

**R-Beton ist ein Verbundprojekt innerhalb der Förderbekanntmachung „Neue Werkstoffe für urbane Infrastrukturen – HighTechMatBau“ und wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.
Förderkennzeichen: 13N13125**

**HighTech
MatBau** 
Neue Werkstoffe für urbane Infrastrukturen



GEFÖRDERT VOM

 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Brechsand als Hauptbestandteil im Zement

Katrin Severins, Christoph Müller

Fachsymposium R-Beton

Kaiserslautern, 20.09.2017

RESSOURCEN SCHONENDER BETON – WERKSTOFF DER NÄCHSTEN GENERATION



Ziel im Teilvorhaben Nr. 5:

**„Leitfaden zur Verwendung von Brechsanden bei der
Herstellung von Zement“**

AGENDA

- 1** Regelwerke für Brechsande und R-Zemente
- 2** Herstellung und Zusammensetzung der R-Zemente
- 3** Druckfestigkeit R-Zemente
- 4** Dauerhaftigkeit der Betone und Feinbetone
- 5** Zusammenfassung

Hauptbestandteile im Zement



Hauptbestandteile der „nächsten Generation“?

Brechsande: feine rezyklierte Gesteinskörnungen

Herstellung und Anwendung von sog. „**R**-Zementen“

- Verwendung von Brechsand im Zement und in anderen Bauprodukten
 - Anforderungen an Höchstwerte für Feststoff- und Eluatparameter
- Herstellung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen nach EN 197-1
 - Brechsande sind in EN 197-1 nicht als Zementhauptbestandteil definiert
- Prüfung der Normeigenschaften nach EN 196
 - z. B. Druckfestigkeit und Festigkeitsklassen nach EN 196-1 bzw. EN 197-1
- Anwendung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen in Beton nach DIN EN 206 / DIN 1045-2
 - Nachweise der Eignung im Beton erforderlich



ZULASSUNG

Herstellung und Anwendung von sog. „**R**-Zementen“

- Verwendung von Brechsand im Zement und anderen Bauprodukten
 - Anforderungen an Höchstwerte für Feststoff- und Eluatparameter
- Herstellung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen nach EN 197-1
 - Brechsande sind in EN 197-1 nicht als Zementhauptbestandteil definiert
- Prüfung der Normeigenschaften nach EN 196
 - z. B. Druckfestigkeit und Festigkeitsklassen nach EN 196-1 bzw. EN 197-1
- Anwendung von Zementen mit mehreren Hauptbestandteilen in Beton nach DIN EN 206 / DIN 1045-2
 - Nachweise der Eignung im Beton erforderlich

ZULASSUNG

2 Herstellung und Zusammensetzung der **R**-Zemente



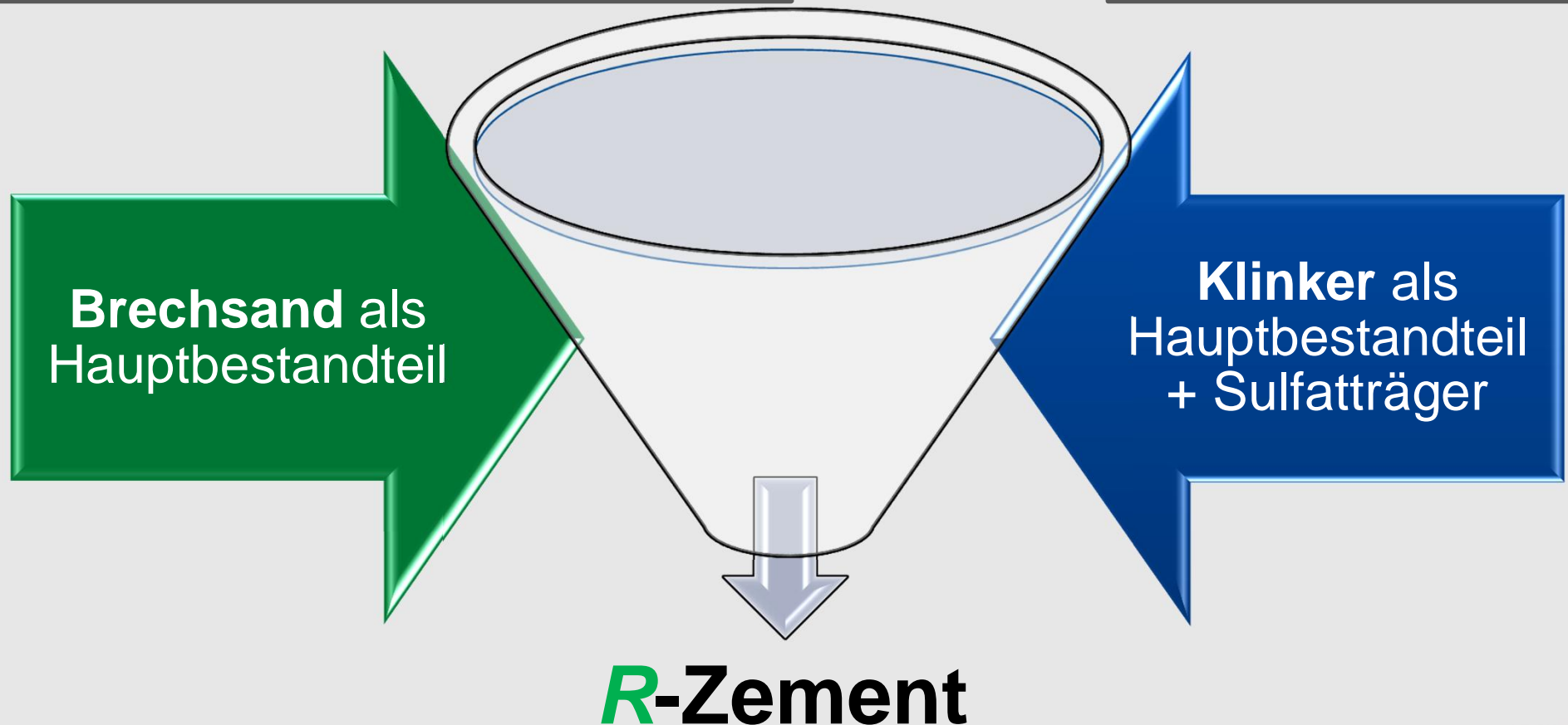
2 Herstellung und Zusammensetzung der **R**-Zemente



Herstellung der **R**-Zemente im Labor und im Werk

- Bahnschwellen (**Rc**, **CTG**)
- Gleisschotter (**Ru**, **UTG**)
- **Betonbruch (BTG)**
- **Mauerwerksbruch (MTG, MB-TG)**

- **CEM I 42,5 R**
- CEM I 52,5 R
- **Klinker + AH + DH**



Zusammensetzung der *R*-Zemente

Labor- zement

- Anteil 10 M.-% Brechsand
- Anteil 30 M.-% Brechsand

- **getrenntes** Mahlen und anschließendes Mischen
- Mahlfeinheit der Brechsande ca. 4000 cm²/g

Werk- zement

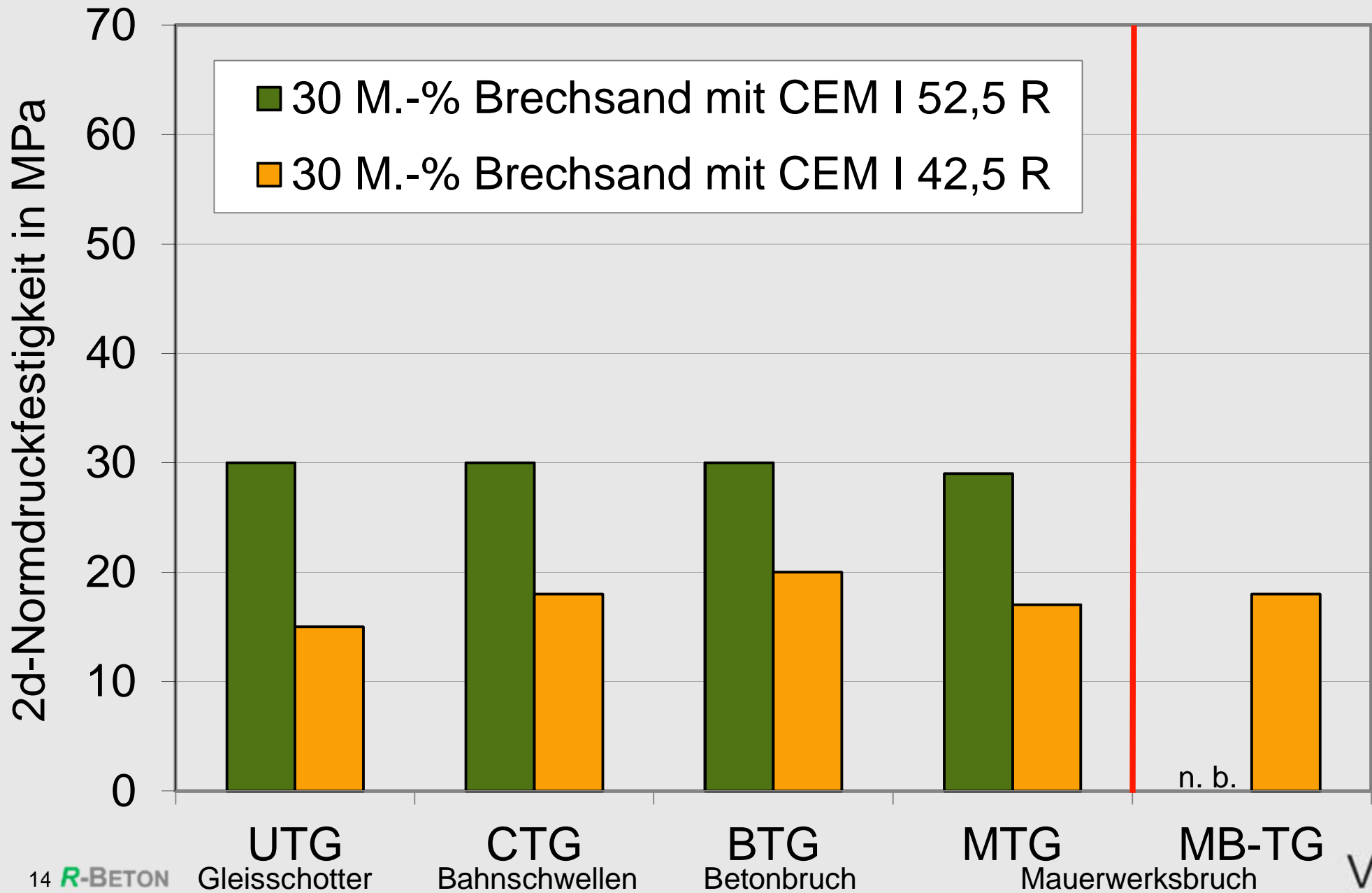
- Anteil 8 M.-% Brechsand
- Anteil 15 M.-% Brechsand

- **gemeinsames** Mahlen
- Mahlfeinheit der R-Zemente ca. 5400 cm²/g bis 5600 cm²/g

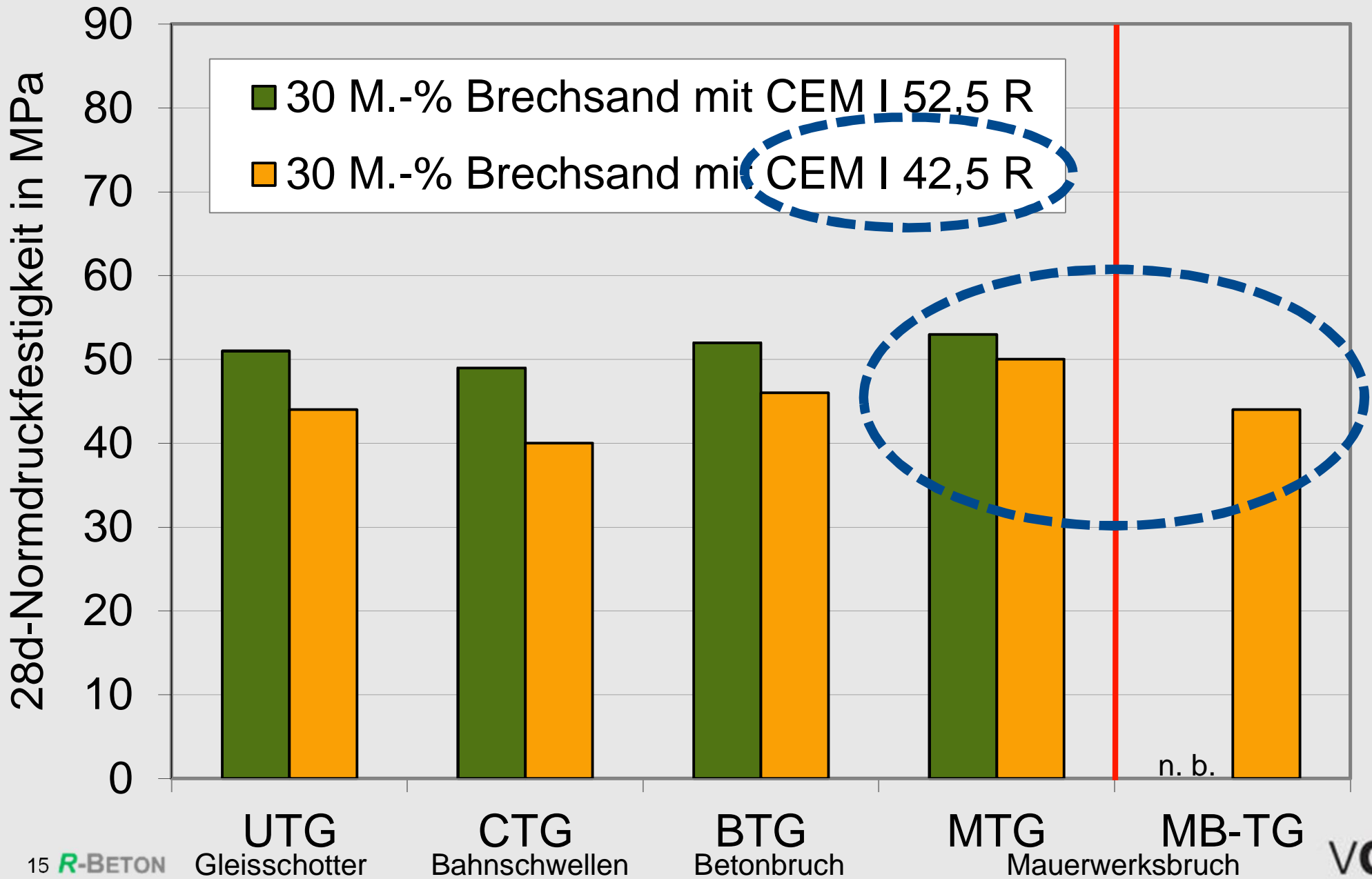
3 Druckfestigkeit der *R*-Zemente



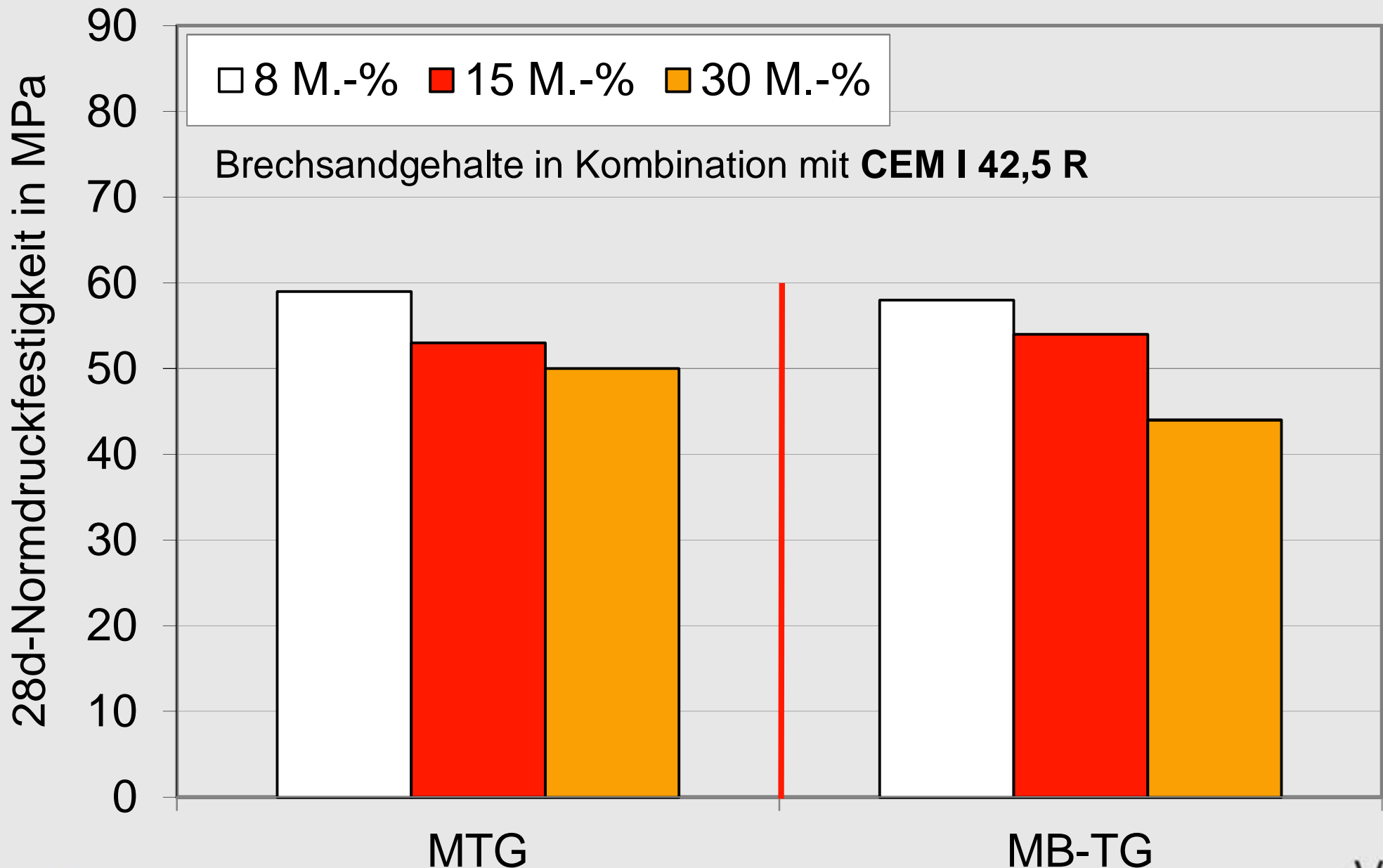
Druckfestigkeit der **R**-Zemente (Prüfalter 2 Tage)



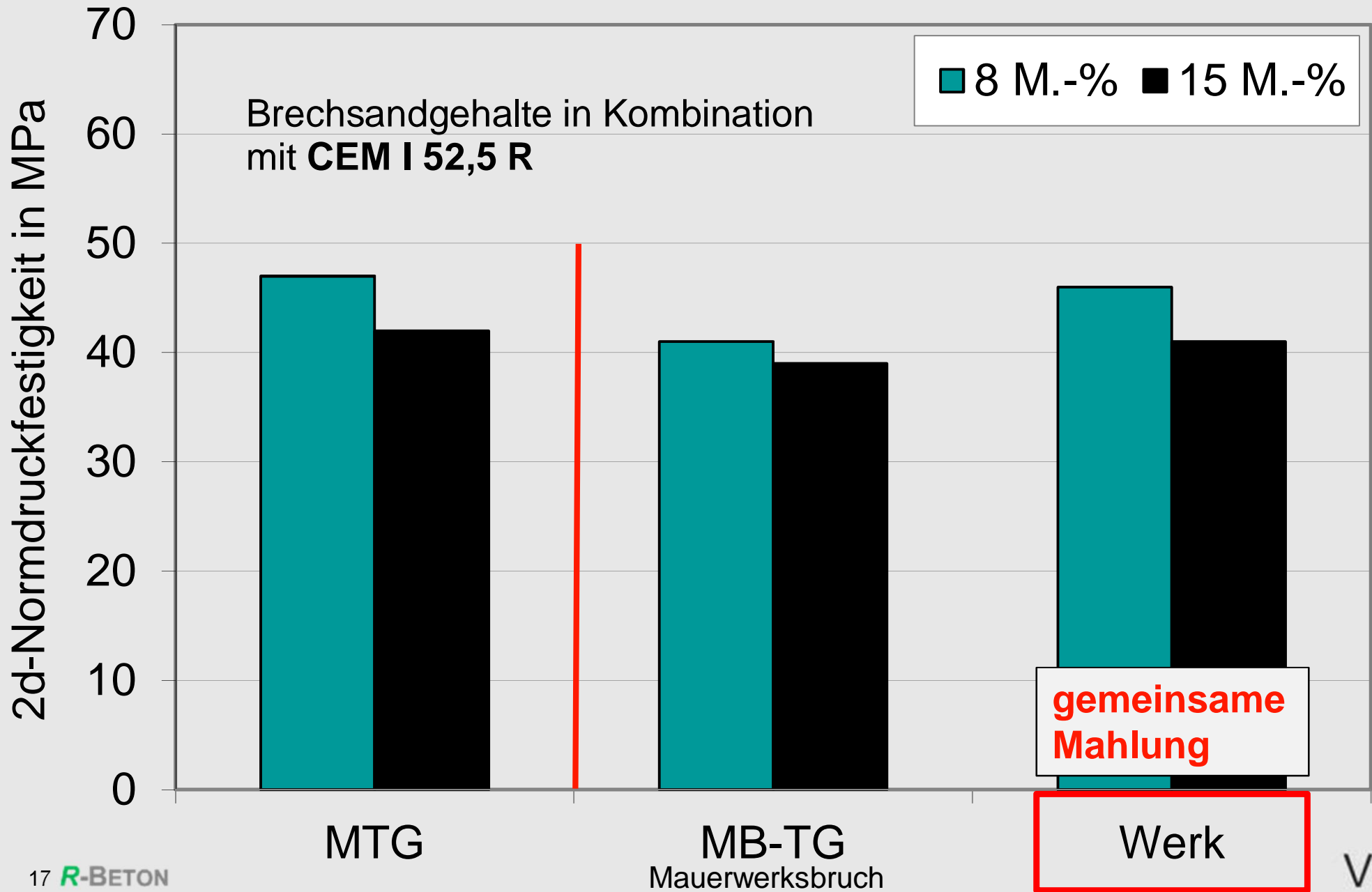
Druckfestigkeit der **R**-Zemente (Prüfalter 28 Tage)



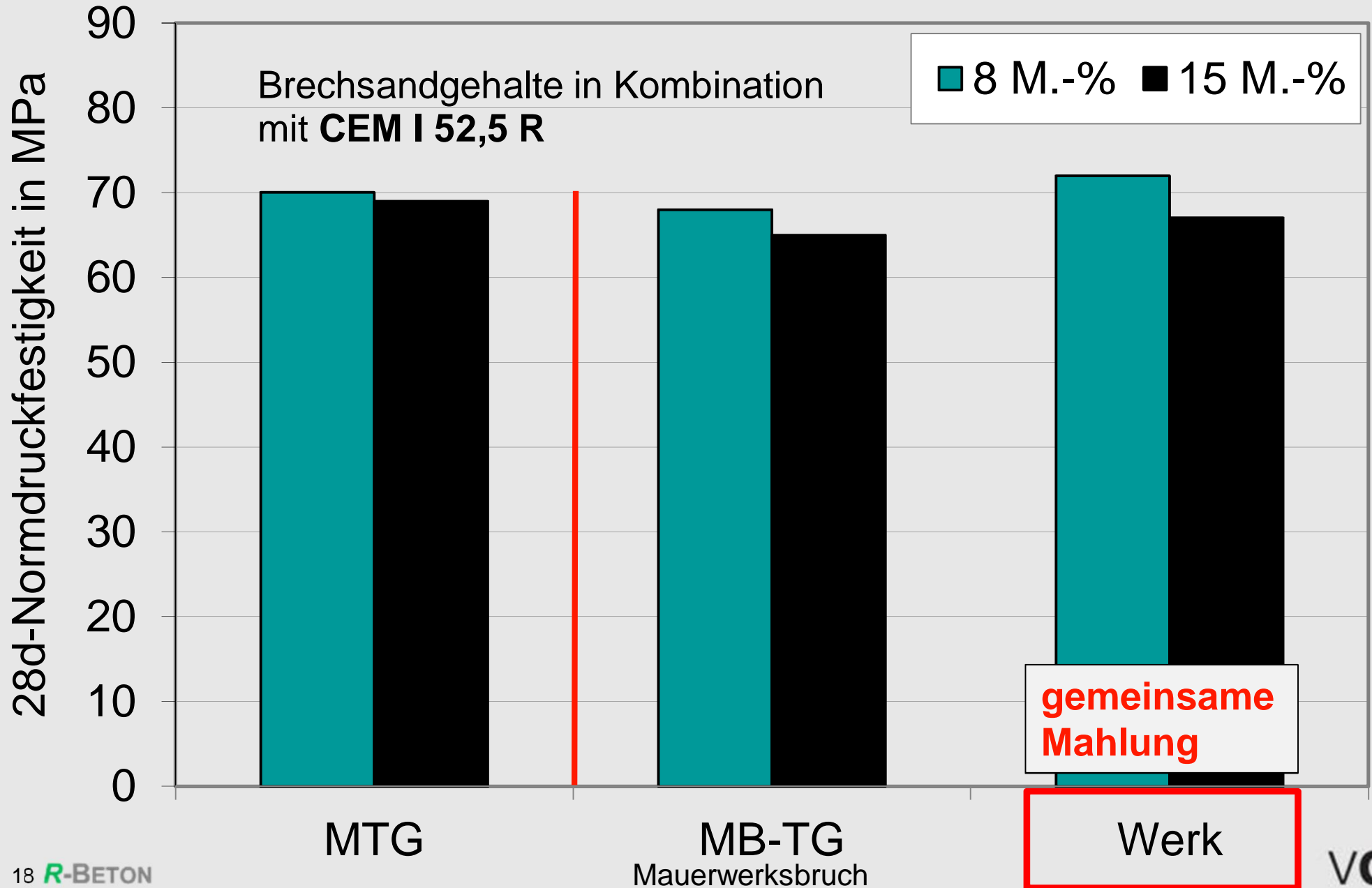
Druckfestigkeit der **R**-Zemente (Prüfalter 28 Tage)



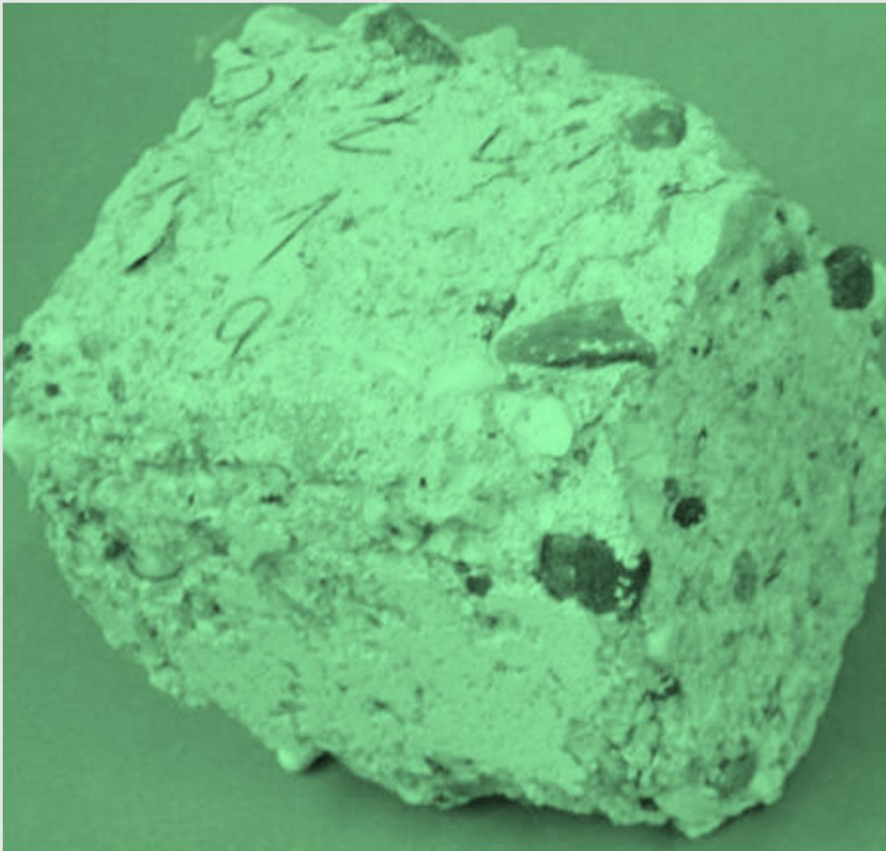
Druckfestigkeit der **R**-Zemente (Prüfalter 2 Tage)



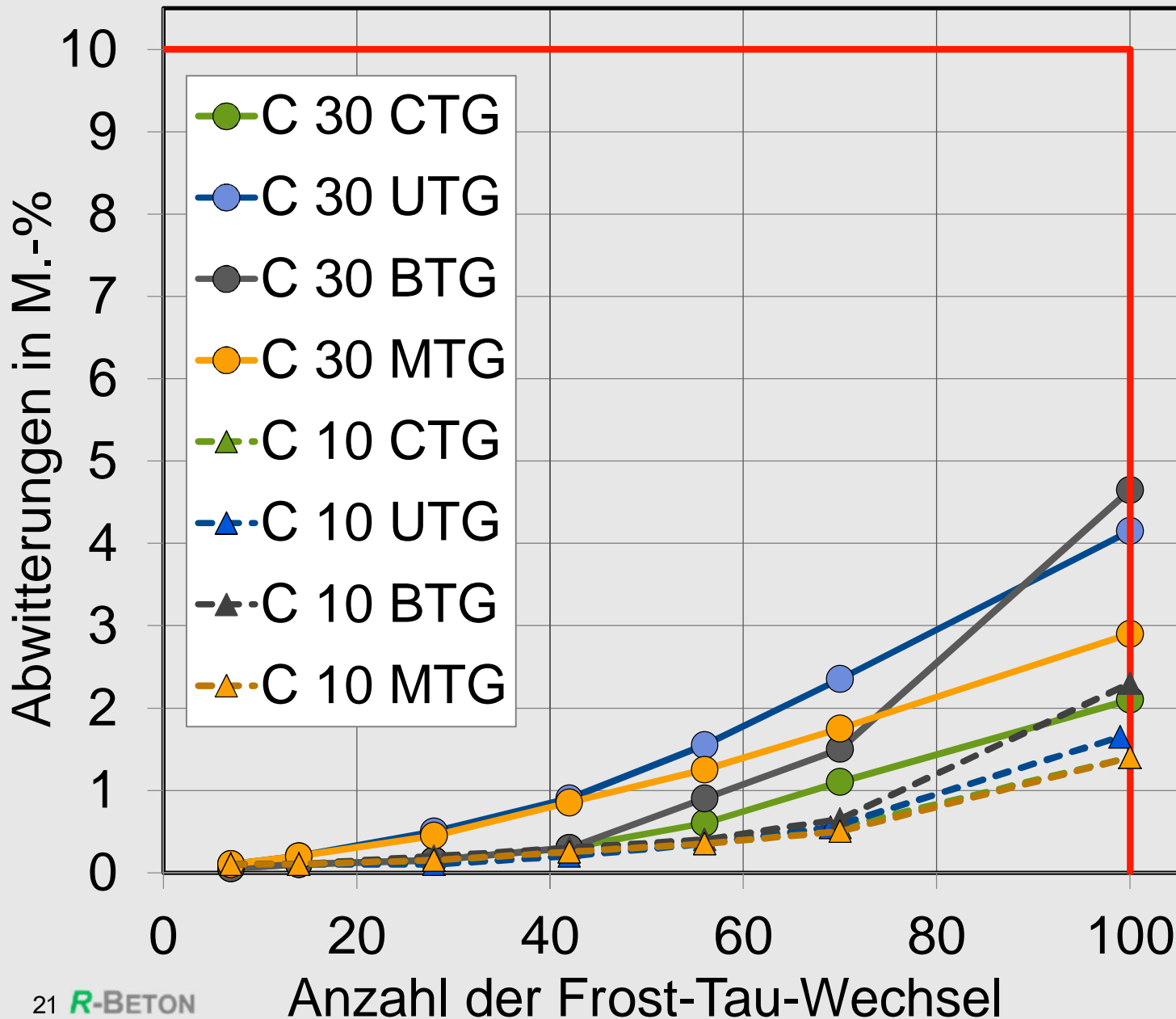
Druckfestigkeit der **R**-Zemente (Prüfalter 28 Tage)



4 Dauerhaftigkeit der Betone und Feinbetone



Frostwiderstand im Würfelfverfahren



Betone mit
 $z = 300 \text{ kg/m}^3$
 $w/z = 0,60$

R-Zemente mit
30 M.-% bzw.
10 M.-% Brechsand
und CEM I 42,5 R

CTG Bahnschwellen

UTG Gleisschotter

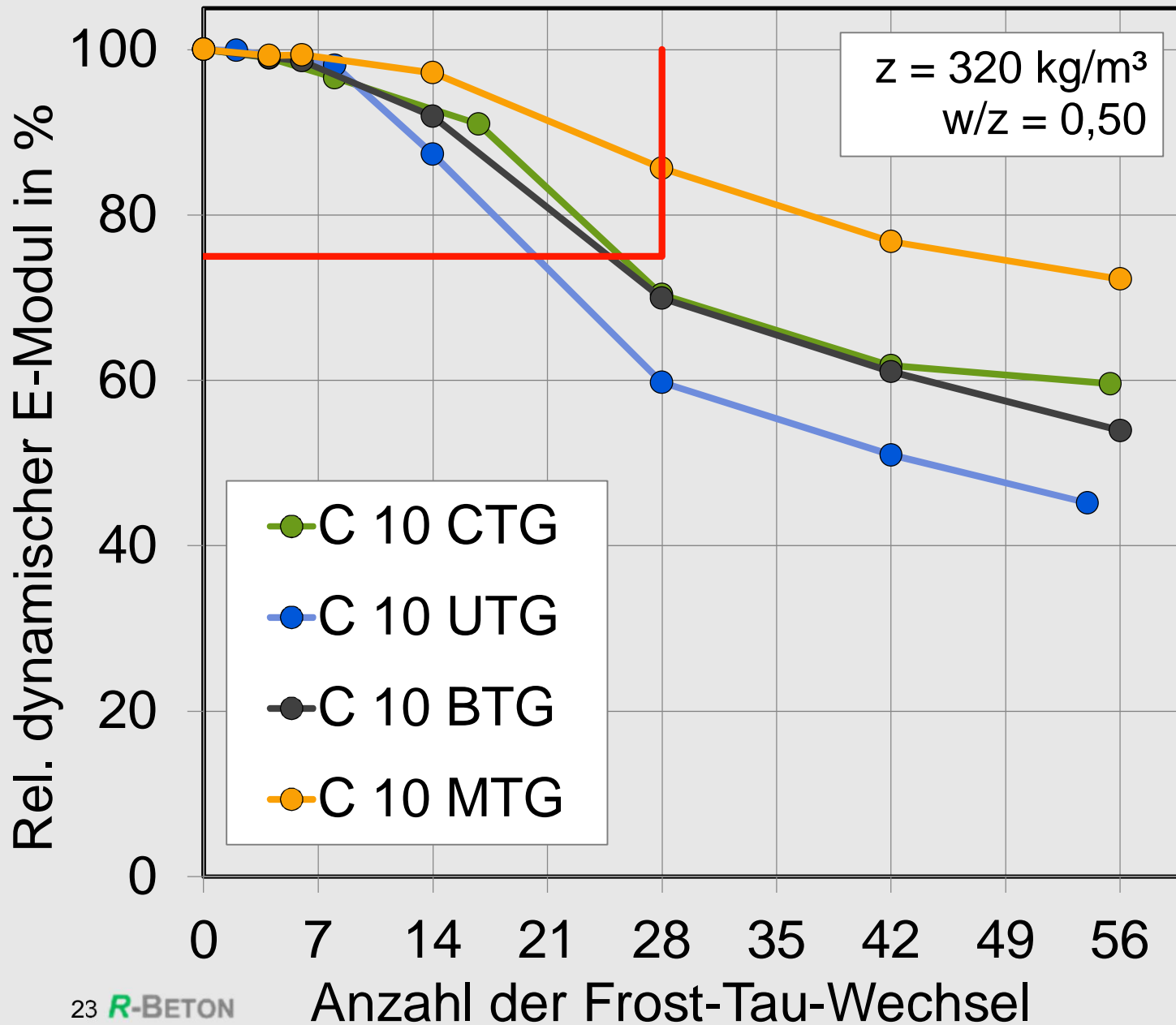
BTG Betonbruch

MTG Mauerwerksbruch

Innere Gefügeschädigung



Innere Gefügeschädigung im CIF-Verfahren



Anwendung der R-Zemente mit **10 M.-%** Brechsand und **90 M.-% CEM I 42,5 R** im Beton

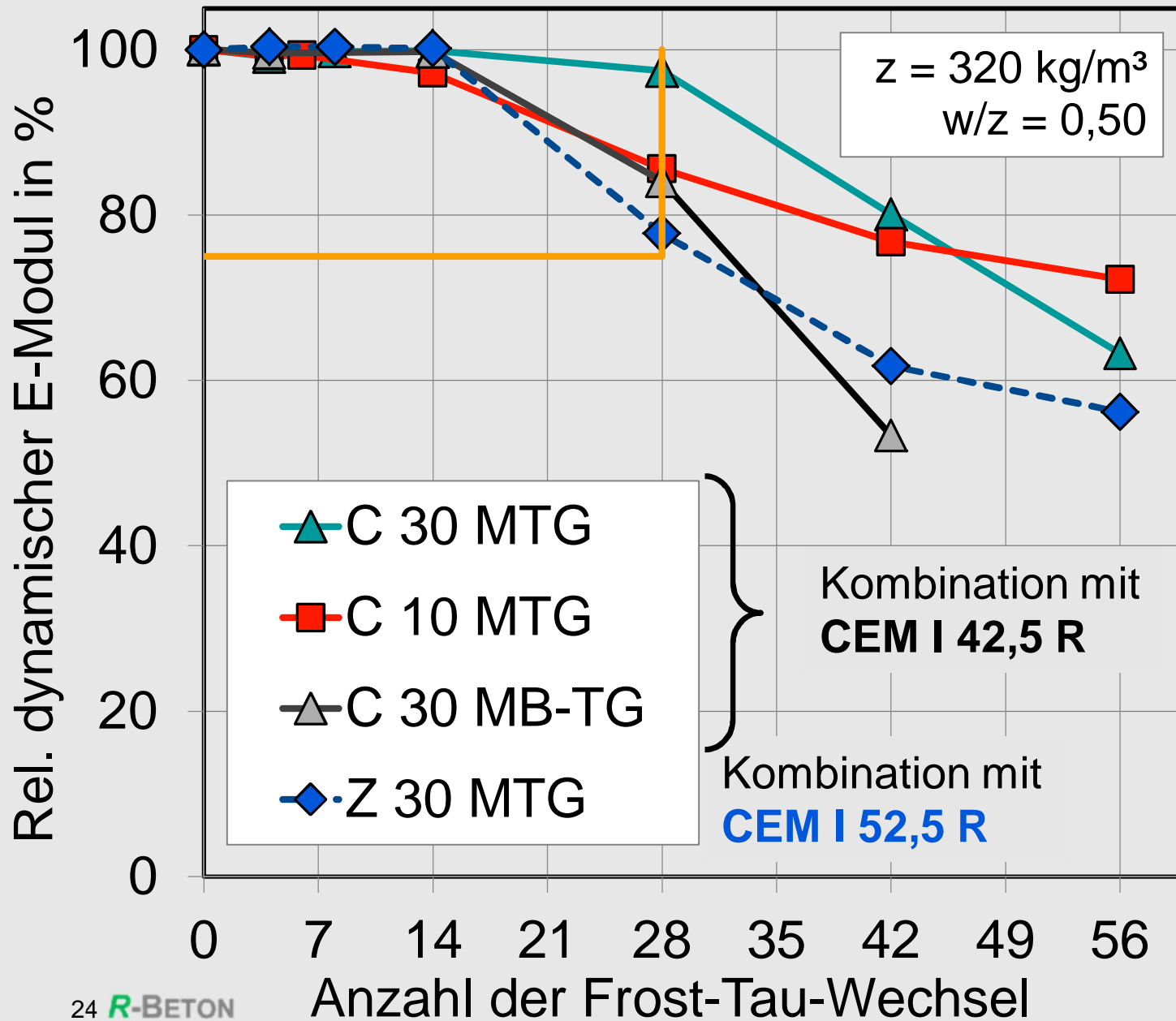
CTG Bahnschwellen

UTG Gleisschotter

BTG Betonbruch

MTG Mauerwerksbruch

Innere Gefügeschädigung im CIF-Verfahren



Anwendung der R-Zemente mit **10 M.-%** bzw. **30 M.-%** Brechsand (Mauerwerksbruch)

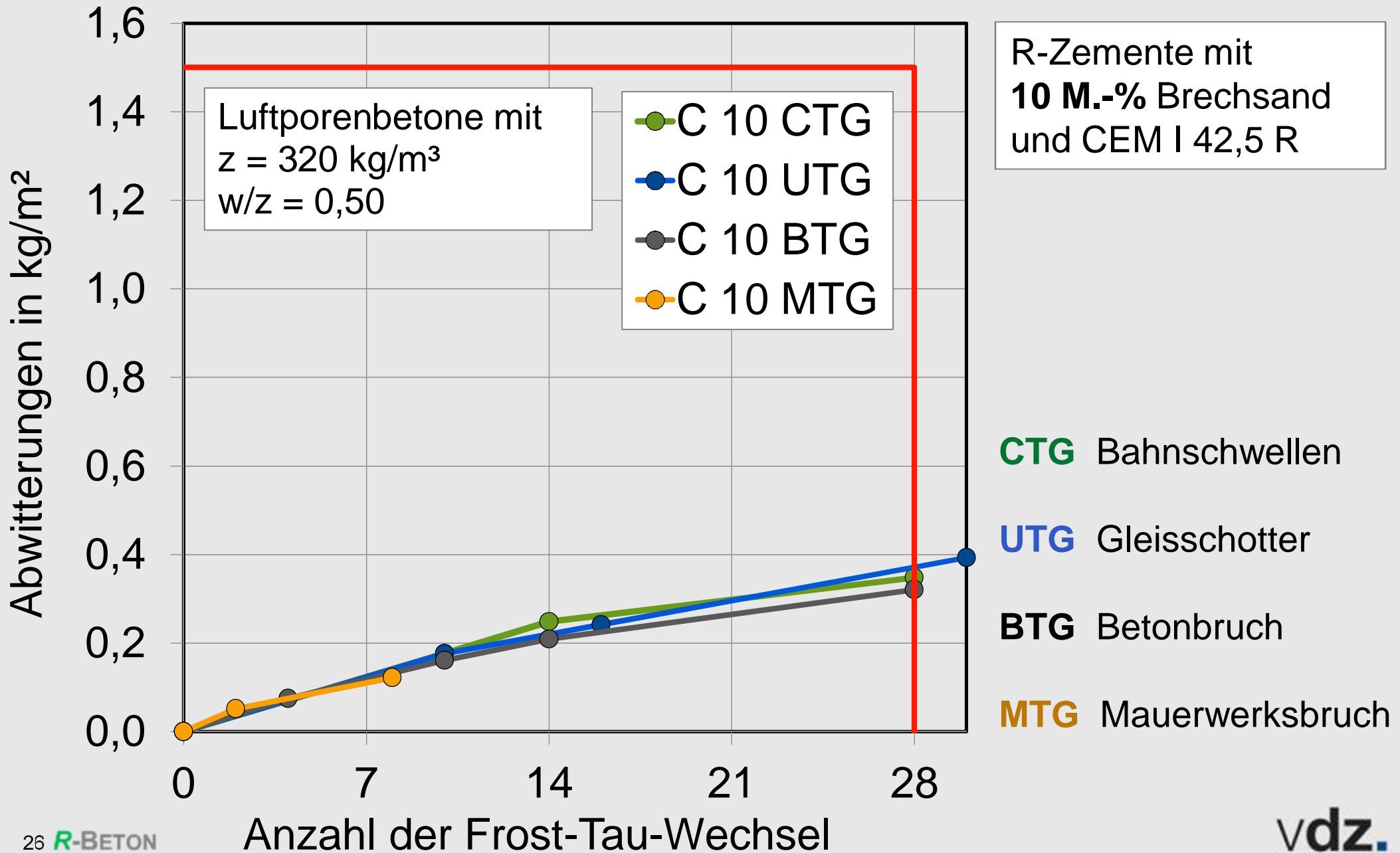
MTG Mauerwerksbruch

MB-TG Mauerwerksbruch

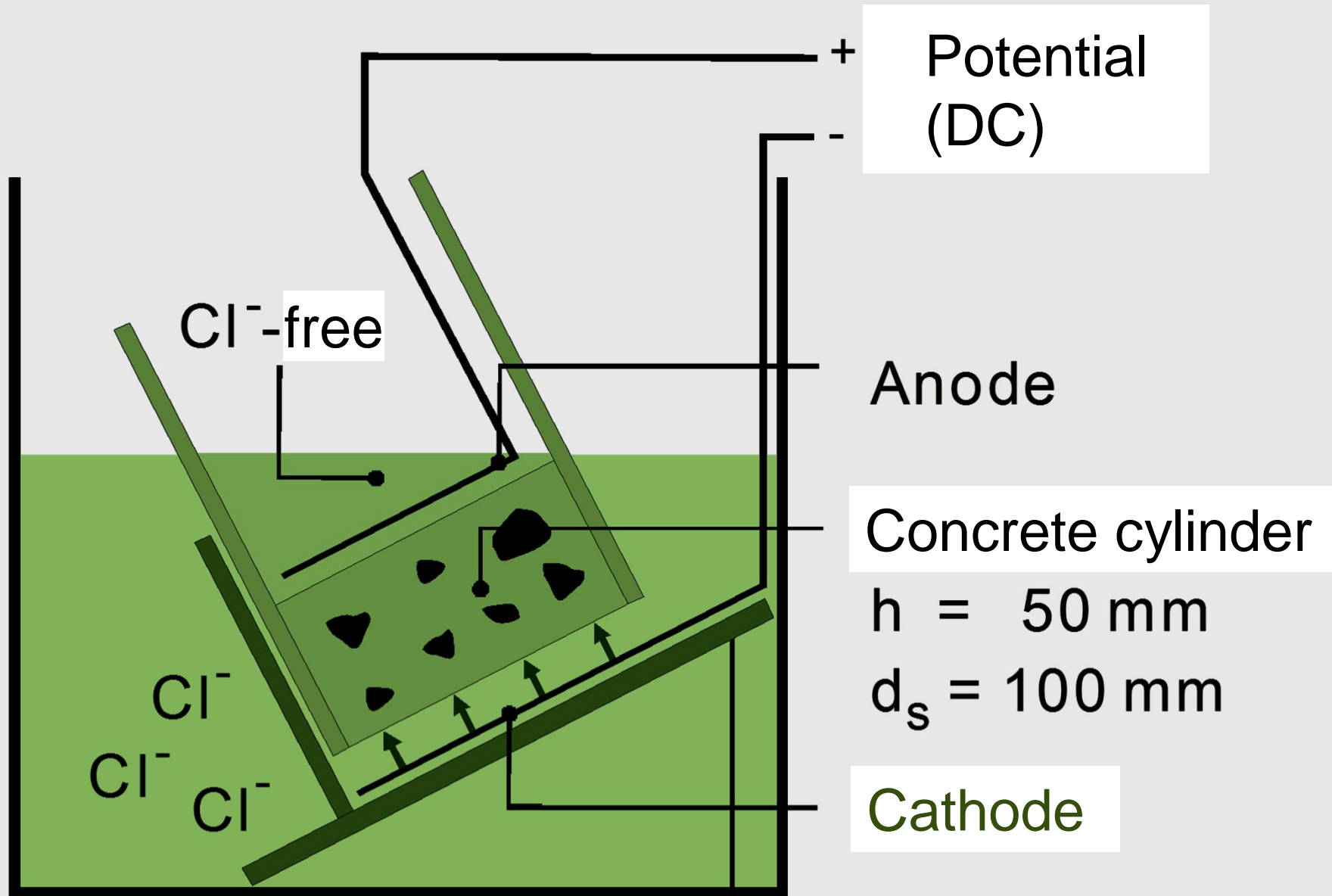
Frost-Tausalz-Widerstand im CDF-Test



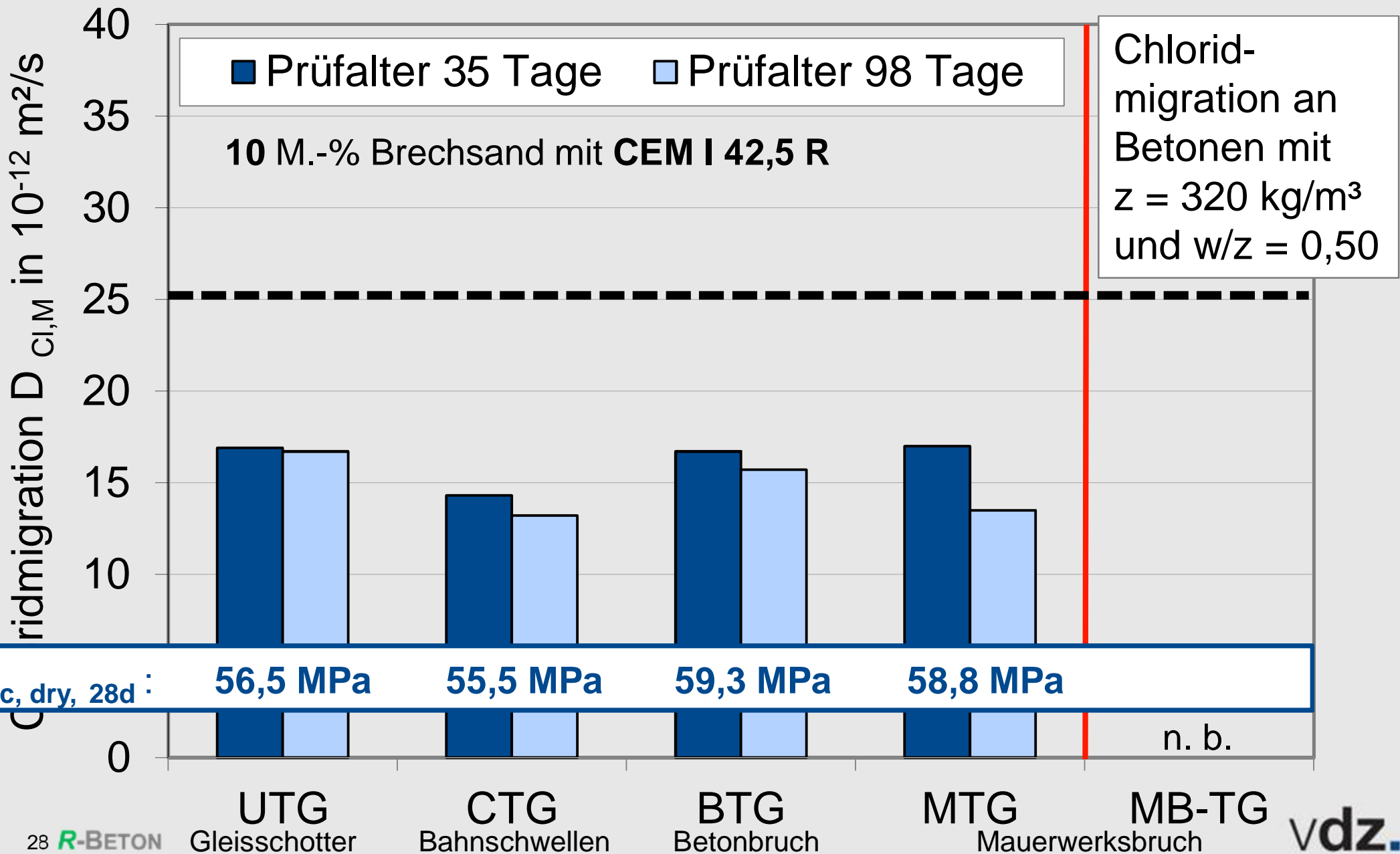
Frost-Tausalz-Widerstand im CDF-Test



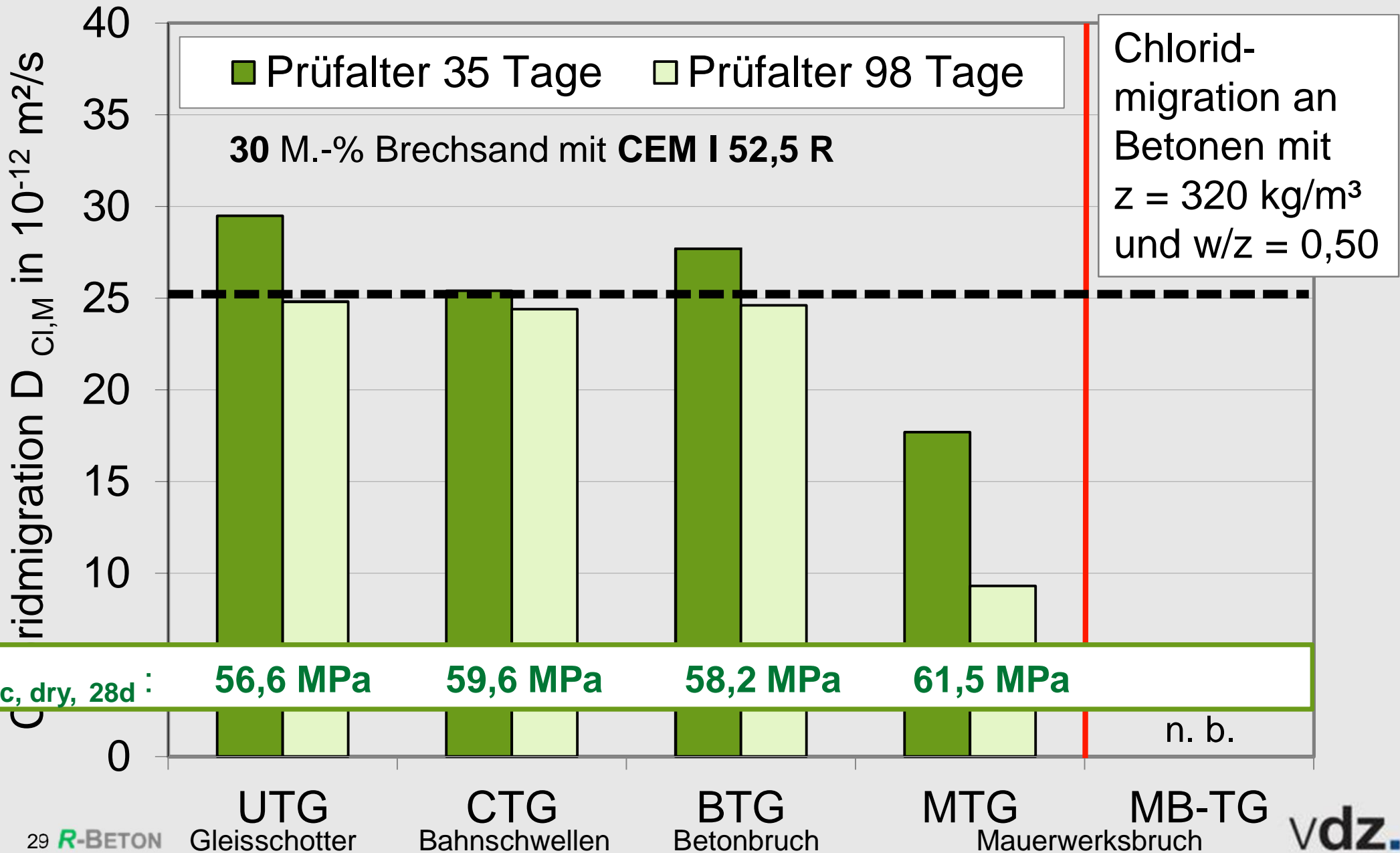
Chlorideindringwiderstand



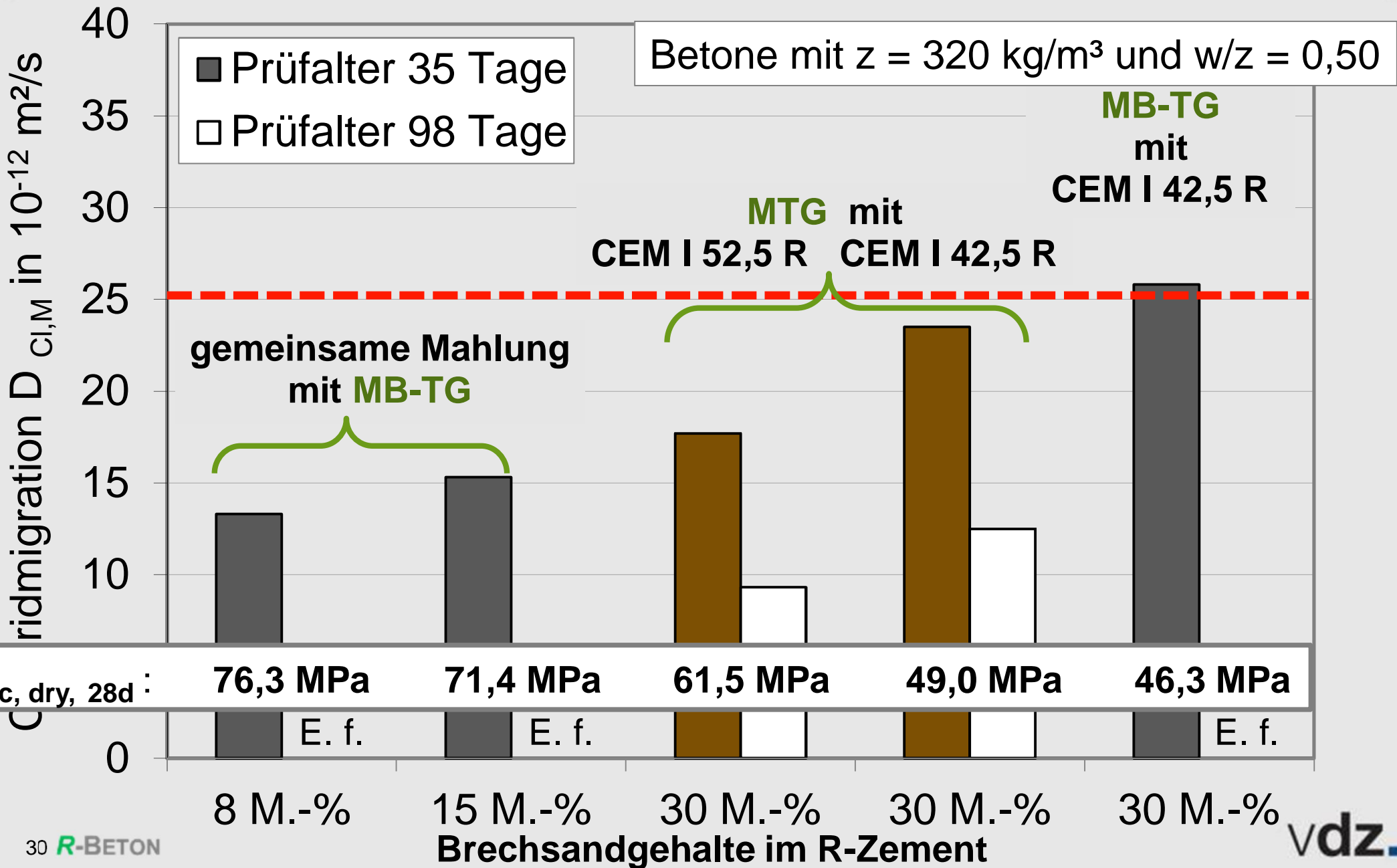
Chlorideindringwiderstand



Chlorideindringwiderstand



Chlorideindringwiderstand



6 Zusammenfassung



5 Zusammenfassung

- Die Brechsande haben die relevanten Höchstwerte für Feststoff- und Eluatparameter eingehalten.
- Die **R**-Zemente mit Brechsand als Hauptbestandteil wurden in Laborversuchen durch getrenntes Mahlen bzw. in Werksversuchen durch gemeinsames Mahlen hergestellt.
- Die **R**-Zemente mit Brechsandgehalten von bis zu 30 M.-% entsprachen – je nach stofflicher bzw. granulometrischer Zusammensetzung - den Festigkeitsklassen 42,5 N bis 52,5 R gemäß DIN EN 197-1.
- Die zulassungsrelevanten Bewertungskriterien für den Carbonatisierungswiderstand von Feinbetonen wurden in den Laborprüfungen (VL 28d) unter Verwendung von **R**-Zementen mit bis zu 10 M.-% Brechsand eingehalten.

5 Zusammenfassung

- Die zulassungsrelevanten Bewertungskriterien für den Frostwiderstand von Betonen (Würfelfverfahren) wurden in den Laborprüfungen unter Verwendung von **R**-Zementen mit bis zu 30 M.-% Brechsand mit Abstand eingehalten.
- Im CIF-Test haben die Betone die Bewertungskriterien erfüllt, wenn Art und Anteil des Brechsandes und des Klinkers im **R**-Zement stofflich wie granulometrisch optimiert wurden.
- Der CDF-Test wurde von den LP-Betonen unter Verwendung von **R**-Zement mit einem Brechsandanteil von 10 M.-% sicher bestanden.
- Im Chloridmigrationstest haben die Betone die zulassungsrelevanten Kriterien erfüllt, wenn **R**-Zemente mit 10 M.-% Brechsand zur Anwendung kamen.



Quelle:
Scherer & Kohl
GmbH & Co. KG



Quelle:
Spenner Zement GmbH & Co. KG



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

