

**GUEP**

Gütegemeinschaft  
Planung der Instandhaltung  
von Betonbauwerken e.V.

Lehrgangsunterlagen zum Seminar

**Sachkundiger Planer für die  
Instandhaltung von Betonbauteilen**

Modul II-11

K.-Mörtel und Betone

Referent:

Dr.-Ing. Michael Fiebrich

Bauingenieur Sozietät Sasse & Fiebrich, Aachen

## Beanspruchbarkeitsklassen nach Richtlinie

Beanspruchbarkeitsklasse	Stofftyp	Stoffbezeichnung	Anwendungsbereich					maximale Flächengröße	Lage der Auftragsfläche	Anwendungsbeispiele
			Für Instandsetzungsprinzip R geeignet	dynamische Beanspruchung bei und nach Applikation zulässig	statische Mitwirkung zulässig	örtlich begrenzt	beliebig			
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	M 1	zementgebunden	–	–	–	–	örtlich begrenzt	beliebig	Fassaden	
2	M 2	zementgebunden	PCC I	x	x	–	beliebig	waagerechte/schwach geneigte Oberseiten	befahrbare Flächen unter Belägen auf Brücken und in Parkhäusern	
			PCC II	x	x	–		beliebig		beliebig
3	M 2	zementgebunden	SPCC	x	x	–	beliebig	Unterseiten, vertikale und stark geneigte Flächen	Brückenuntersichten, Stützwände, Widerlager, Fassaden	
4	M 2	reaktionsharzgebunden	PC II	–	x	–	örtlich begrenzt <sup>1</sup>	beliebig	befahrbare Flächen unter Belägen auf Brücken und in Parkhäusern	
5			PC I	–	x	–		beliebig		waagerechte/schwach geneigte Oberseiten
6	M 3	zementgebunden	–	x	x	x	beliebig	beliebig	Stützen, Platten <sup>2</sup> , Balken	

<sup>1</sup> im Verkehrsbereich  $\leq 1 \text{ m}^2$  zulässig  
<sup>2</sup> im Hochbau auch direkt befahrbare Flächen

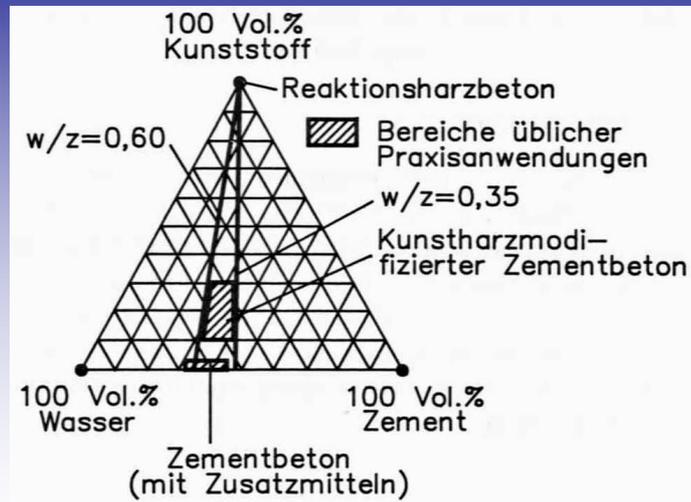
Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

# Technologie

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

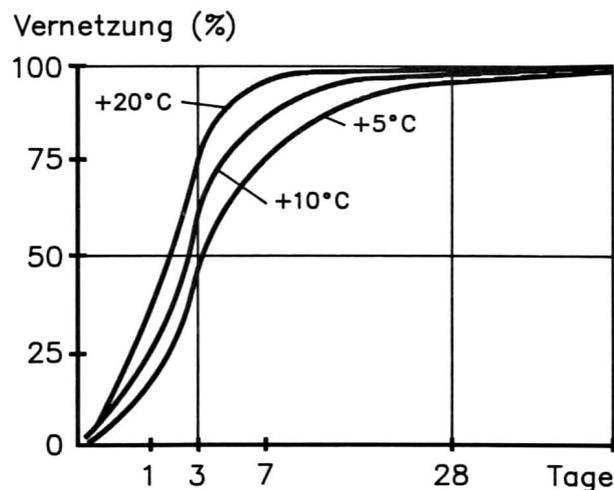
## Dreistoffdiagramm für Betonbindemittel



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich 

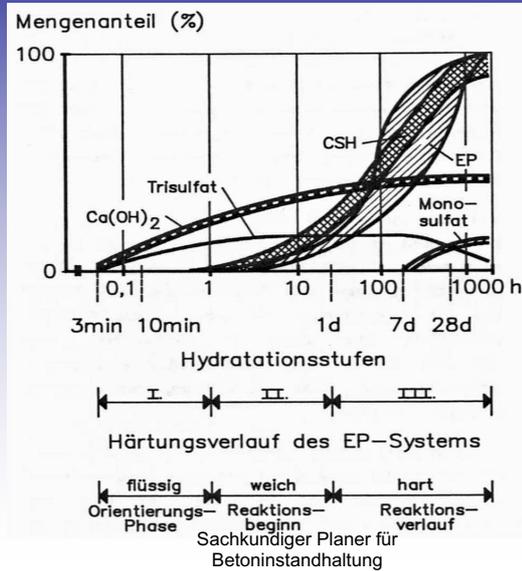
## Vernetzung von Epoxidharz in Zementmörtel (Beispiel)



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich 

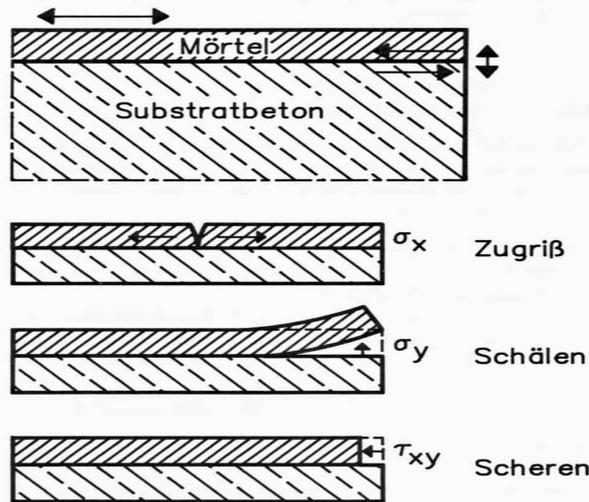
## Reaktion von Portland-Zement und ECC-Bindemittel



## Eigenstressungen

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

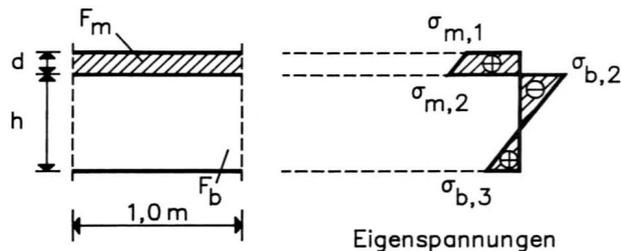
## Eigenspannungen infolge $\Delta T$ und Schwinden sowie zugehörige Versagensarten



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

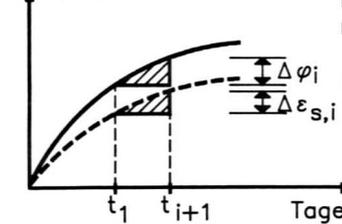
Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Berechnung der Eigenspannungen infolge Schwinden



Eigenspannungen

$\varphi, \varepsilon$  (‰)



Rechenhilfsgrößen /Skript S. 10,  
nach /13.31/ Bild 13.4/

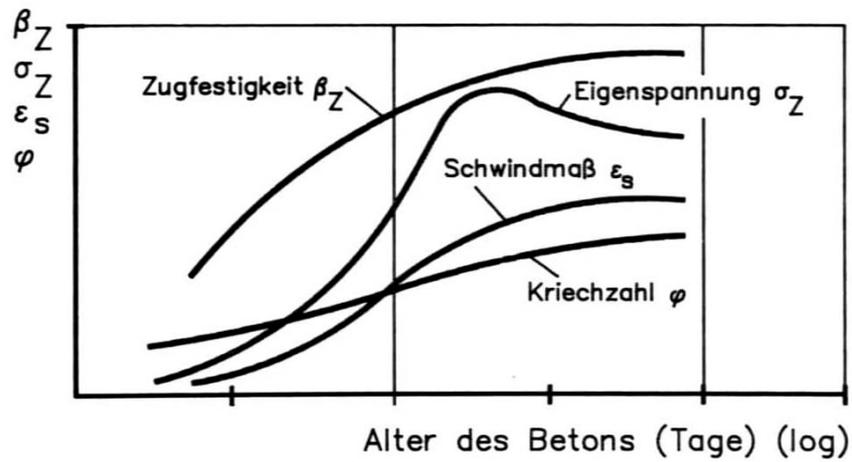
$$m_i' = \frac{E_b}{E_m} (1 + 0,5 \Delta \varphi_i)$$

$$\Delta \varphi_i' = \frac{\Delta \varphi_i}{1 + 0,5 \Delta \varphi_i}$$

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

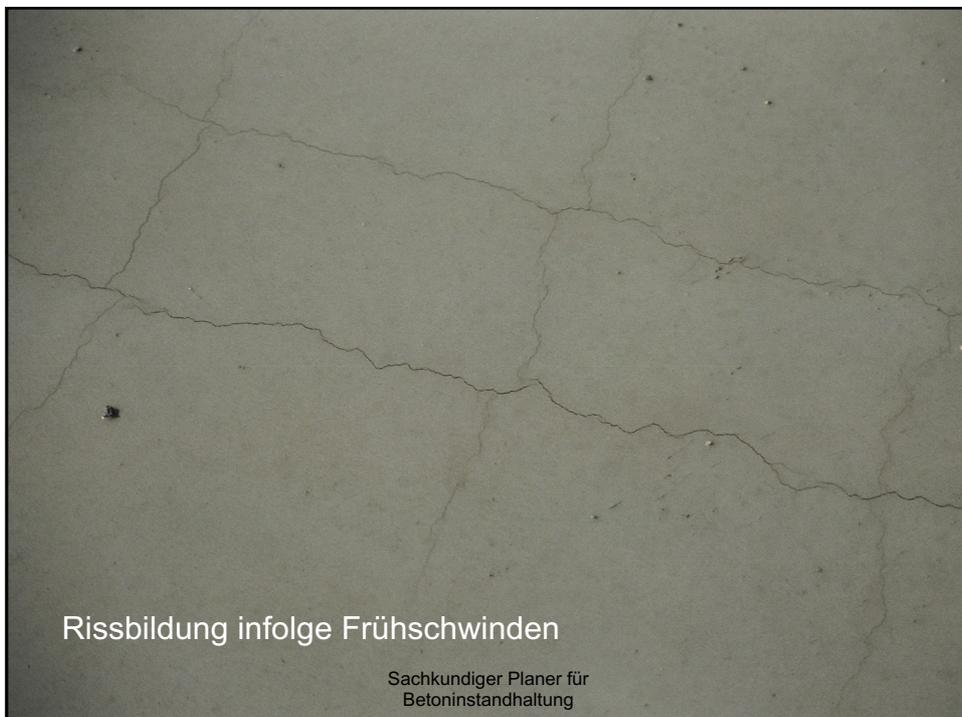
Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Zeitliche Entwicklung der Eigenspannungen und Rissgefahr



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

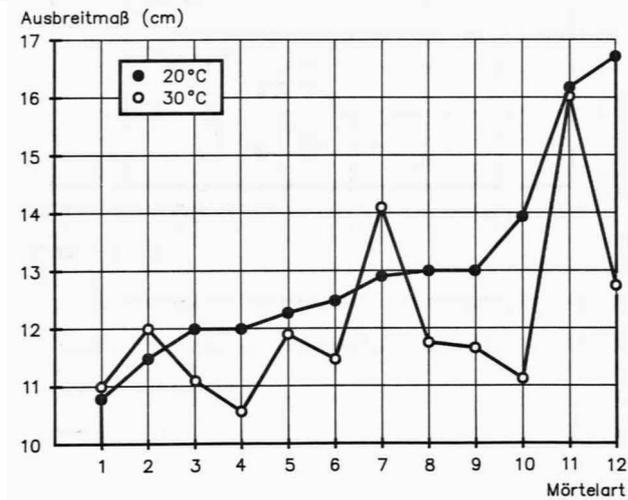




# Frischmörteleigen- schaften

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

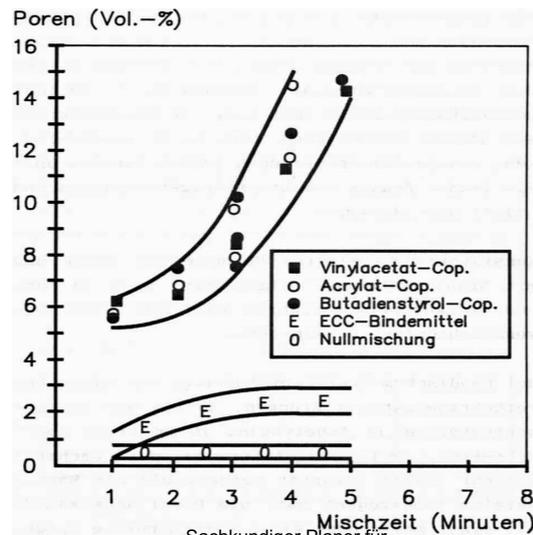
## Abhängigkeit des Ausbreitmaßes von der Frischmörteltemperatur bei 12 kunststoffmodifizierten Zementmörteln



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Luftporenbildung in Abhängigkeit von der Mischzeit



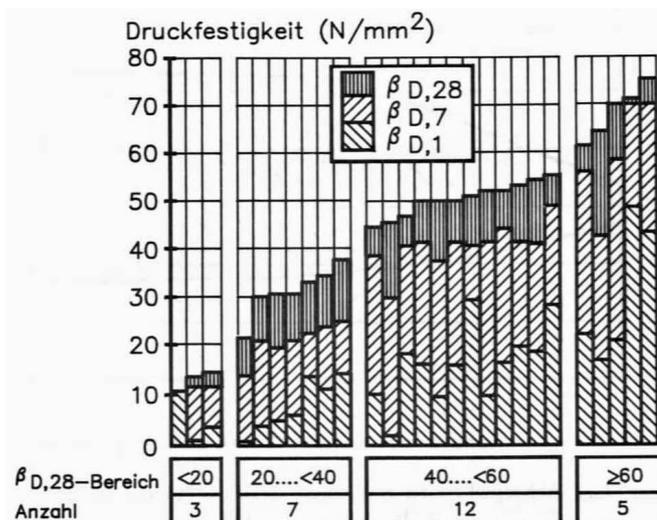
Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

# Festigkeiten und Elastizitätsmodul

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

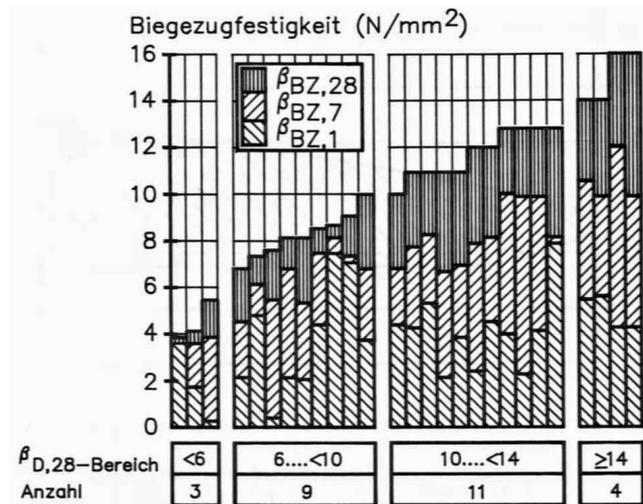
## Druckfestigkeiten von Marktprodukten



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

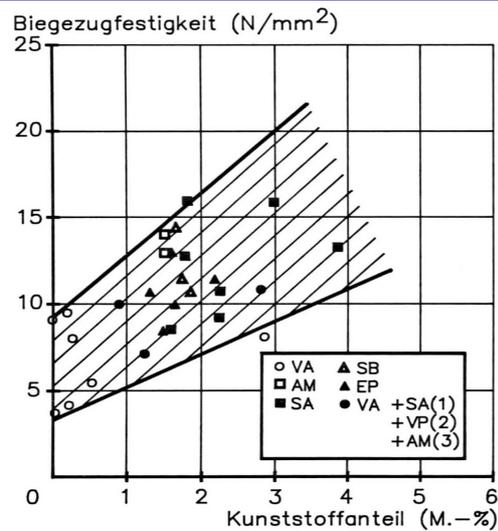
## Biegezugfestigkeit von Marktprodukten



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Einfluss des Kunststoffanteils auf die Biegezugfestigkeit bei 27 Marktprodukten



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

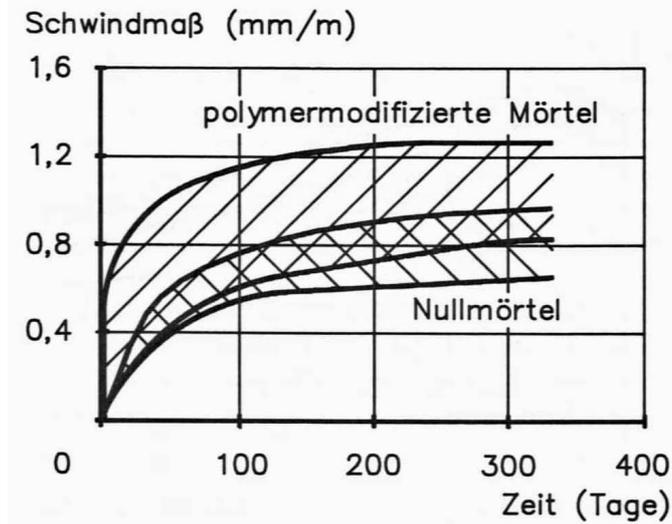
Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich



# Temperaturdehn- verhalten

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

## Schwindbereiche von Marktprodukten



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Schwinden von Beton, PCC, SPCC - Übersicht

Richtwerte nach /Grube, Betonverlag 1991, Zementindustrie Nr. 52/

Schwindart	Richtwerte Angaben in mm/m
Kapillarschwinden, plastisches Schwinden	bis 4
Chemisches Schwinden Schrumpfen, autogenes Schwinden	0,10...0,15
Trocknungsschwinden Normalbeton	0,30 <sup>2</sup> 0,60 <sup>3</sup>
Trocknungsschwinden Zementstein	rd. 3,0
PCC <sup>1</sup> nach 28d, Lagerung B <sup>4</sup>	≤ 0,8
SPCC <sup>1</sup> nach 28d, Lagerung B <sup>4</sup>	≤ 0,9

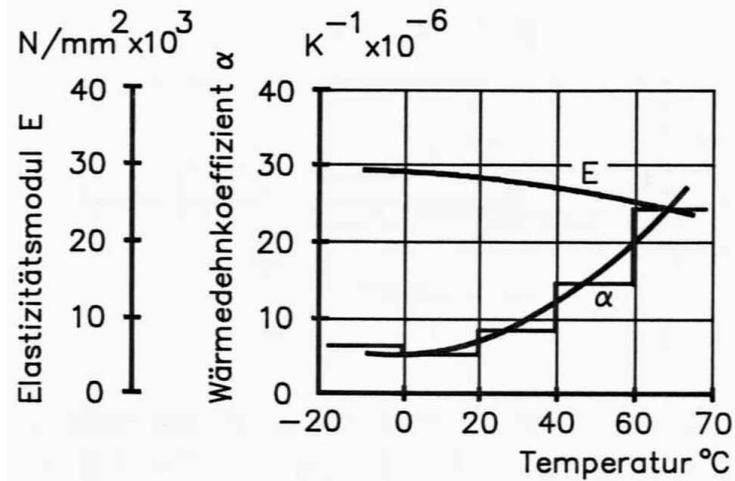
1: /Instandsetzungsrichtlinie 2001:10, Teil 2, S. 2-37, 2-40  
2: „Außenbereich“  
3: „Innenraum“

4: Lagerung B:  
23/50

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

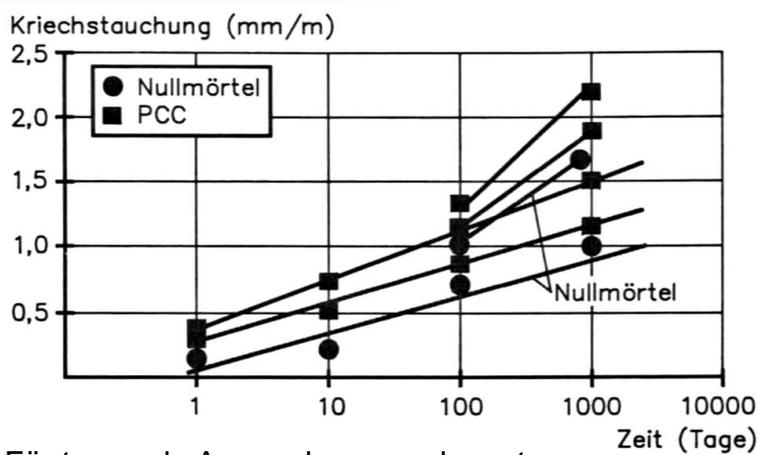
## Progressive Zunahme des Wärmedehnkoeffizienten bei ECM



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Druckkriechen verschiedener polymermodifizierter Zementmörtel bei Raumtemperatur (Kriechspannung rd. 30% der 28 Tage Druckfestigkeit, Alter 28 Tage

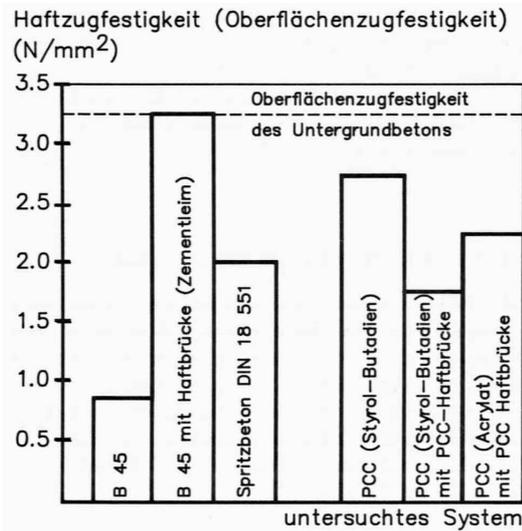


➤ Für tragende Anwendungen relevant

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Haftzugfestigkeit von Instandsetzungsmörtel nach 1 Jahr Freibewitterung und dynamischer Belastung



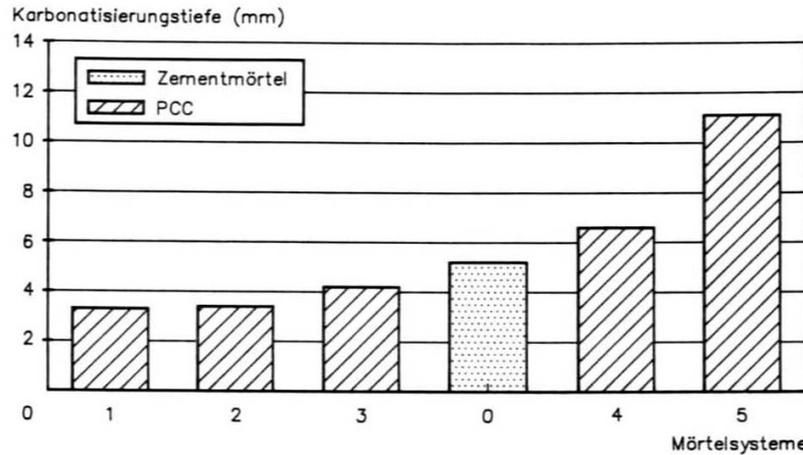
Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Karbonatisierung Dauerhaftigkeit

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

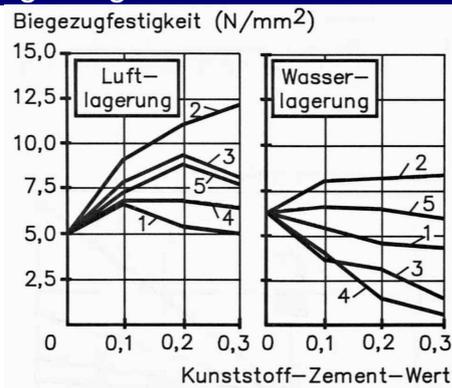
## Karbonatisierungstiefe handelsüblicher kunststoffmodifizierter Mörtel nach einjähriger Lagerung (23/50)



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Veränderung der Festigkeit infolge unterschiedlicher Lagerung (Ausschalen nach 1 Tag, dann 27 Tage Lagerung an Luft oder unter Wasser)

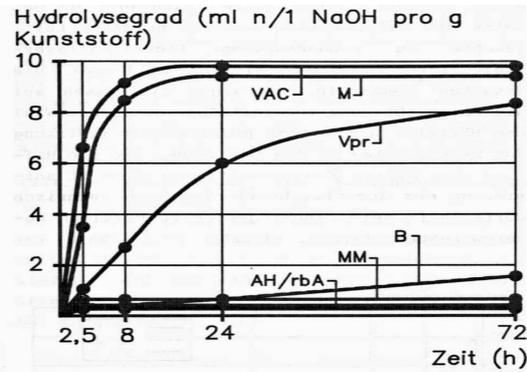


- 1 Polyvinylpropionat
- 2 Vinylpropionat-Copolymerisat
- 3 Polyvinylacetat
- 4 Vinylacetat-Copolymerisat
- 5 Vinylacetat-Copolymerisat

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Hydrolyse von Polymerdispersionen



VAC = Polyvinylacetat  
M = Polyacrylmethylester  
Vpr = Polyvinylpropionat  
B = Polyacrybutylester  
AH = Polyacrylethylhexylester  
MM = Polymethacrylmethylester  
rbA = Poly"rba"-acrylester

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Reaktionsharzmörtel

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

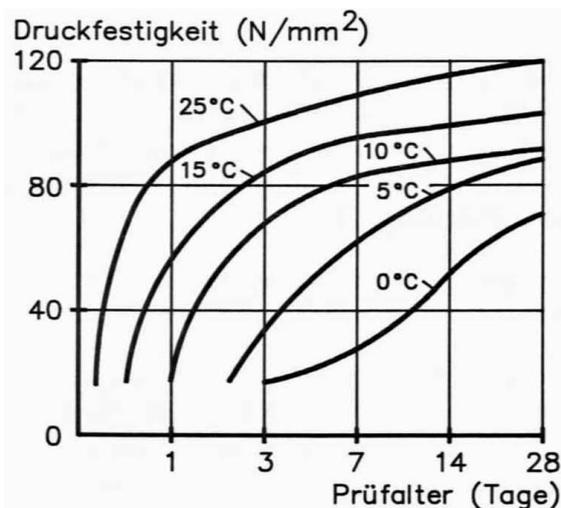
## Spannweite der technischen Eigenschaften von Reaktionsharzmörteln und -betonen (bei witterungsbedingten Temperaturen)

Eigenschaft	Einheit	Reaktionsharz- mörtel/-beton	Zement- mörtel/-beton
Rohdichte	kg/m <sup>3</sup>	1900 ... 2400	2000 ... 2400
Druckfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	80 ... 160	20 ... 70
Biegezugfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	15 ... 50	4 ... 8
Zugfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	10 ... 30	2 ... 4
E-Modul	kN/mm <sup>2</sup>	20 ... 40	25 ... 40
Bruchstauchung	‰	3 ... 5	2 ... 3
Querdehnzahl	-	0,15 ... 0,35	0,1 ... 0,2
Kriechzahl (Druck)	-	0,6 ... 3	1 ... 4
Temperaturdehnzahl	10 <sup>-6</sup> /K	10 ... 30	10 ... 12
Wasseraufnahme	M.-%	0,03 ... 2	4 ... 10

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich 

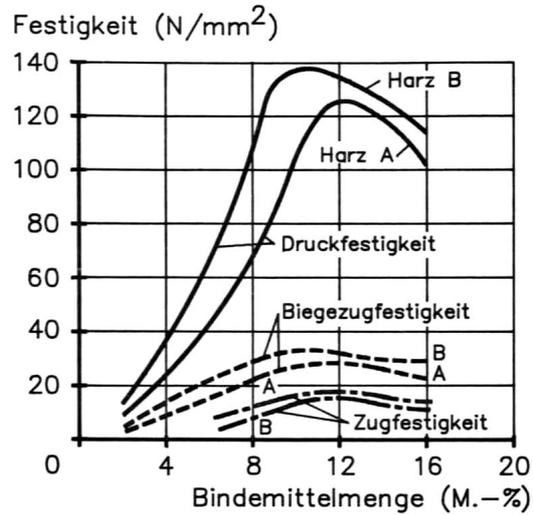
## Festigkeitsentwicklung von EP-Beton bei unterschiedlichen Temperaturen (Beispiel)



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich 

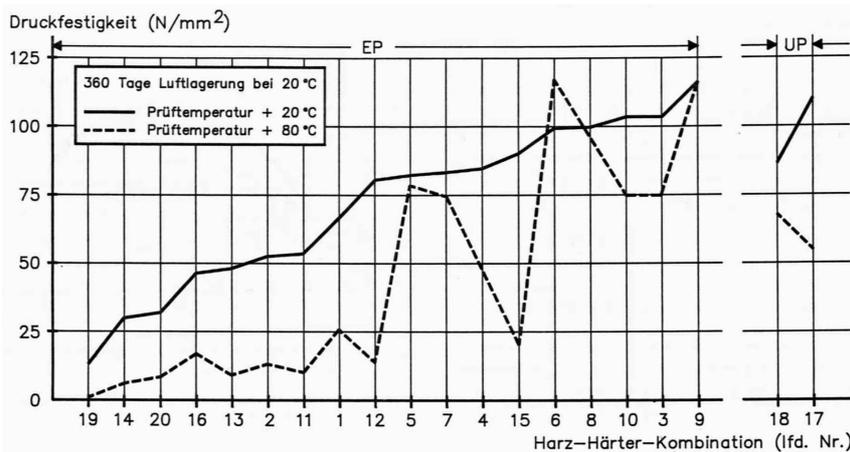
## Abhängigkeiten der Festigkeiten vom Mischungsverhältnis



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

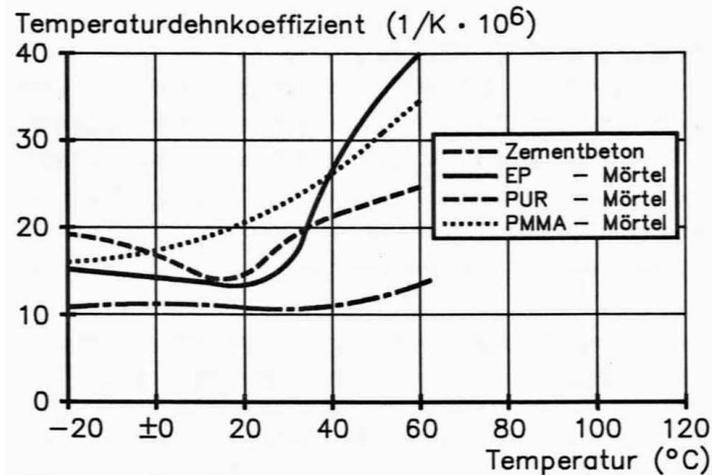
## Einfluss der Prüftemperatur auf die Druckfestigkeit von Kunstharzmörtel



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Temperaturabhängigkeit des linearen Wärmedehnkoeffizienten



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

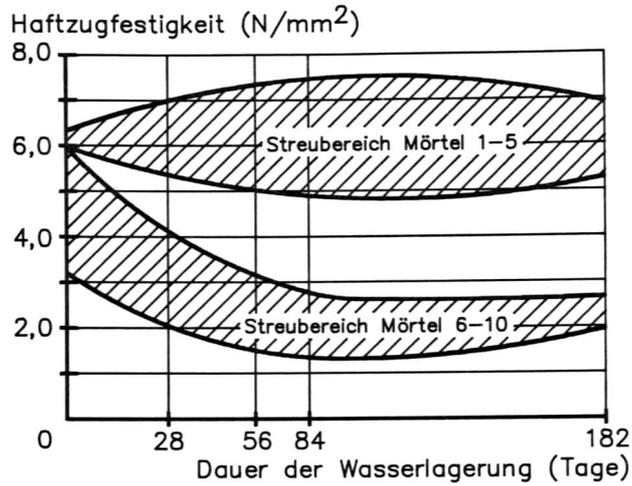
## Einflussgrößen auf Gebrauchseigenschaften

- Art und Menge des Bindemittels
  - Druck-, Biegezugfestigkeit
  - Elastizitätsmodul,  $\alpha_t$  - Wert
  - Haftzugfestigkeit
  - Dauerhaftigkeit:
    - Karbonatisierungsverhalten
    - Widerstandsfähigkeit gegen Wassereinwirkungen
    - Hydrolyse
  - Schwinden, Ausbreitmaß

Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

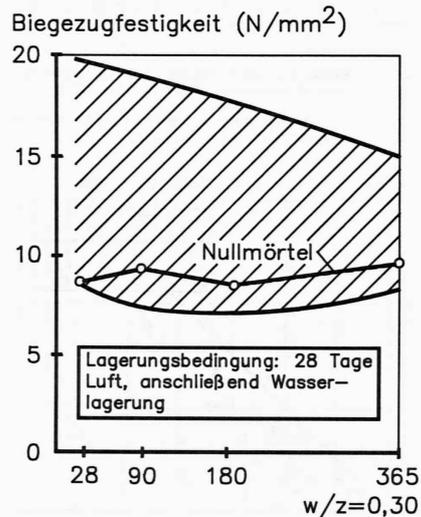
## Haftzugfestigkeit unterschiedlicher EP-Mörtel nach Wasserlagerung



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

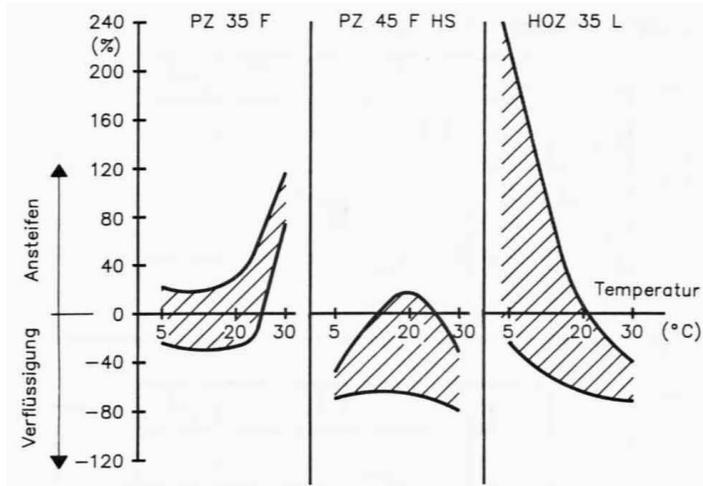
## Veränderung der Festigkeit von 14 unterschiedlichen polymermodifizierten Mörteln infolge Wasserlagerung ( Beispiel )



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

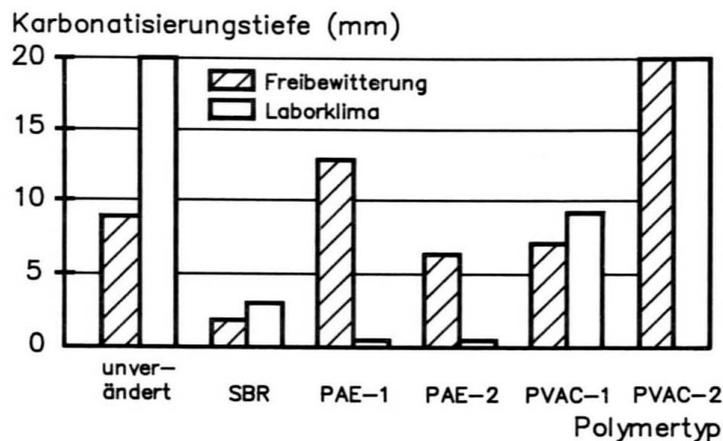
## Einfluss von Zementart und Mörteltemperatur auf die Konsistenzänderung gegenüber Nullmörtel (Streubereich für 3 verschiedene Polymermodifizierungen)



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich 

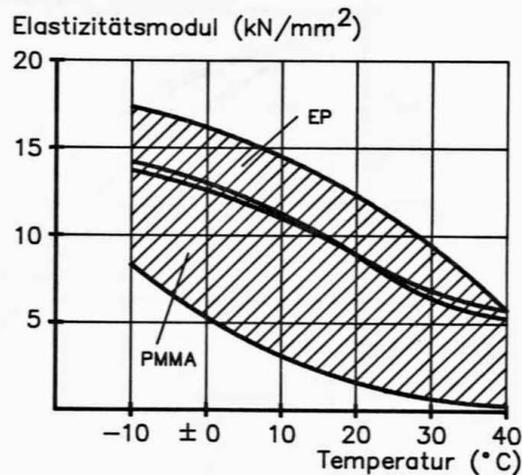
## Karbonatisierungstiefen an vergleichbar hergestellten Mörtelproben nach 10jähriger Lagerung an Laborluft und im Freien



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich 

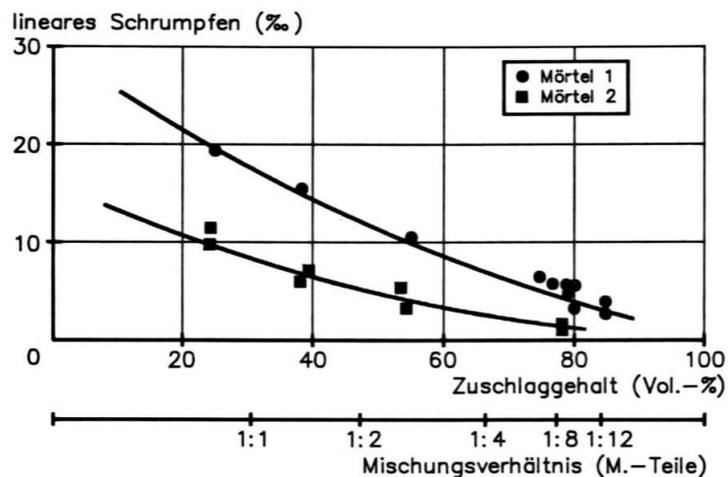
## E-Moduln von EP- und PMMA-Betonen als Funktion der Temperatur



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

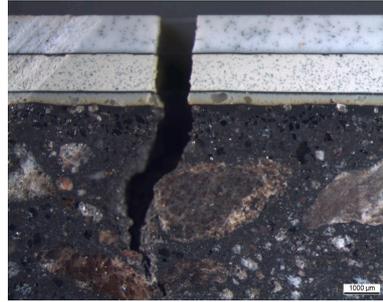
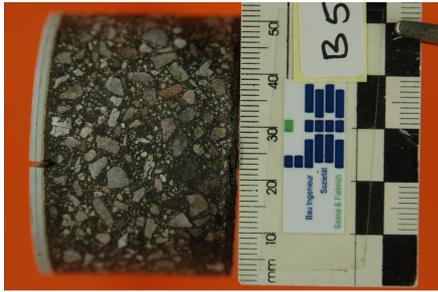
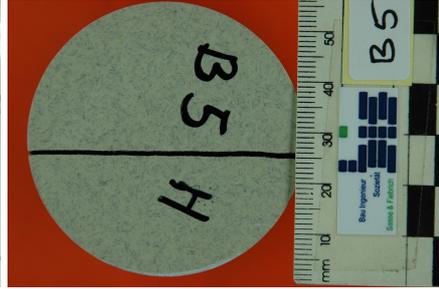
Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich

## Schrumpfen von Reaktionsharzmörteln in Abhängigkeit vom Zuschlaggehalt



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung

Bau Ingenieur Sozietät  
Sasse & Fiebrich



Sachkundiger Planer für  
Betoninstandhaltung