

**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



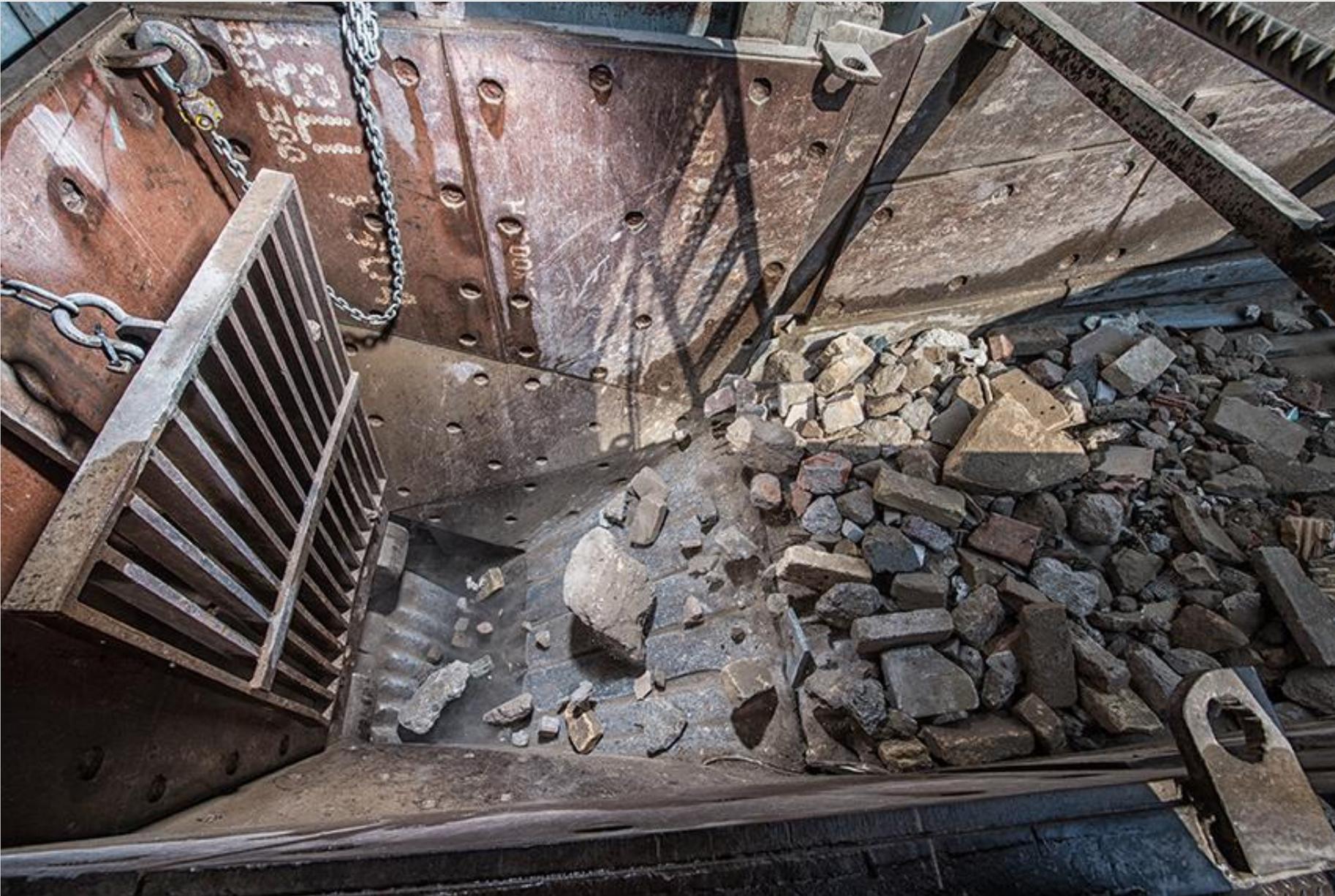
**ZULASSUNG**

# 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



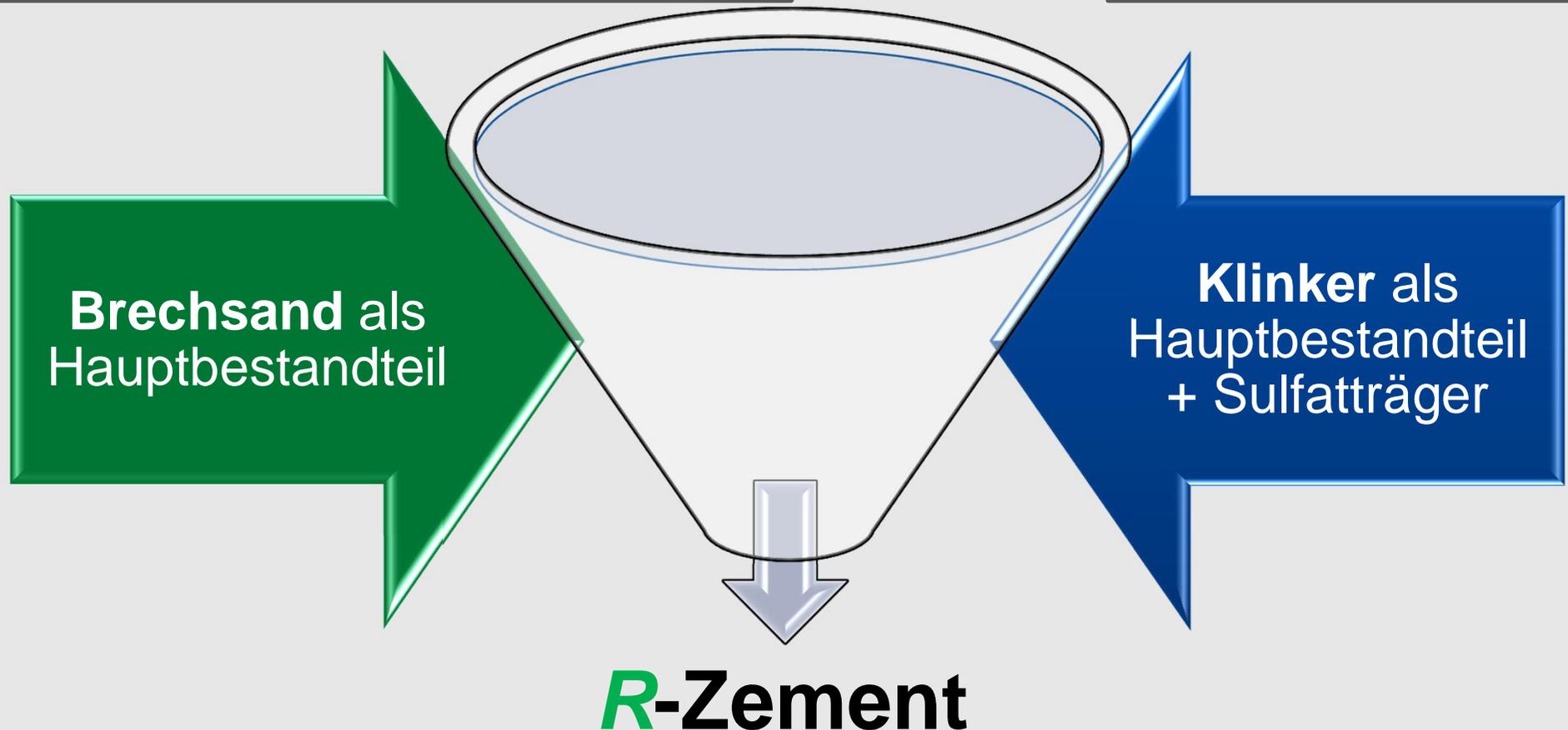
## 2 Herstellung und Zusammensetzung der **R**-Zemente



# 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 cm<sup>2</sup>/g

## Werk- zement

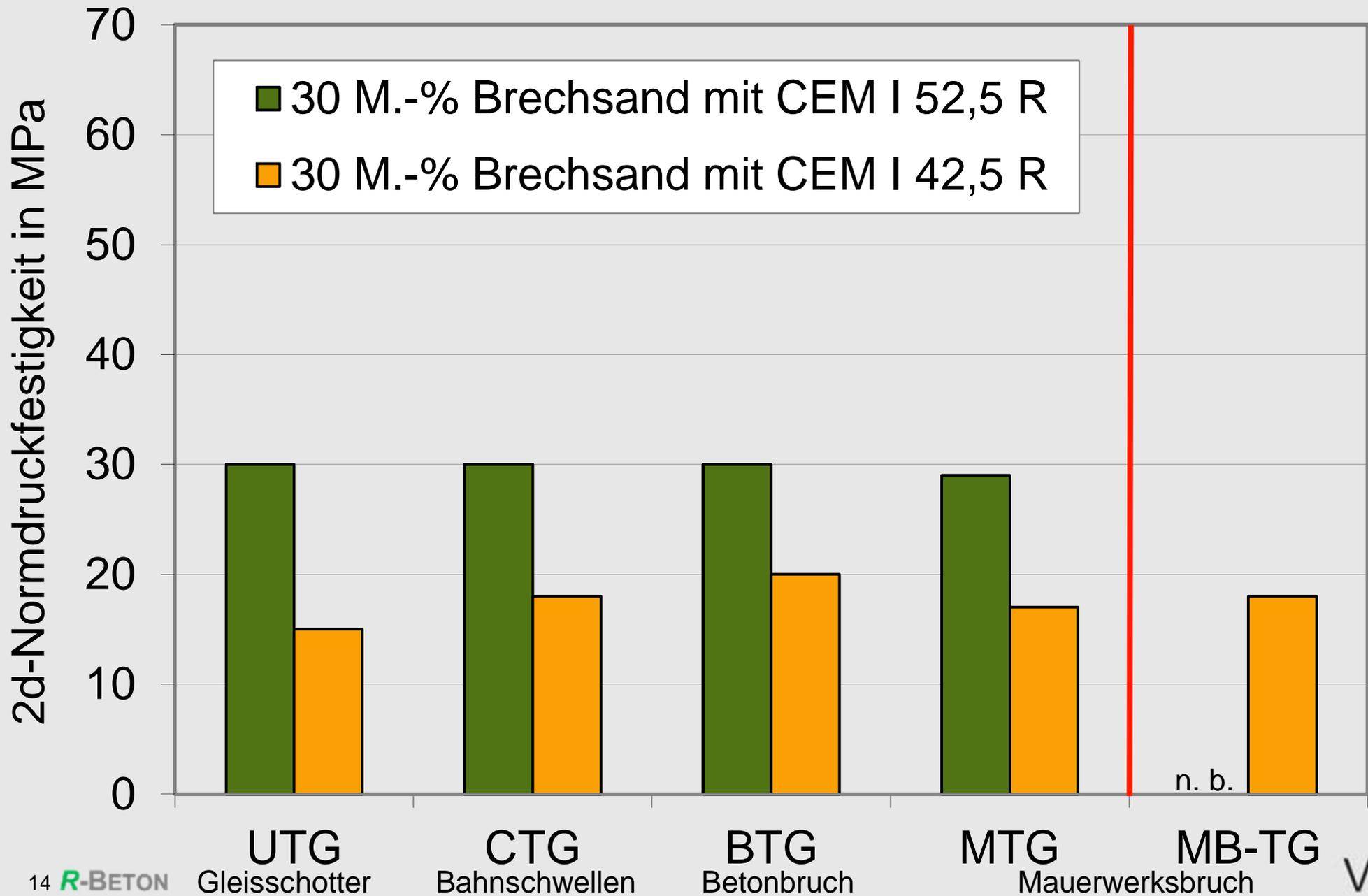
- Anteil 8 M.-% Brechsand
- Anteil 15 M.-% Brechsand

- **gemeinsames** Mahlen
- Mahlfeinheit der R-Zemente ca. 5400 cm<sup>2</sup>/g bis 5600 cm<sup>2</sup>/g

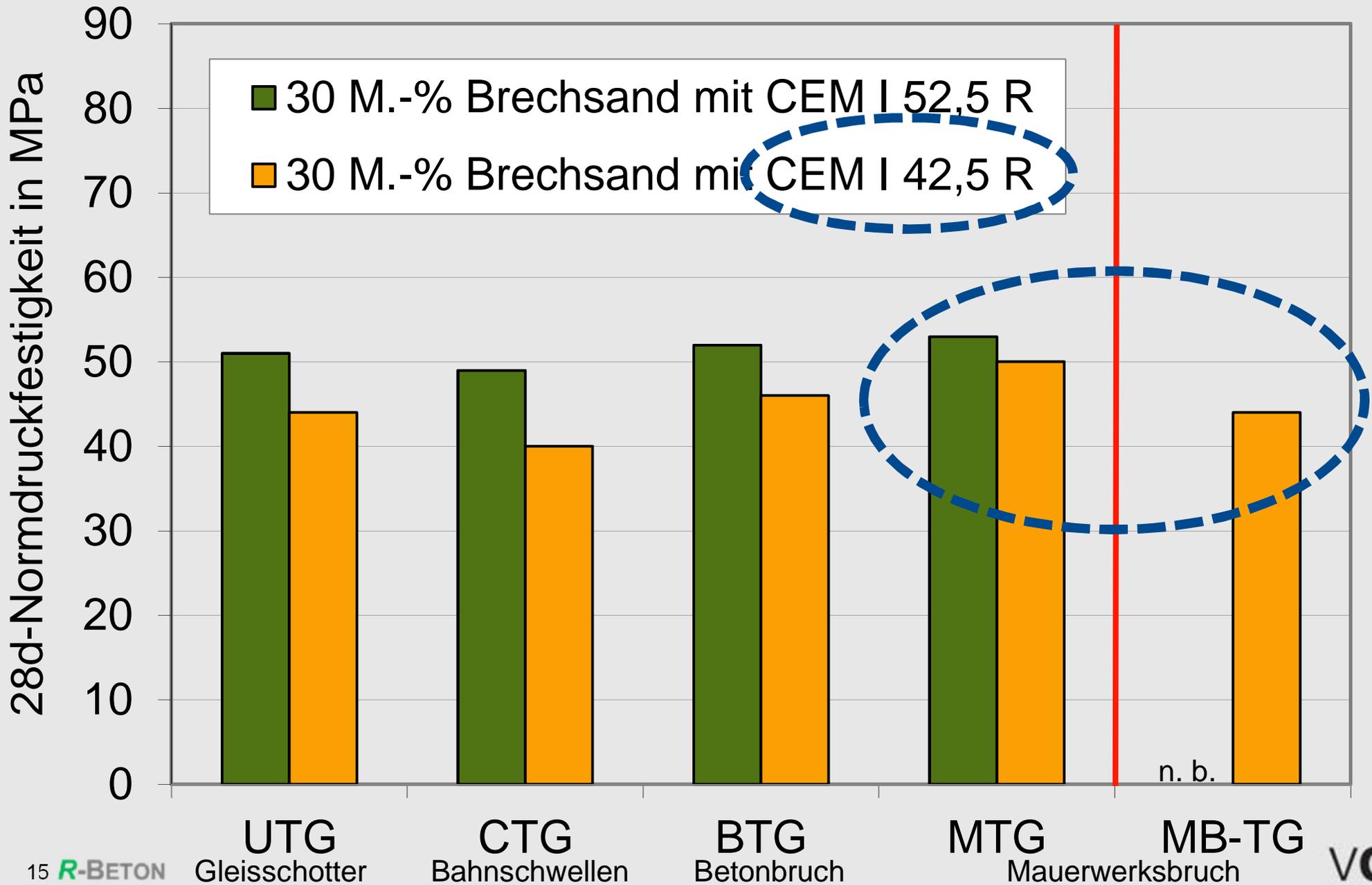
### 3 Druckfestigkeit der *R*-Zemente



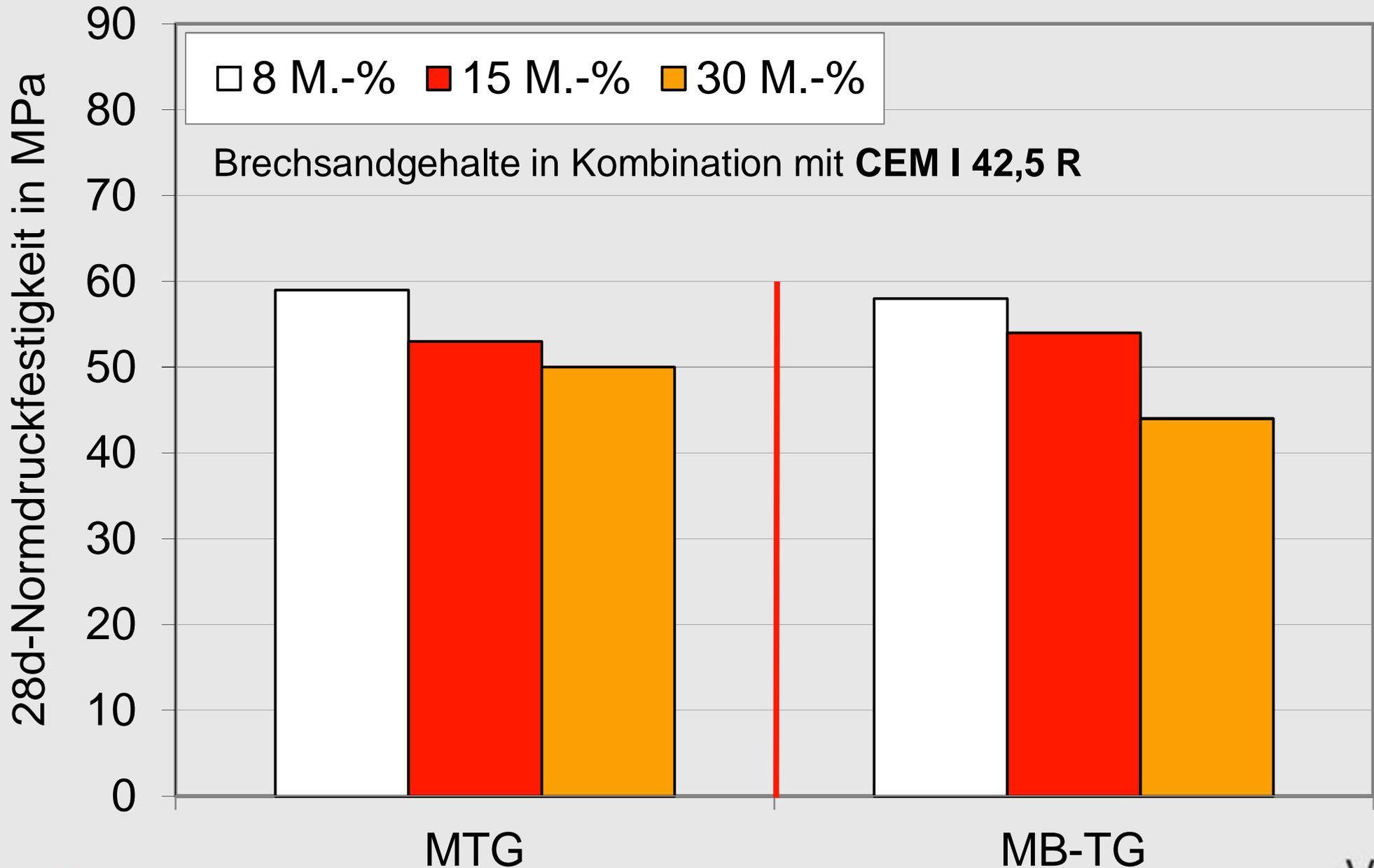
# Druckfestigkeit der **R**-Zemente (Prüfalter 2 Tage)



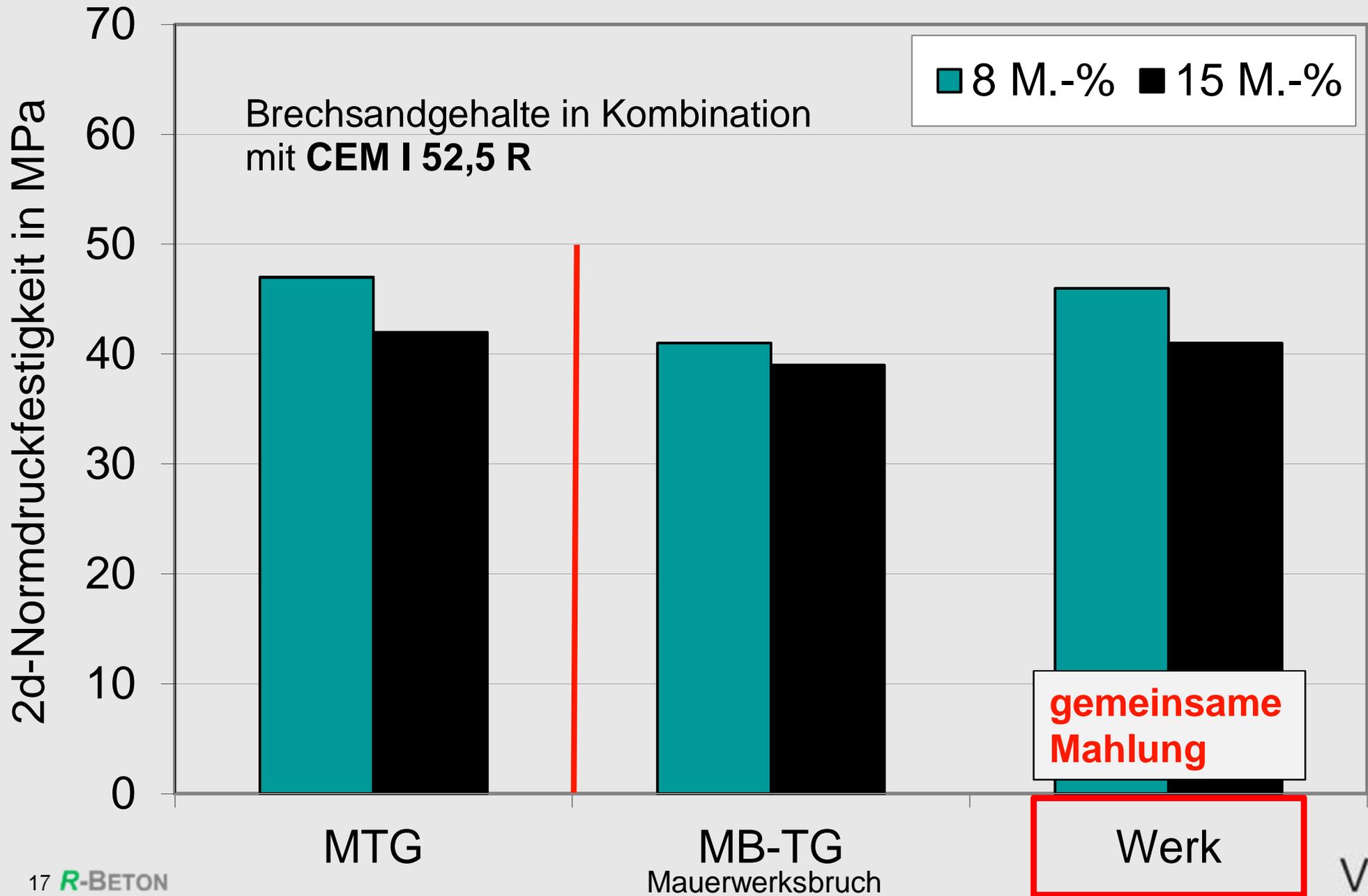
# Druckfestigkeit der **R**-Zemente (Prüfalter 28 Tage)



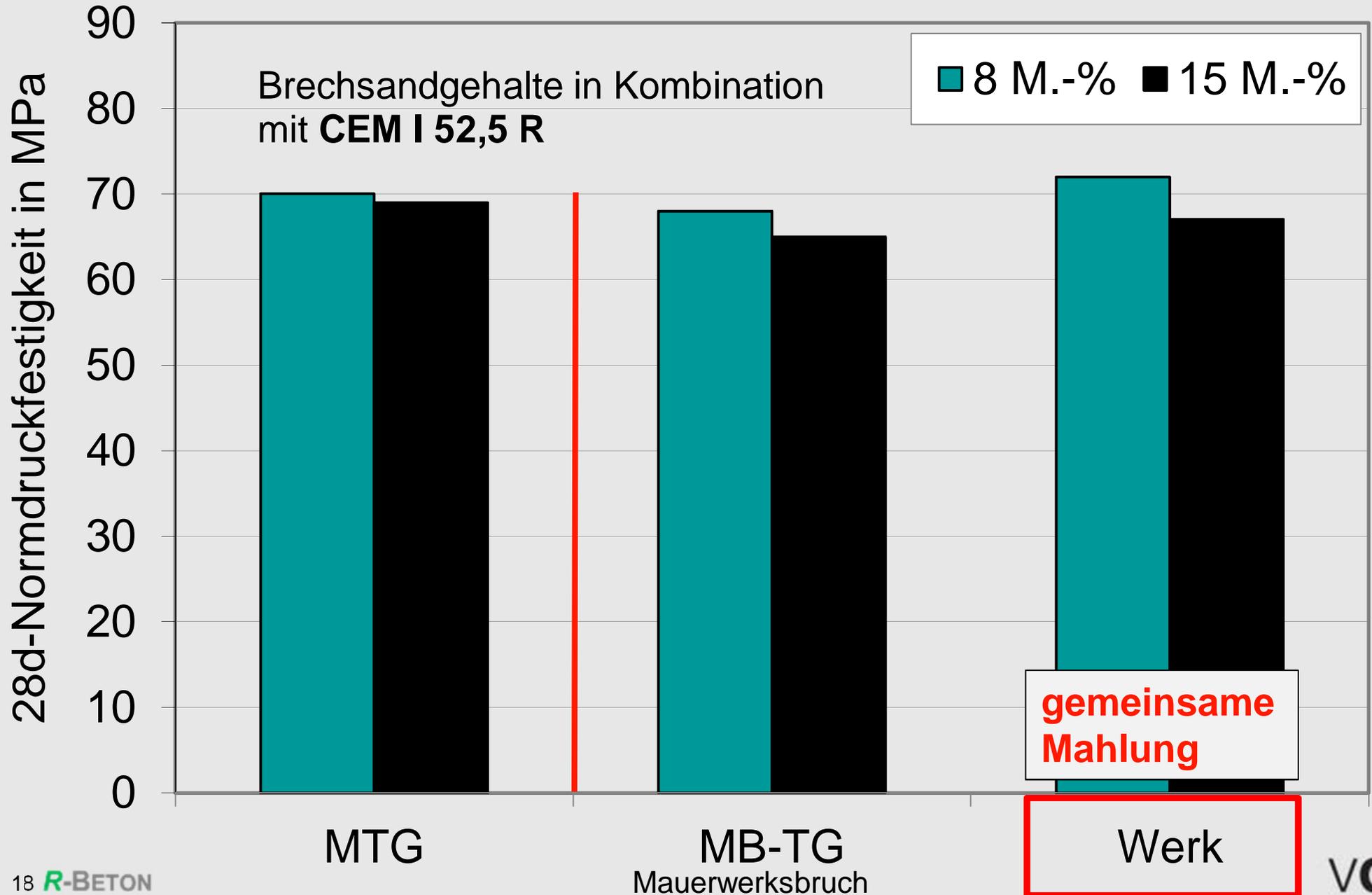
# Druckfestigkeit der **R**-Zemente (Prüfalter 28 Tage)



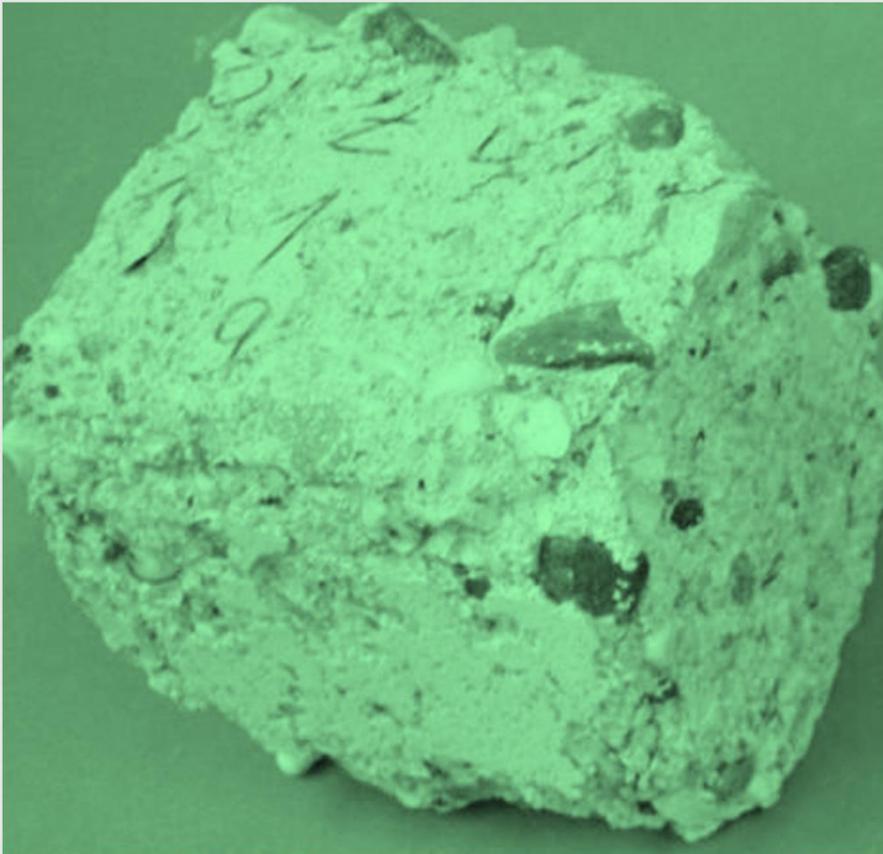
# Druckfestigkeit der **R**-Zemente (Prüfalter 2 Tage)



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

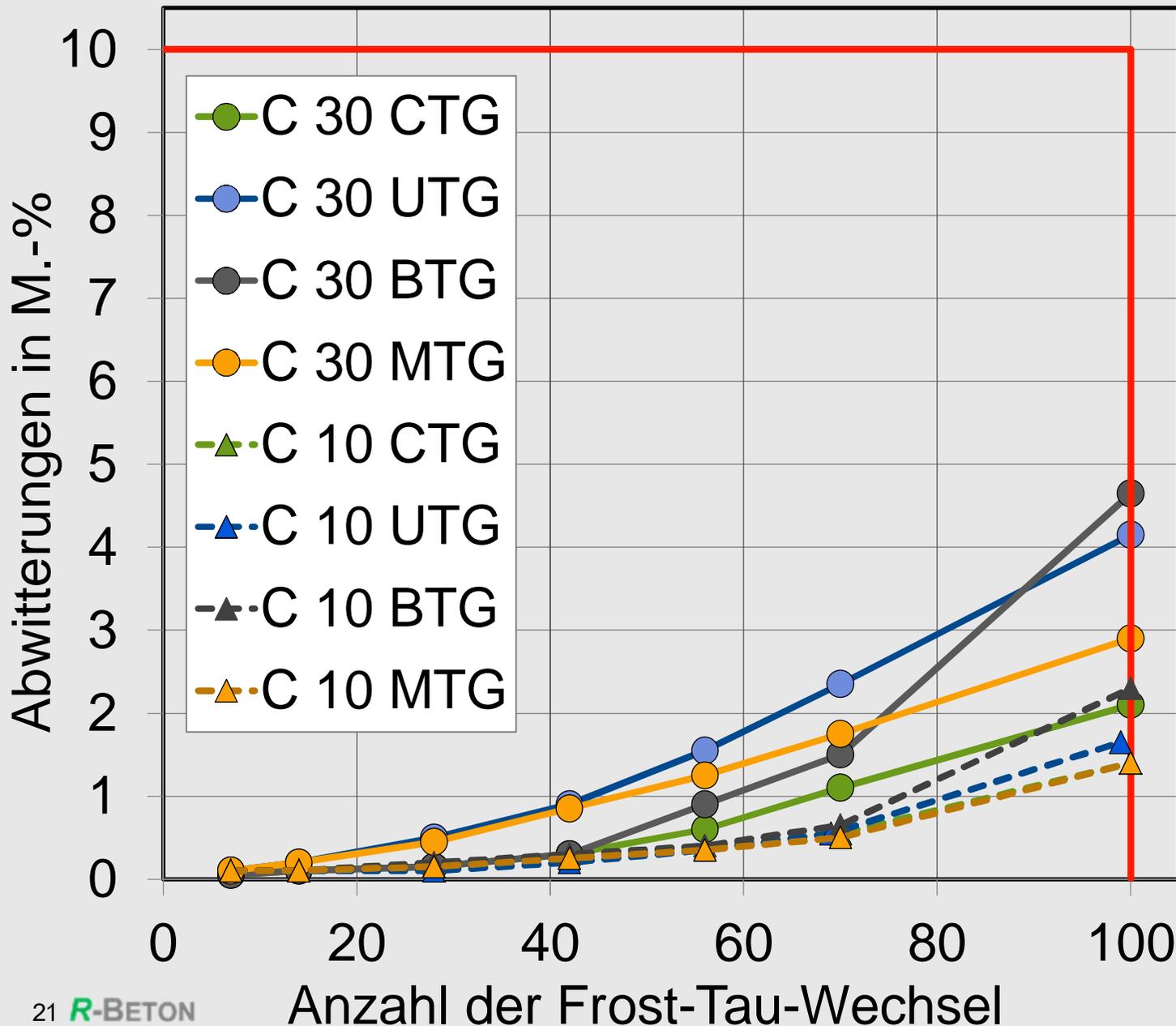


## 4 Dauerhaftigkeit der Betone und Feinbetone





# 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

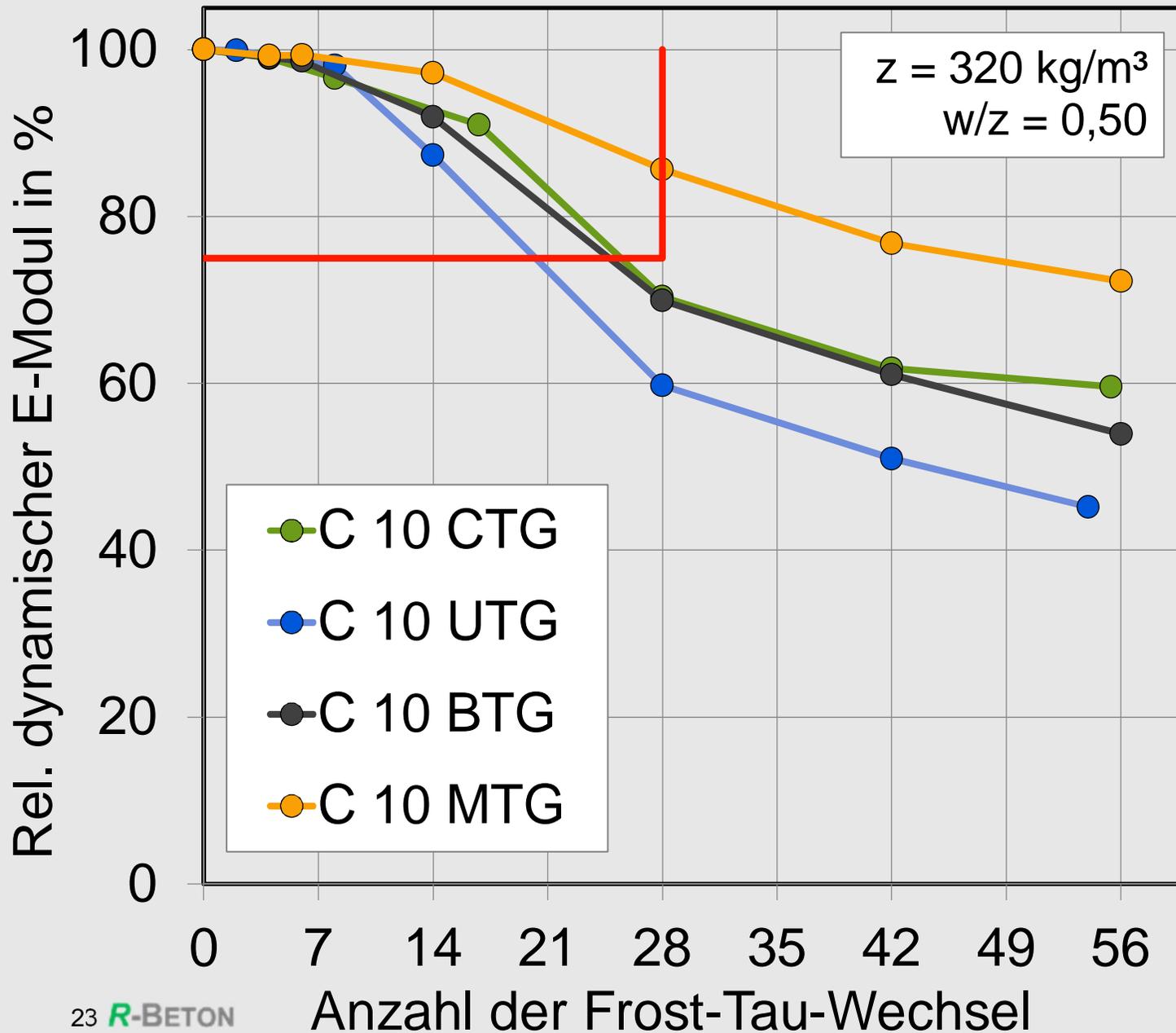
**BTG** Betonbruch

**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

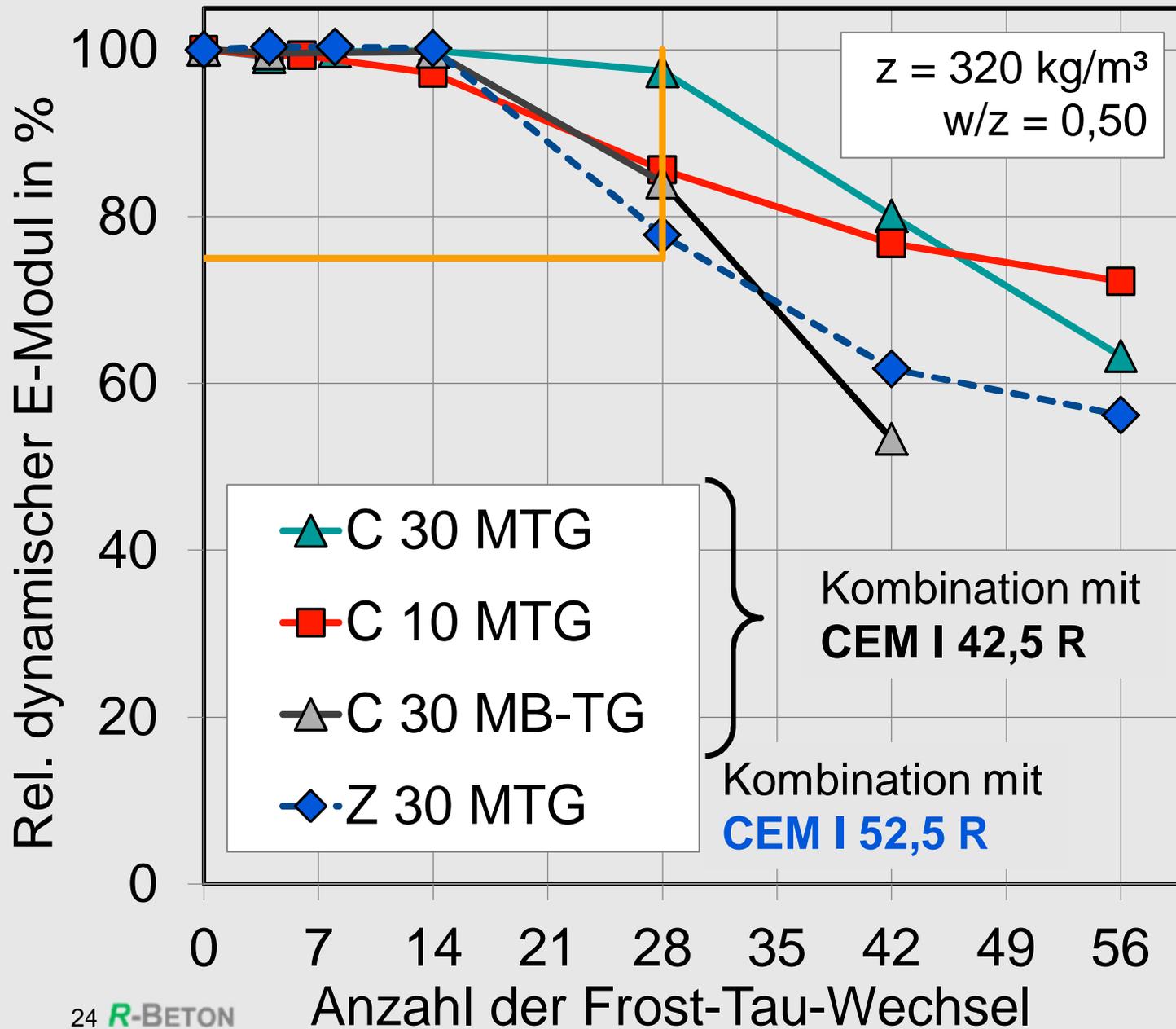
**CTG** Bahnschwellen

**UTG** Gleisschotter

**BTG** Betonbruch

**MTG** Mauerwerksbruch

# Innere Gefügeschädigung im CIF-Verfahren



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

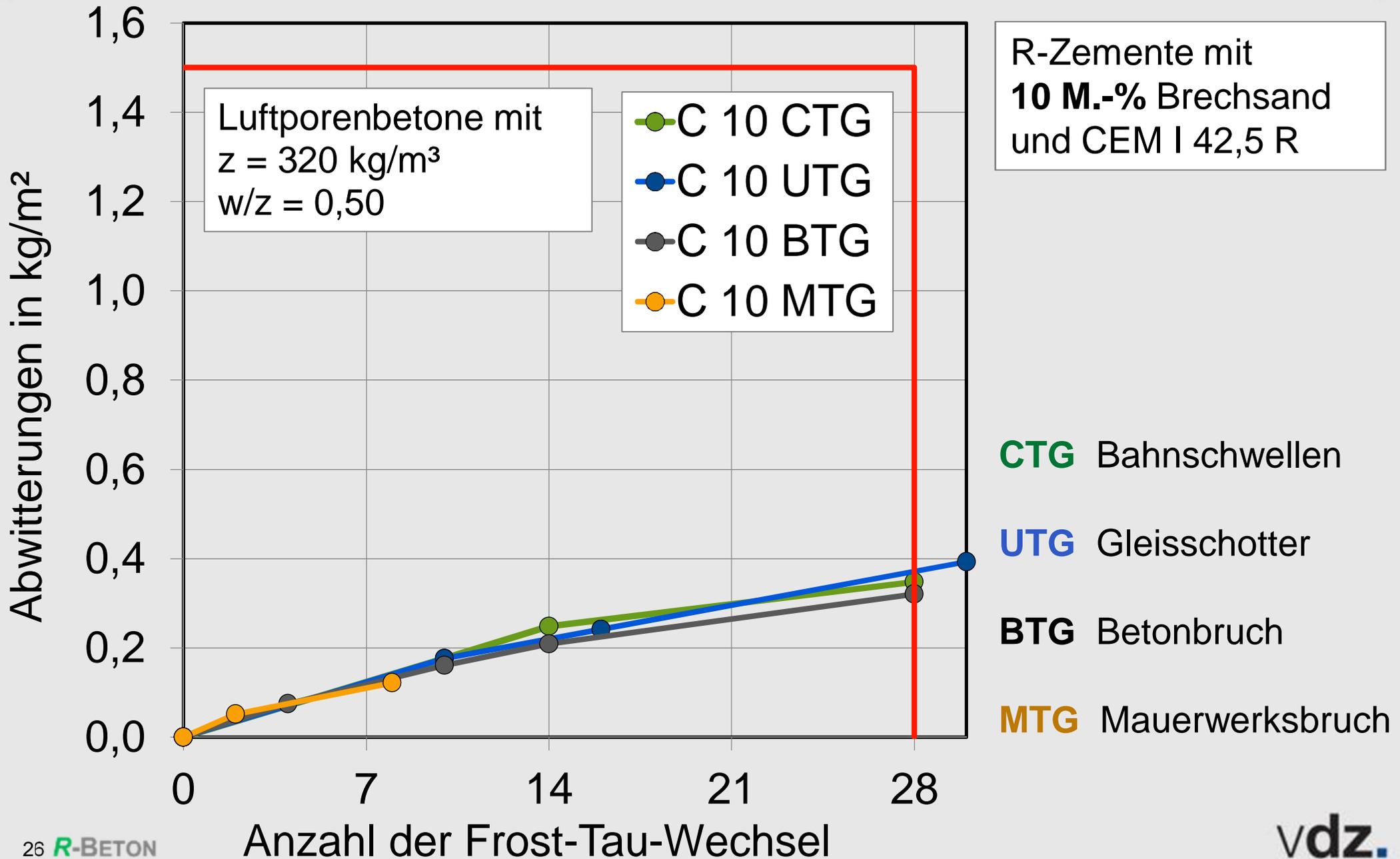
**MTG** Mauerwerksbruch

**MB-TG** Mauerwerksbruch

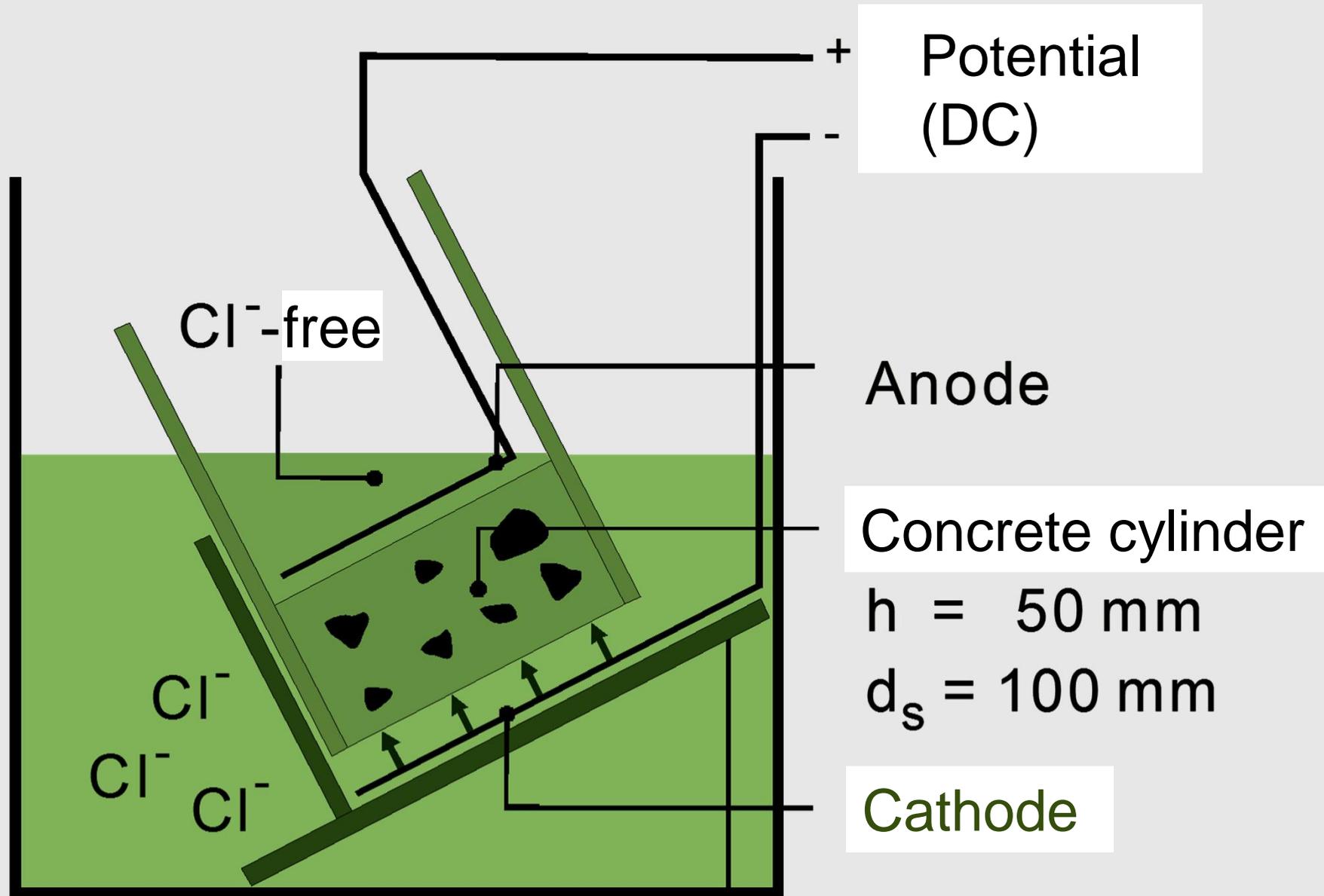
# Frost-Tausalz-Widerstand im CDF-Test



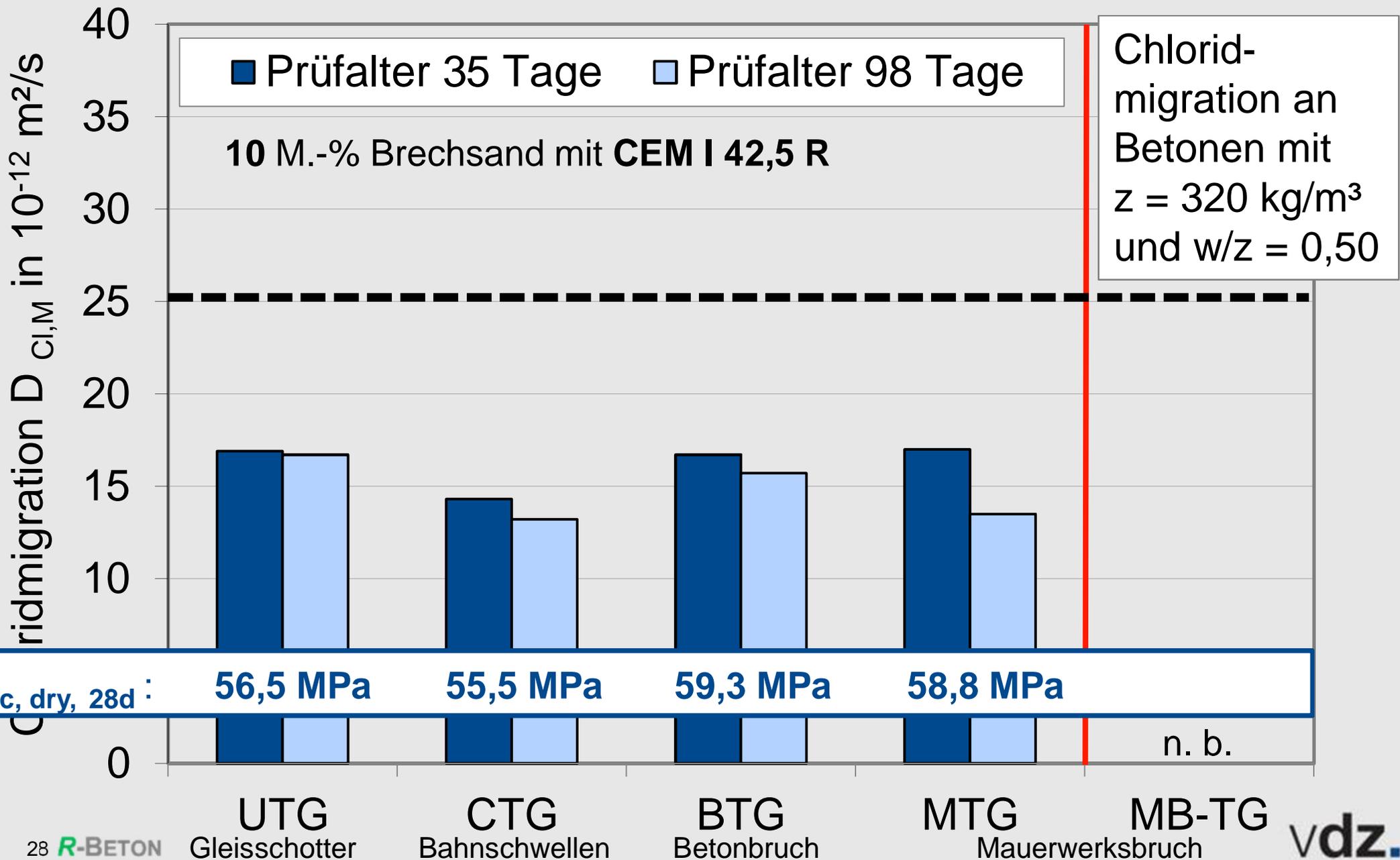
# Frost-Tausalz-Widerstand im CDF-Test



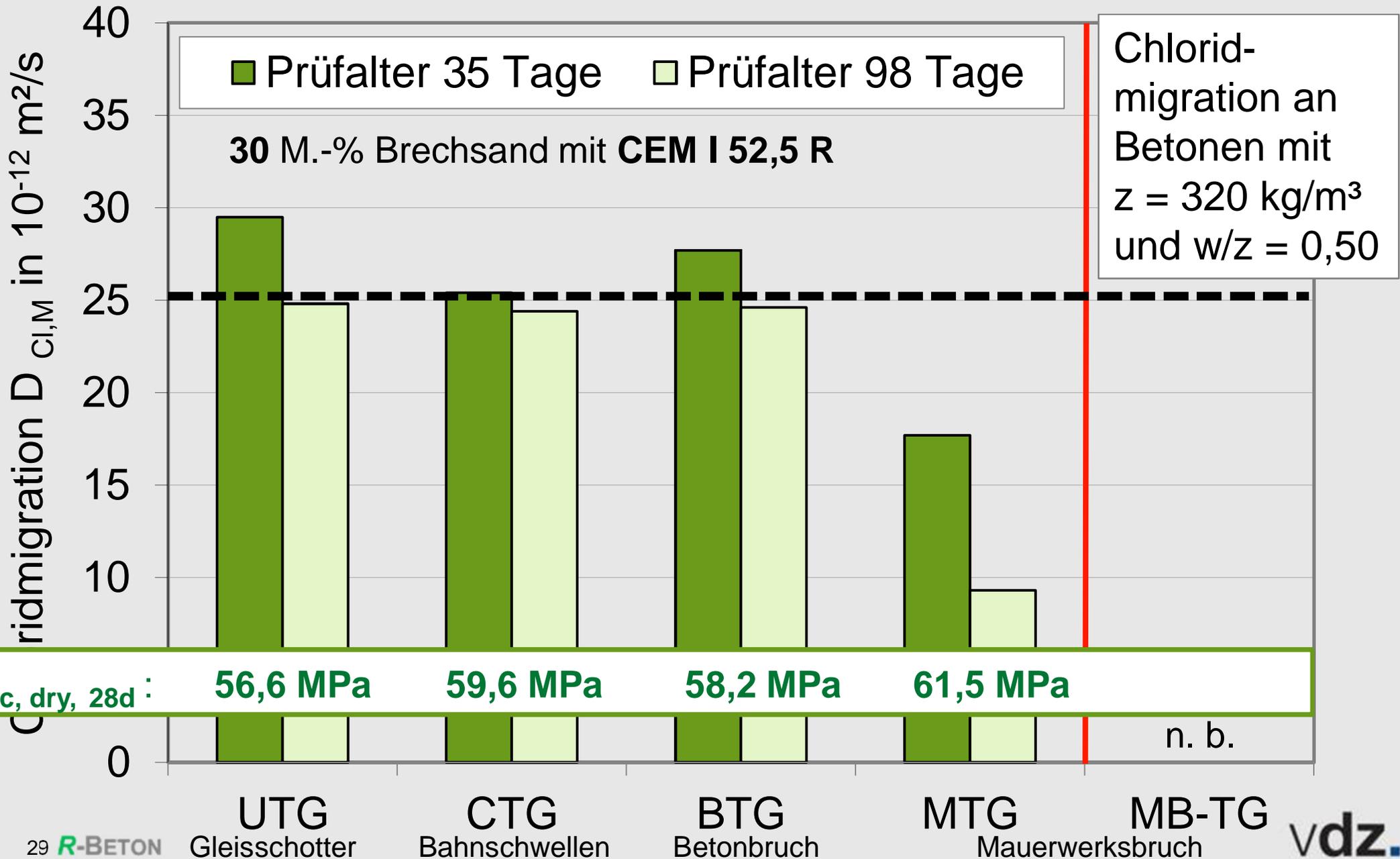
# Chlorideindringwiderstand



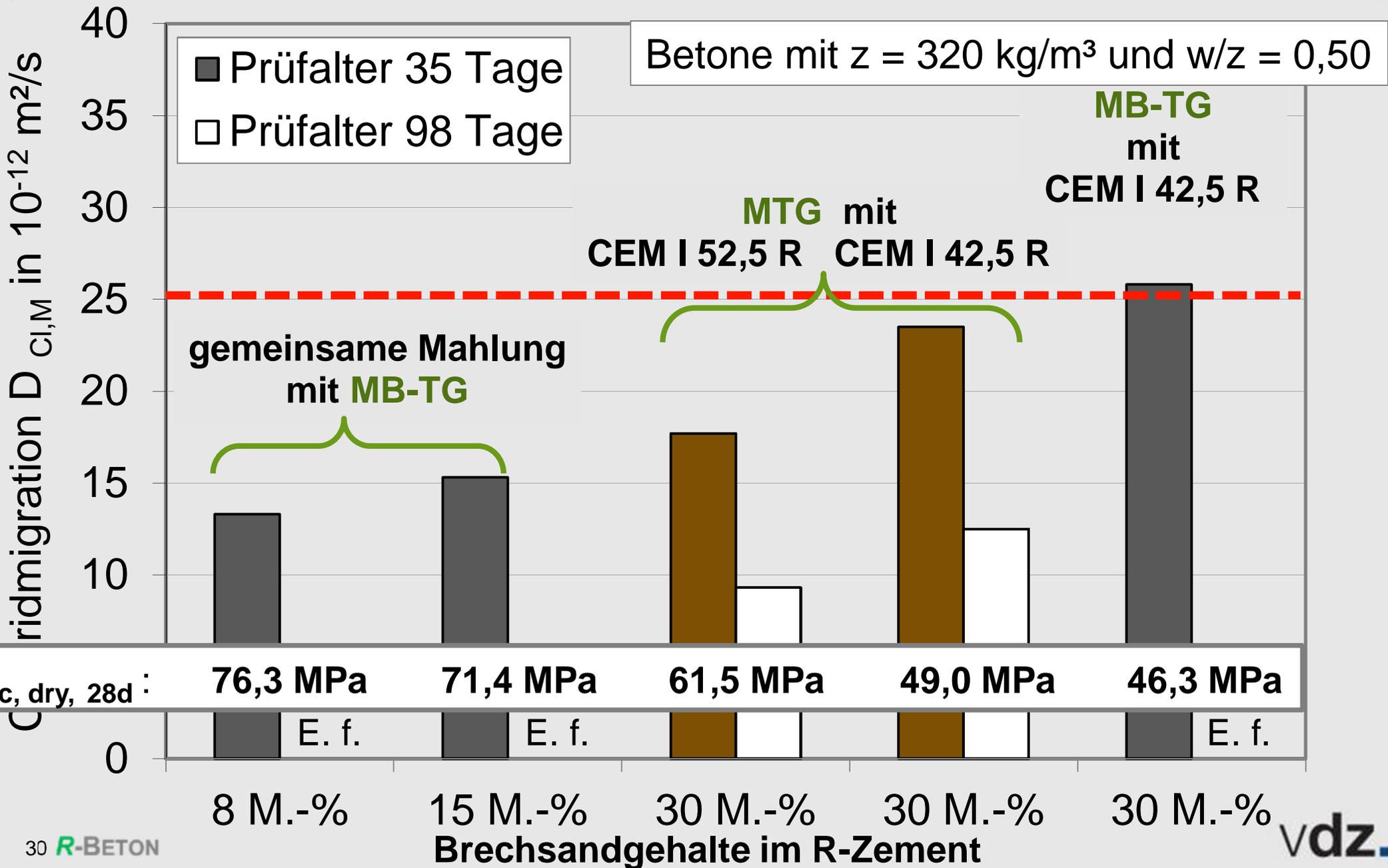
# Chlorideindringwiderstand



# 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 (Wüfelfverfahren) 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**

