| E III-OF | | keine | NA-Zement | Austausch GK |
| E III-S | ≤ 300 | keine | keine | keine |
| | ≤ 350 | | NA-Zement oder gS | |
| | > 350 | | NA-Zement oder gS | Austausch GK oder gS |

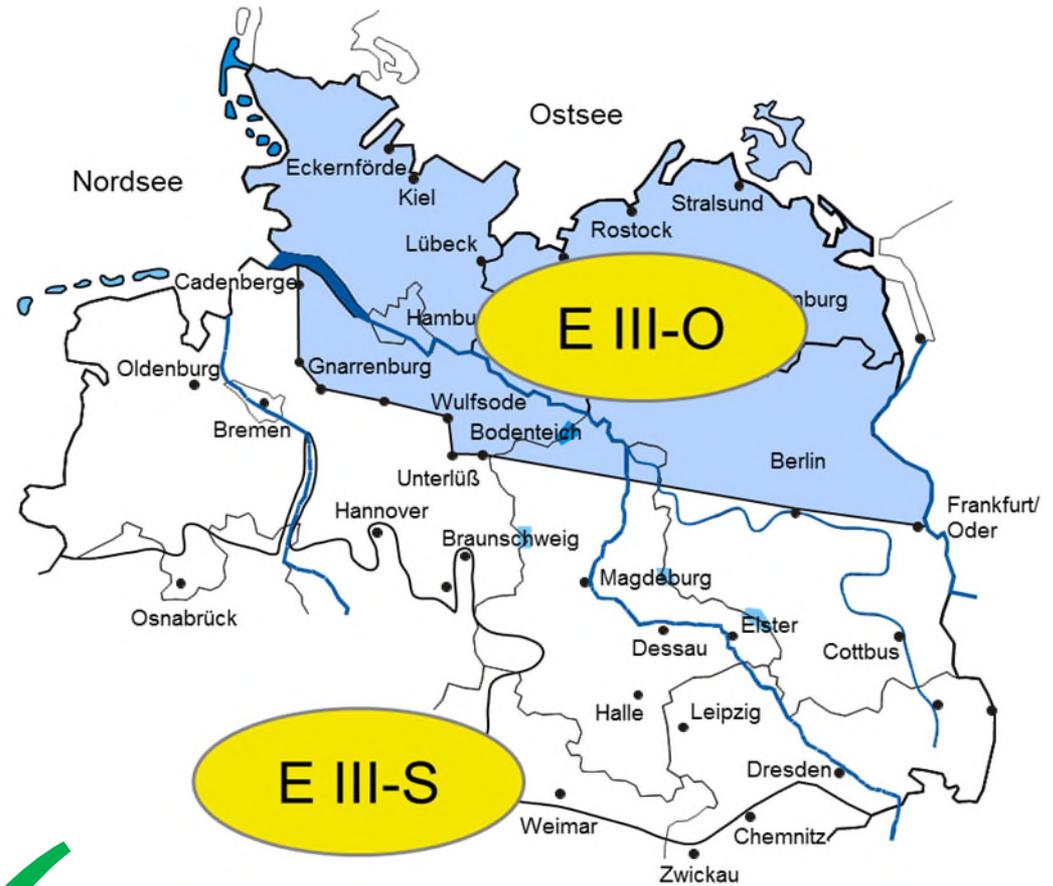


Quelle: vdz



Alkali-Kieselsäure-Reaktion

- Einstufung in Alkaliempfindlichkeitsklasse gemäß Beschluss des DAfStb-Unterausschusses „Alkalireaktion im Beton“ am 11. Januar 2018 in Abhängigkeit vom Ort der Verwendung rezyklierter Gesteinskörnung, wenn keine weiteren Nachweise eine andere Einstufung zulassen



RC-Gesteinskörnung < 2 mm

- Verwendung im Beton
aktuell nicht zugelassen



RC-Gesteinskörnung < 2 mm

- **Verwendung im Beton aktuell nicht zugelassen**



▪ Lösungsansätze

- **A:** Verwendung im Zement als Nebenbestandteil (< 5 %) oder Hauptbestandteil (> 10 %)

vdz.

RC-Gesteinskörnung < 2 mm

- **Verwendung im Beton aktuell nicht zugelassen**

- **Lösungsansätze**
- **A:** Verwendung im Zement als Nebenbestandteil (< 5 %) oder Hauptbestandteil (> 10 %)

- **B:** Verwendung im Beton



vdz.

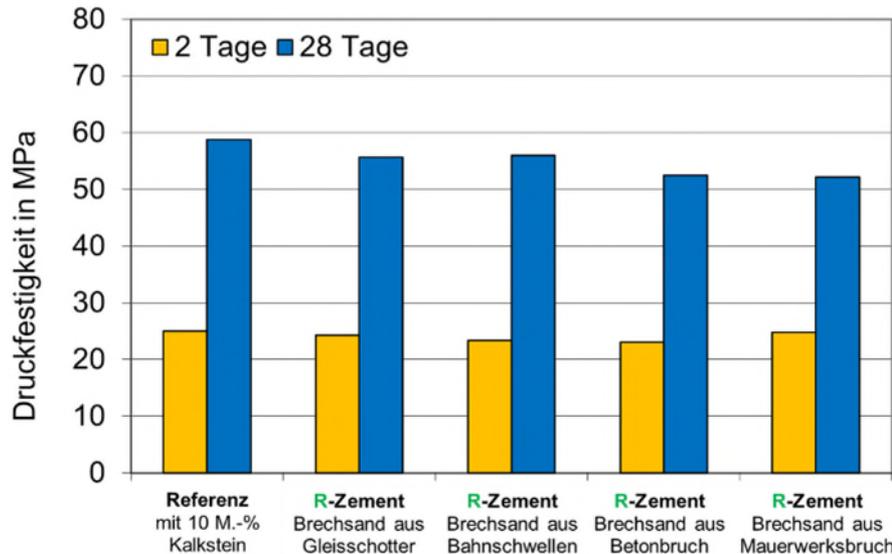


TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN



RC-Gesteinskörnung < 2 mm

- **A:** Verwendung im Zement als Nebenbestandteil (< 5 %) und Hauptbestandteil (> 10 %) möglich.



R-Zemente
mit 10 M.-%
grob gemahlenem
Brechsand 0/4
aus trockener
Aufbereitung
sowie
CEM I 42,5 R



vdz.

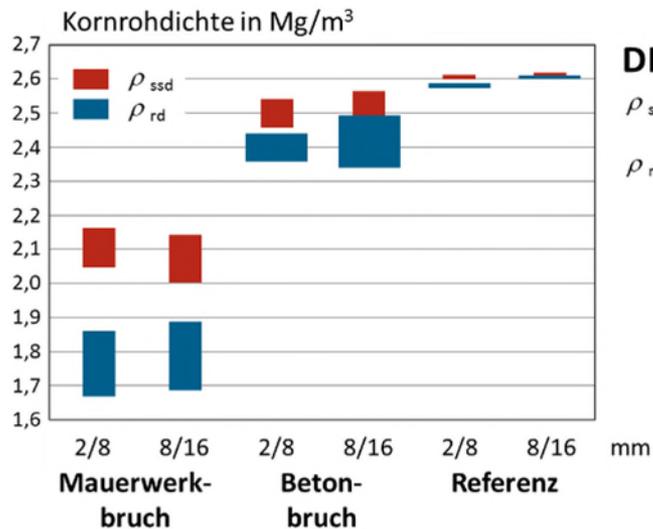
RC-Gesteinskörnung < 2 mm

- **A:** Verwendung im Zement als Nebenbestandteil (< 5 %) und Hauptbestandteil (> 10 %) möglich.
- **B:** Verwendung im Beton, 100 % **R-BETON** aus betontechnologischer Sicht möglich (Austausch der gesamten Gesteinskörnung, fein und grob)
 - ➔ mehr Aufwand, beherrschbar durch angepasste Betontechnologie
 - Konsistenz
 - Wirksames Fließmittel
 - Druckfestigkeit
 - Untersuchungen noch nicht vollständig abgeschlossen



Charakterisierung der groben RC-Gesteinskörnung

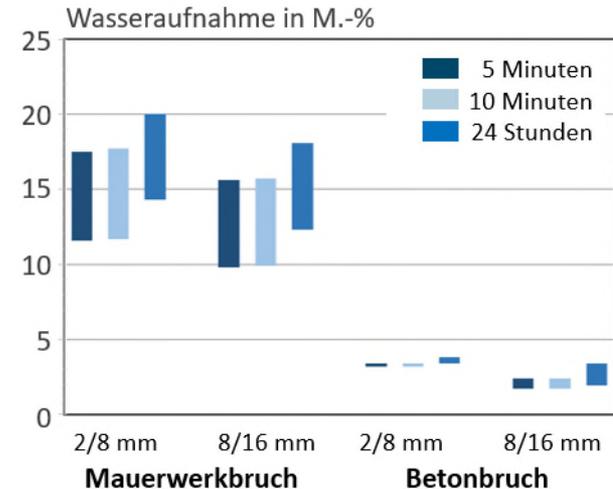
- Kornrohddichte und Wasseraufnahme der RC-Gesteinskörnung muss berücksichtigt werden
- Schwankungen müssen über die Betontechnologie kompensiert werden
- Erfordert abgestimmtes Handling bei der Betonherstellung



DIN EN 1097-6

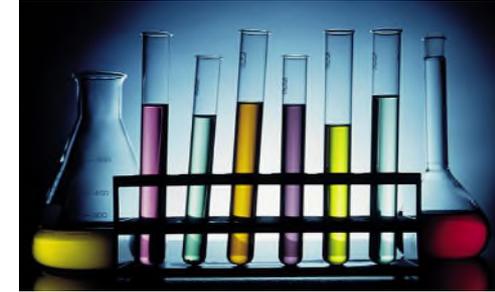
ρ_{ssd} Rohdichte auf wassergesättigter und oberflächentrockener Basis
 ρ_{rd} Rohdichte auf ofentrockener Basis

DIN EN 1097-6

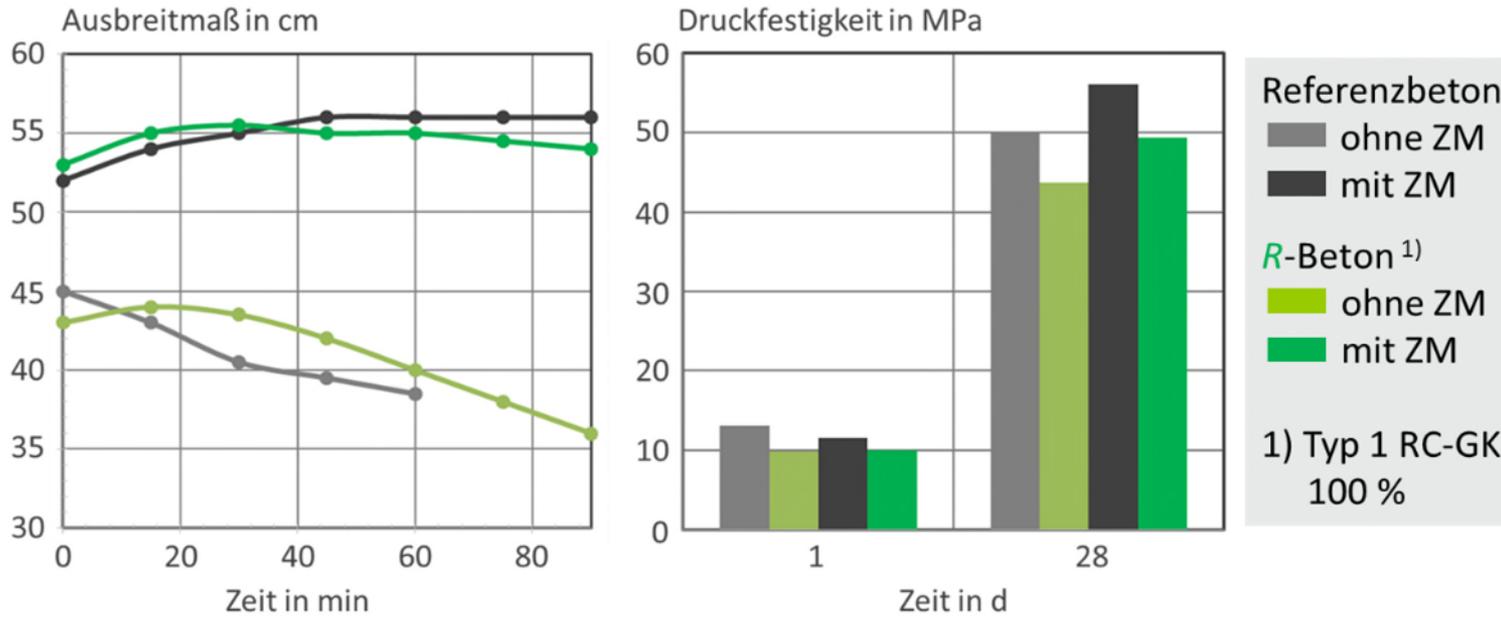


Zusatzmittel für R-BETON

- Vergleichbare Dosierung führt zu fast gleichem zeitlichem Ausbreitmaß (Vergleich Beton mit und ohne RC-Gesteinskörnung)
- Konsistenz über 90 Minuten stabil



Quelle: michelle-hall.weebly.com



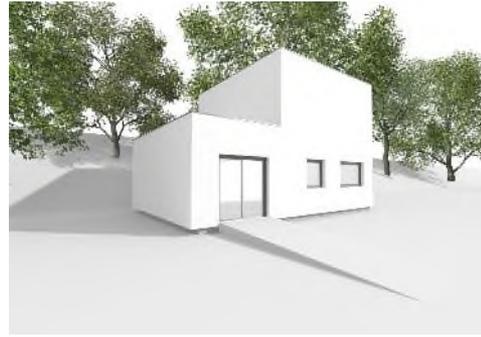
Beton

- Erhöhte Anteile RC-Gesteinskörnung > 2 mm im Beton (Typ 1 und Typ 2) bis 100 % möglich
- Bemessungsansätze nach Eurocode 2 können angewendet werden (Anforderungen nach EC 2 werden bezüglich der Druck- und Zugfestigkeit erfüllt, Umrechnungsfaktoren gelten auch für **R-BETON**, E-Modul ist zu prüfen)
- Festigkeitsklasse bis C50/60 möglich
➔ ggf. sinnvolle Begrenzung bis C30/37
- Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit, Kriechen und Schwinden noch nicht vollständig abgeschlossen 
- Praxistest erfolgreich abgeschlossen 



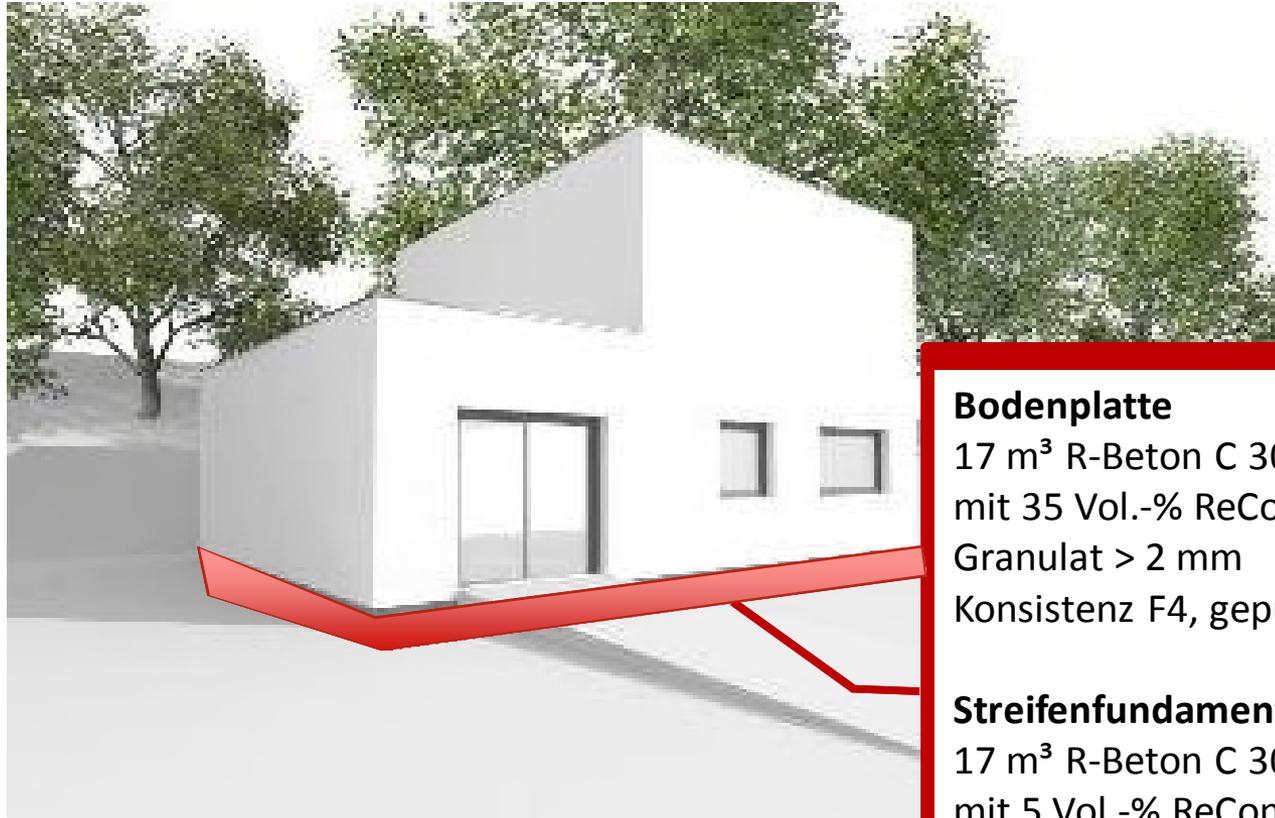
Quelle: reinierdejong.files.wordpress.com/2010/11/beton.jpg

Small House III
Forschungsgebäude aus
R-BETON mit
verzinkter Stahlbetonbewehrung
und mineralischer Wärmedämmung
für eine Klimakammer zur
Durchführung von
Behaglichkeitsuntersuchungen



HEIDELBERGCEMENT





Bodenplatte

17 m³ R-Beton C 30/37
mit 35 Vol.-% ReConZero-
Granulat > 2 mm
Konsistenz F4, gepumpt

Streifenfundamente

17 m³ R-Beton C 30/37
mit 5 Vol.-% ReConZero-
Granulat > 2 mm
Konsistenz F4, gepumpt

HEIDELBERGCEMENT





Wände > 2,75 m
 15 m³ R-Beton C 30/37
 mit 100% Typ 1
 2/16 mm > 2 mm
 Konsistenz F4, gepumpt

Wände bis 2,75 m
 25 m³ R-Beton C 30/37
 mit 100% Typ 2 2/16 mm
 > 2 mm
 Konsistenz F4, gepumpt

Attika
 9 m³ R-Beton C 30/37
 mit 100% Typ 1
 2/16 mm > 2 mm
 Konsistenz F6, gepumpt

Wandartiger Träger
 5 m³ R-Beton C 35/45
 mit 100% Typ 1
 2/16 mm > 2 mm
 Konsistenz F4,
 Kubeleinbau

HEIDELBERGCEMENT



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN



Fertigteilelementdecken

Aus R-Beton C 30/37
mit 35 Vol.-% Typ 1 2/16 mm

Ortbetonergänzung

13 m³ R-Beton C 30/37
mit 35 Vol.-% Typ 1 2/16 mm
Konsistenz F4

Untere Decke: Kubeleinbau

Obere Decke: gepumpt

HEIDELBERGCEMENT



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN

HEIDELBERGCEMENT Scherer+Kohl



vdz.

RWTH AACHEN
UNIVERSITY



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN



HEIDELBERGCEMENT





R-BETON

Technische Lösungen (Ergebnisse BMBF-Vorhaben)

- Umweltrelevante Merkmale
- Alkalikieselsäurereaktion
- Brechsand in Zement und Beton
- Erweiterung der Anwendungsgrenzen
(Mengen, Festigkeitsklassen, Expositionsklassen,...)
- Ökobilanzierung steht noch aus 



Quelle: fachkraefte-offensive.de



Technische Lösungen

R-BETON

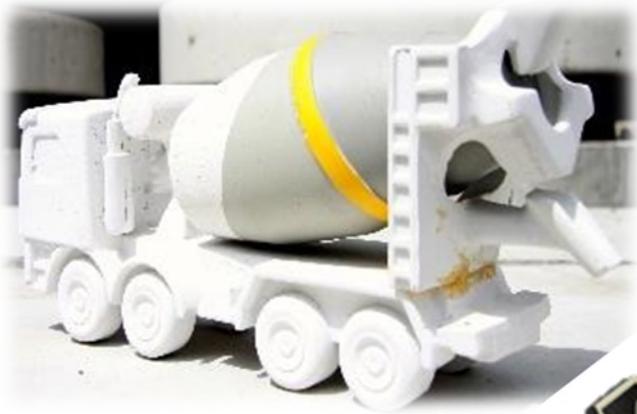


Quelle: welt.de

Politische Vorgaben



Quelle: fachkraefte-offensive.de



Technische Lösungen

R-BETON



Quelle: welt.de

Politische Vorgaben

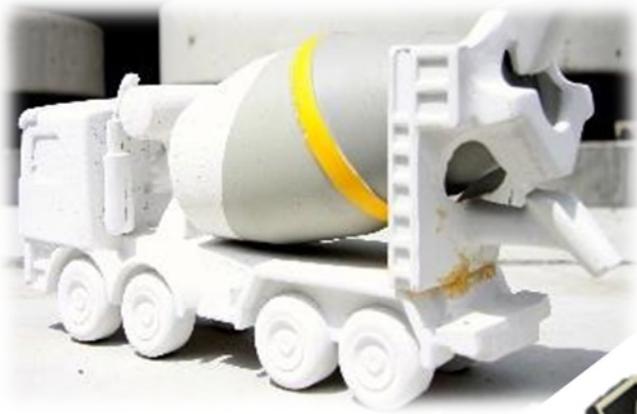


Quelle: fachkraefte-offensive.de

Wirtschaftliche Strategien



Quelle: gruene-brandenburg.de



Technische Lösungen

Beton Marketing



Quelle: tubevertise.de/influencer-marketing

R-BETON



Quelle: fachkraefte-offensive.de



Quelle: welt.de

Politische Vorgaben

Wirtschaftliche Strategien



Quelle: gruene-brandenburg.de

... auch eine Art des
Recyclings

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Danke für die
Förderung

