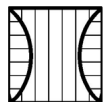


Einsatz des Viskomat NT zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit von Bindemitteln

Dipl.-Ing. Björn Siebert

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM
LEHRSTUHL FÜR BAUSTOFFTECHNIK



Veränderungen in der Betonherstellung

Gestern

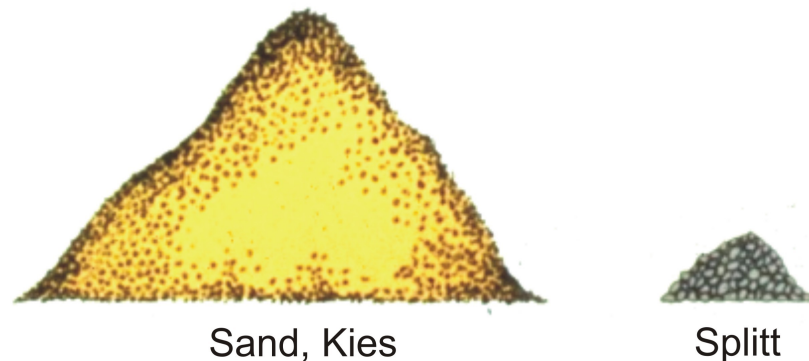
Wasser



Zement

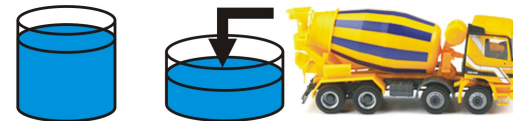


Zuschlag



Zunehmende Vielfalt an Betonausgangsstoffen

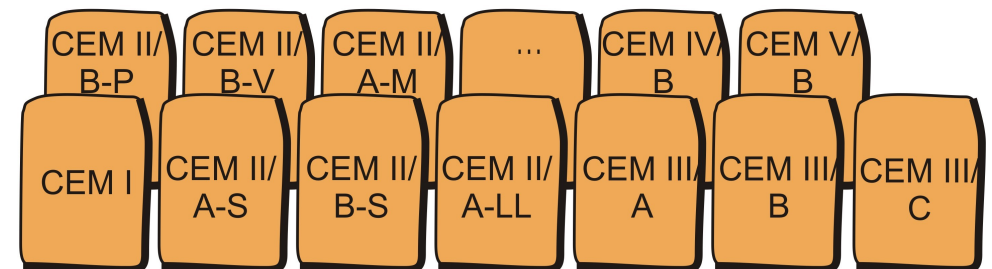
Wasser, Restwasser



Gesteinskörnung



Zement



Insgesamt 27 Normzemente

Zusatzstoffe



Fasern



Zusatzmittel



Anzeichen für höhere Sensibilität heutiger Betone

In letzter Zeit im Betonbau häufiger auftretende Unregelmäßigkeiten:

■ **Kein ausreichendes
Luftporensystem**



**Frostwiderstand
gefährdet**

■ **Extreme Verzögerung
des Erstarrens**



**Geplanter Bauablauf
gefährdet**

■ **Lunkerbildung
in Betonoberfl.**



**Zielsichere
Herstellung von
Sichtbeton
gefährdet**

Beispiel: Selbstverdichtender Beton (SVB)

- Hohe Sensibilität gegenüber Schwankungen der Ausgangsstoffe und der Betonrezeptur
- Erhöhte Bindemittelabhängigkeit der neuen Fließmittelgeneration auf Basis Polycarboxylatether (PCE)

CEM I 42,5 R, Werk A

Wasseranspruch = 30 %

Erstarrungsbeginn = 150 min

CEM I 42,5 R, Werk B

Wasseranspruch = 29,5 %

Erstarrungsbeginn = 160 min

Ausbreitmaß nach 60 Minuten

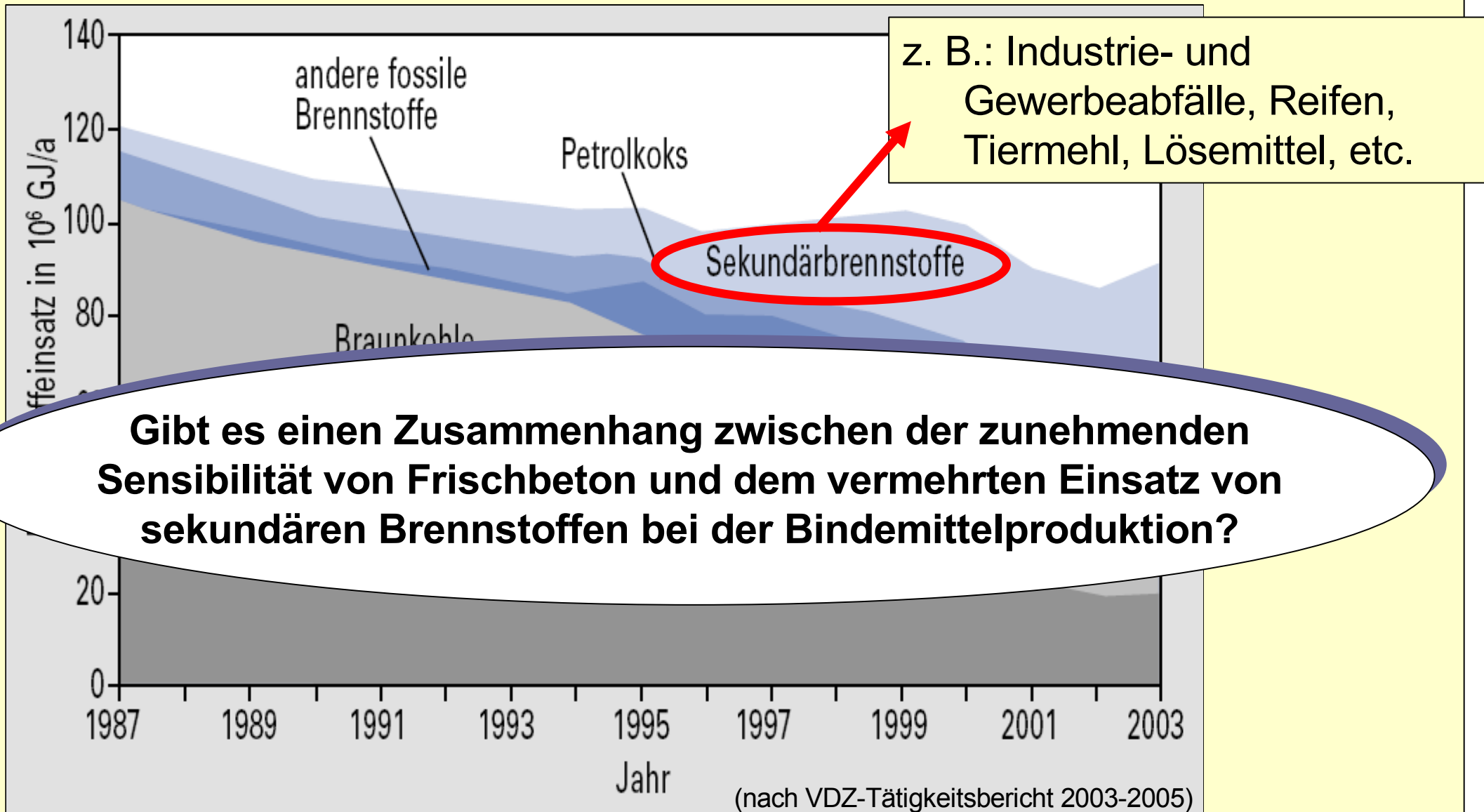


**Zement zwar normkonform,
aber keine Überwachung
der Zement-Fließmittel-
Interaktion im Zementwerk**

**Mindestanforderungen
nach DIN EN 197 häufig
nicht ausreichend**

Sekundärbrennstoffe in der Zementindustrie

● Entwicklung des Sekundärbrennstoffanteils in D



Laboruntersuchungen

Thema: Untersuchungen zur Gleichmäßigkeit von Bindemitteln,
insbesondere in Kombination mit Betonzusatzmitteln

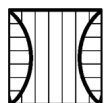
Untersuchte Bindemittel:

- Zement
- Flugasche

Variation: Herstellwerk, Liefercharge, Betonzusatzmittel

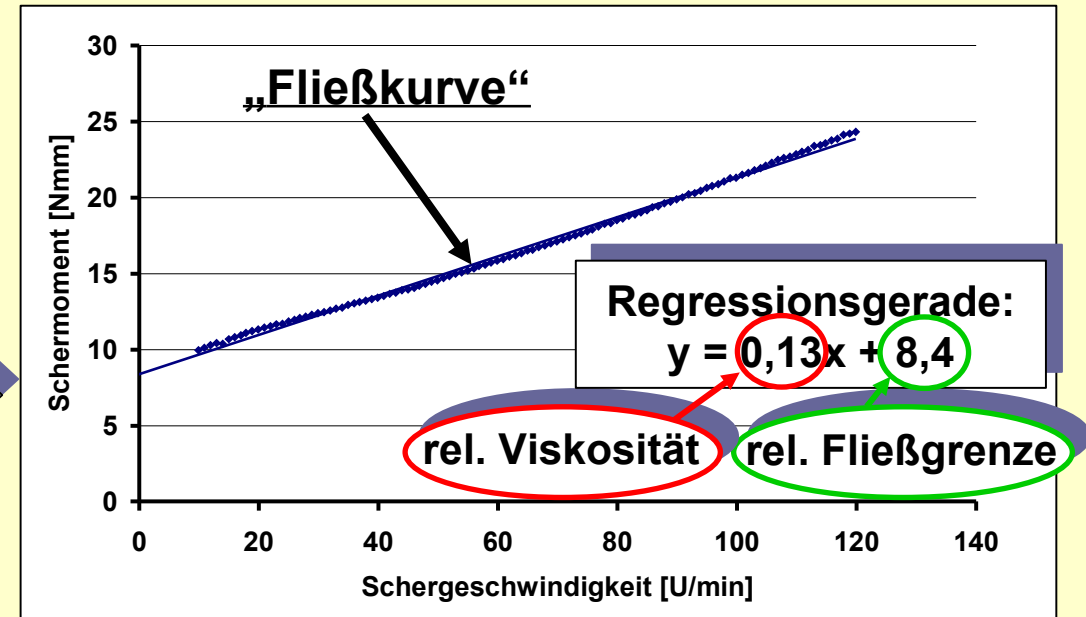
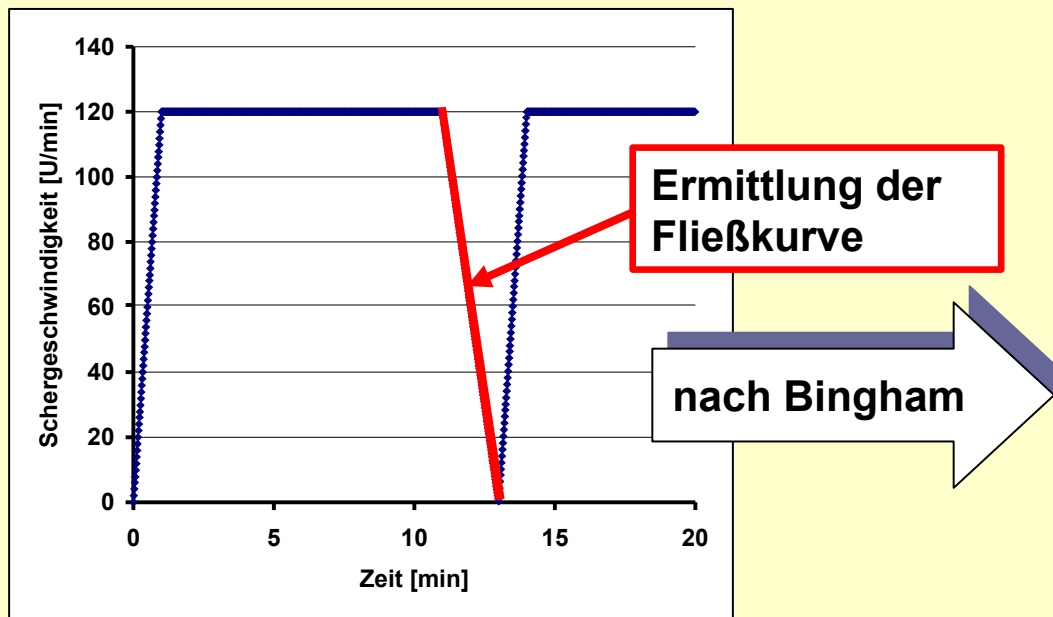
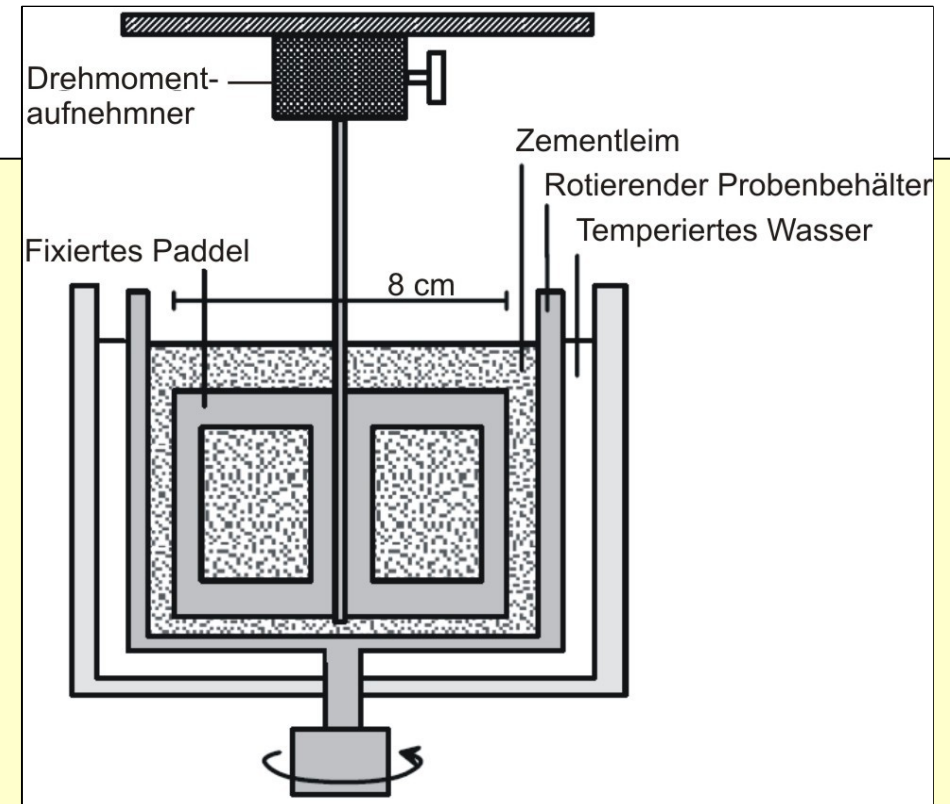
Untersuchungsparameter:

- Chem.-mineral. Zusammensetzung
- Korngrößenverteilung
- Wasseranspruch
- Erstarrungsverhalten
- Rheologische Kenngrößen
- Festigkeit
- Eigenschaften in LP-Beton

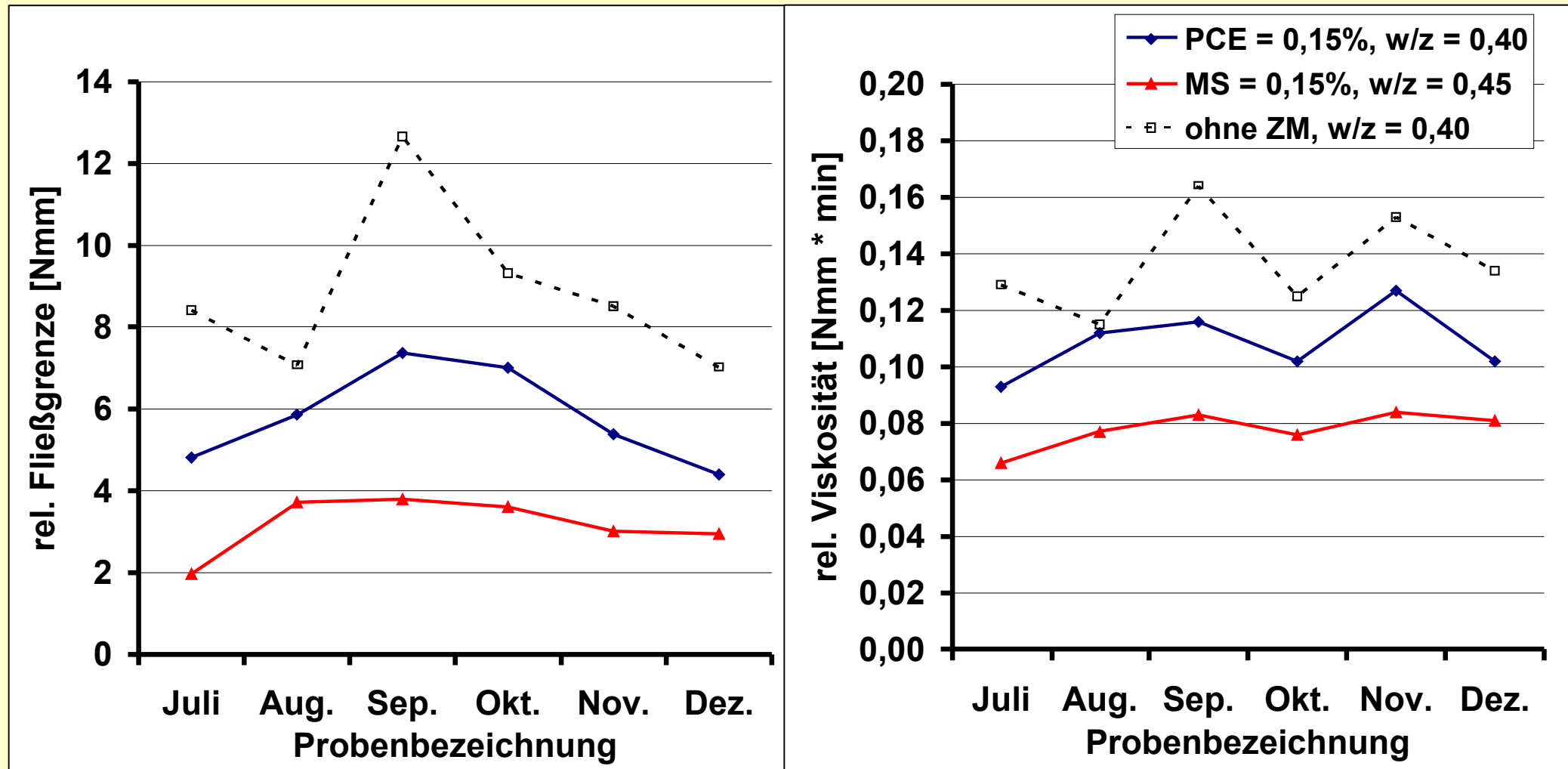


Rheologie

Rotationsviskosimeter (Viskomat NT)

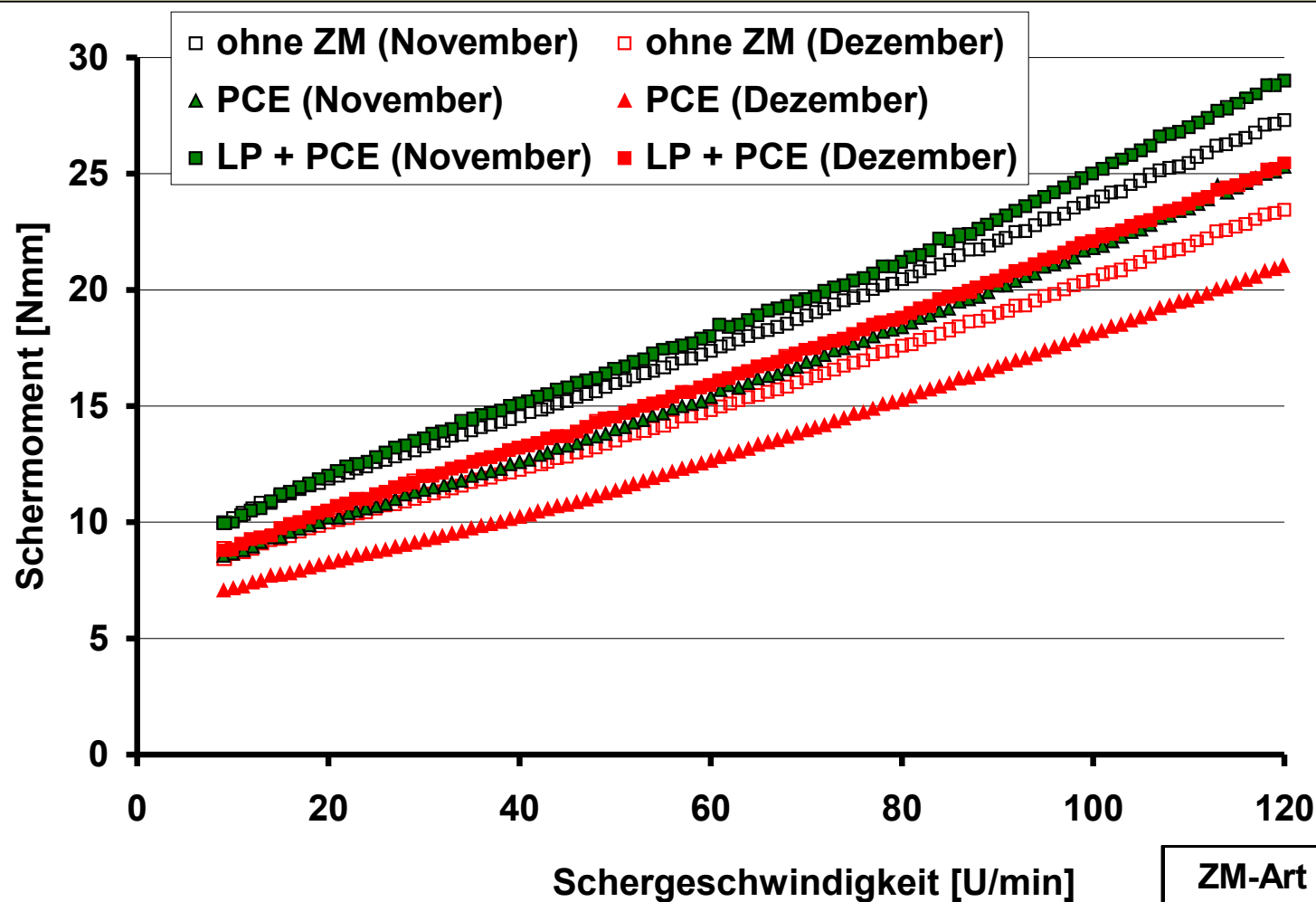


Rheologie von Zementleimen



- z. T. deutliche Unterschiede zwischen Zementchargen
- Veränderungen der rel. Fließgrenze bzw. rel. Viskosität durch Fließmittel bei allen Zementchargen nahezu gleich

Rheologie von Zementleimen



Zusammen- setzung:

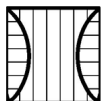
$w/z = 0,40$

falls eingesetzt:

PCE = 0,1 M.-%

LP = 0,6 M.-%

ZM-Art	τ_0 [Nmm]		η [Nmm * min]	
	Nov.	Dez.	Nov.	Dez.
ohne ZM	8,5	7,0	0,15	0,13
PCE	6,8	5,4	0,15	0,13
LP + PCE	8,4	7,3	0,17	0,15



Rheologie von Zementleimen

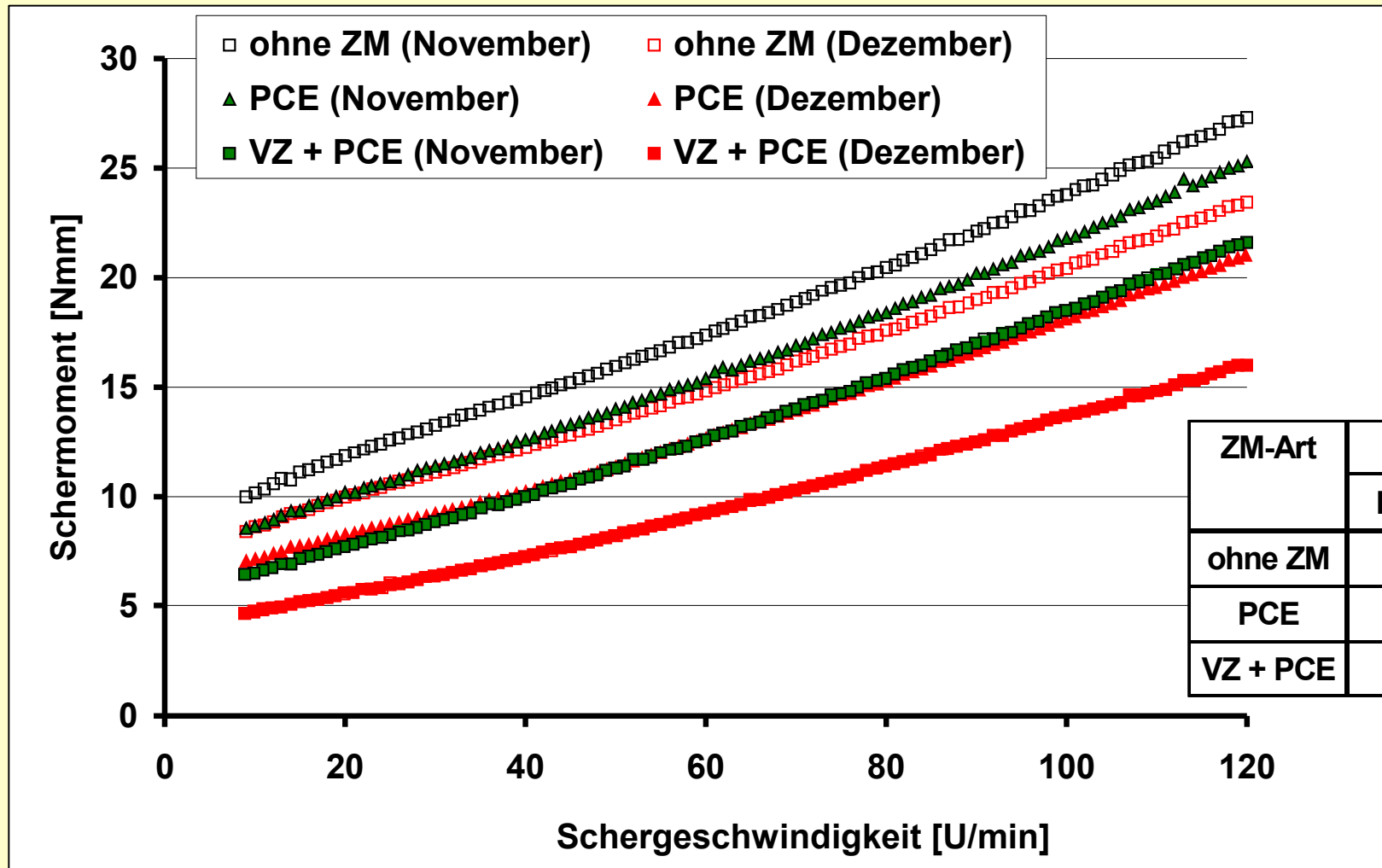
Zusammen- setzung:

$w/z = 0,40$

falls eingesetzt:

PCE = 0,1 M.-%

VZ = 0,6 M.-%

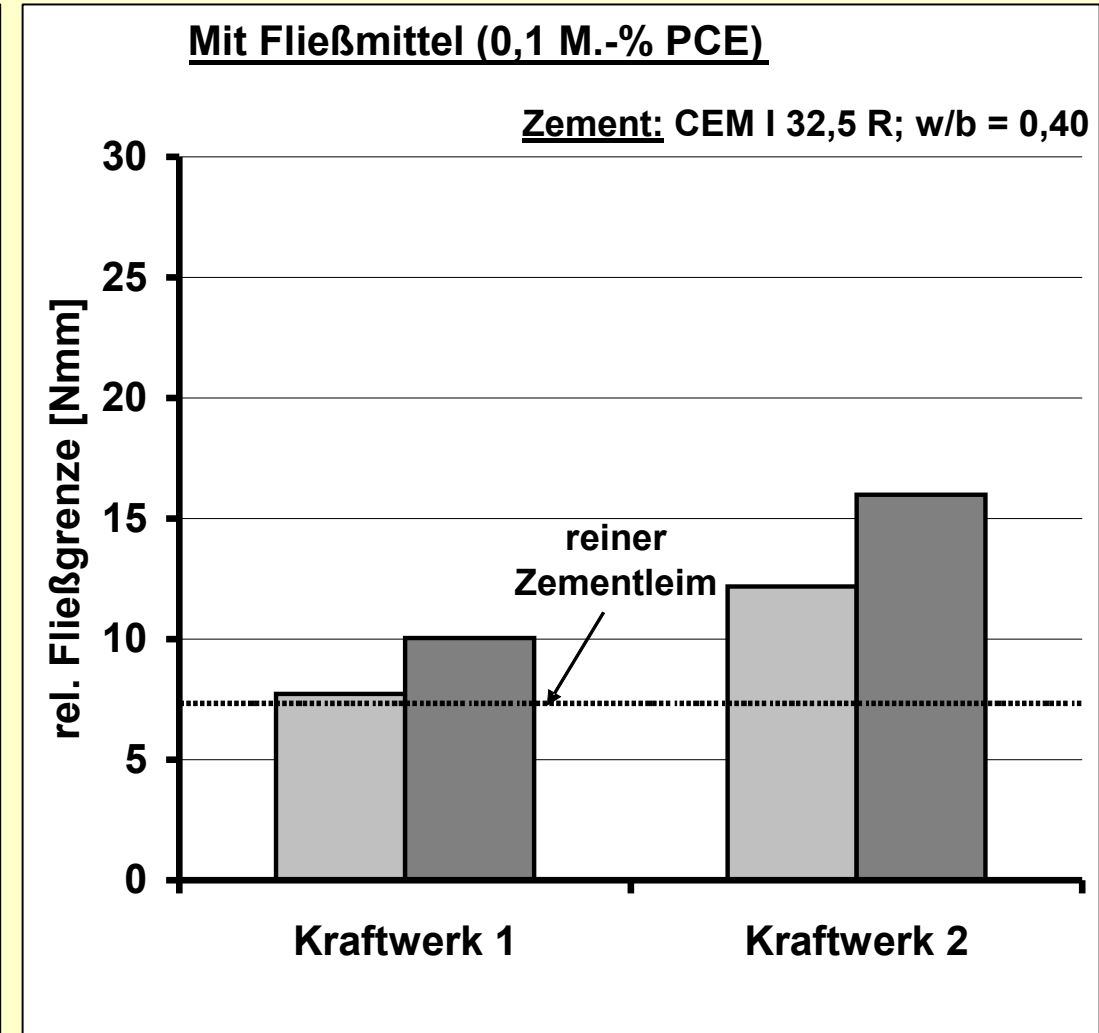
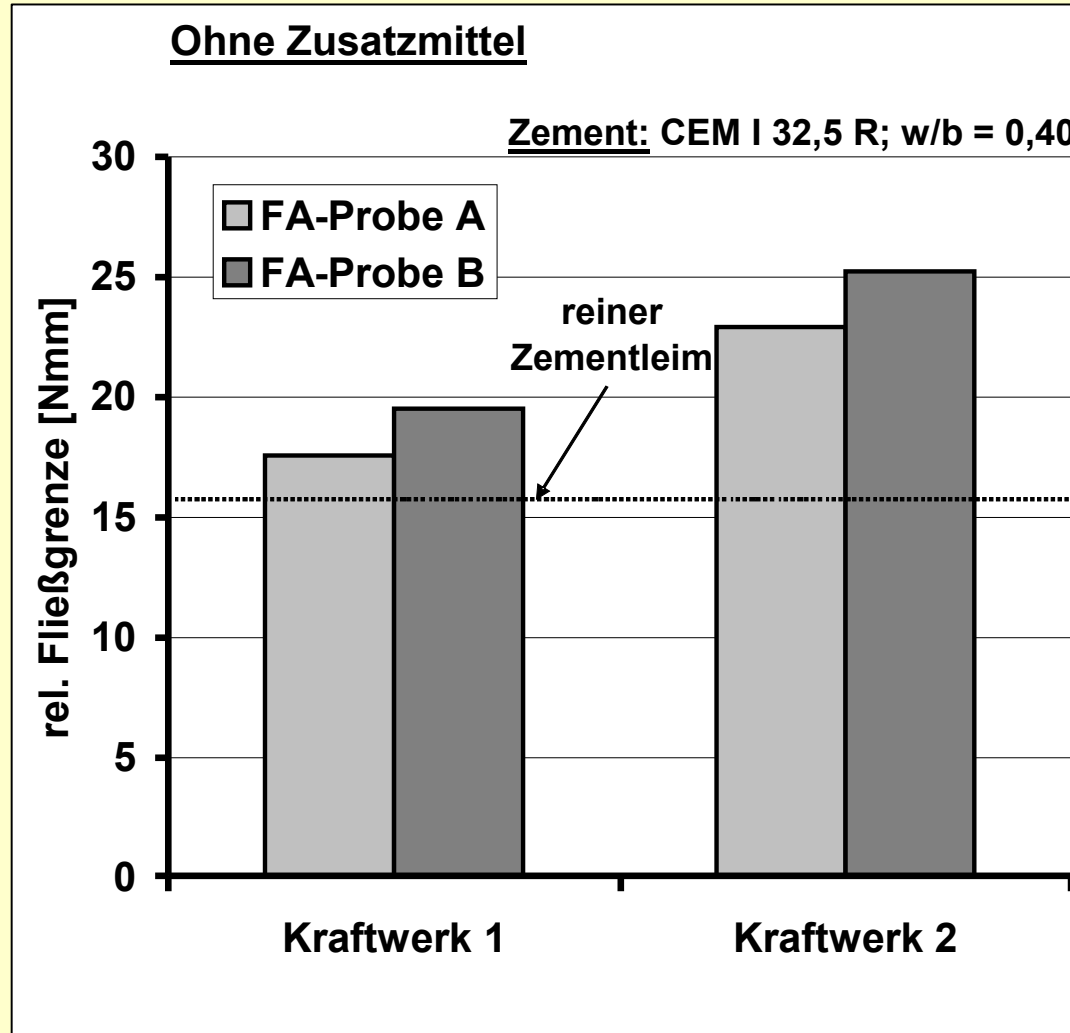


ZM-Art	τ_0 [Nmm]		η [Nmm * min]	
	Nov.	Dez.	Nov.	Dez.
ohne ZM	8,5	7,0	0,15	0,13
PCE	6,8	5,4	0,15	0,13
VZ + PCE	4,7	3,3	0,14	0,10

- Tendenziell gleiches Verhalten der beiden Zementchargen mit den untersuchten Zusatzmitteln, d. h. keine signifikant unterschiedlichen Wechselwirkungen erkennbar

Rheologie von Bindemittelleimen mit Flugasche

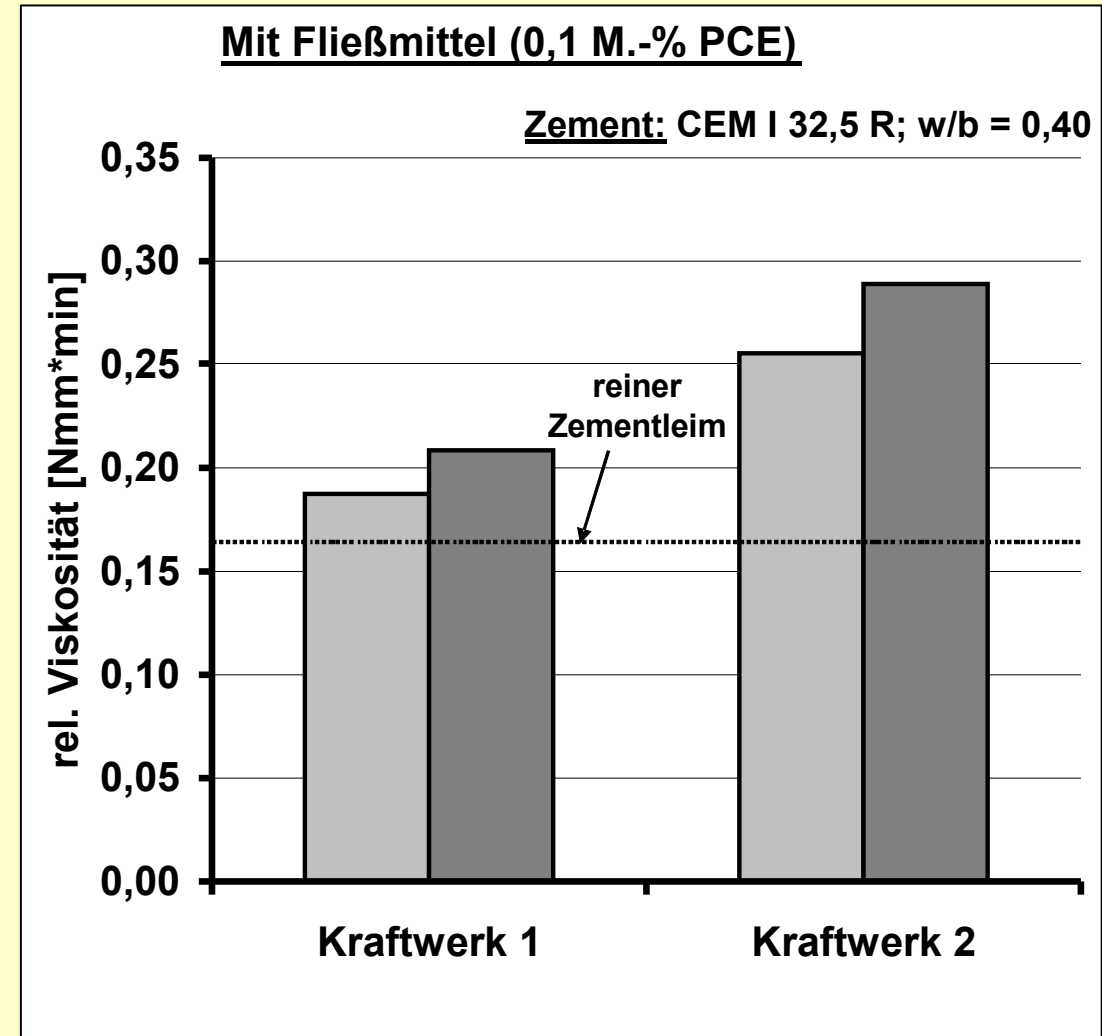
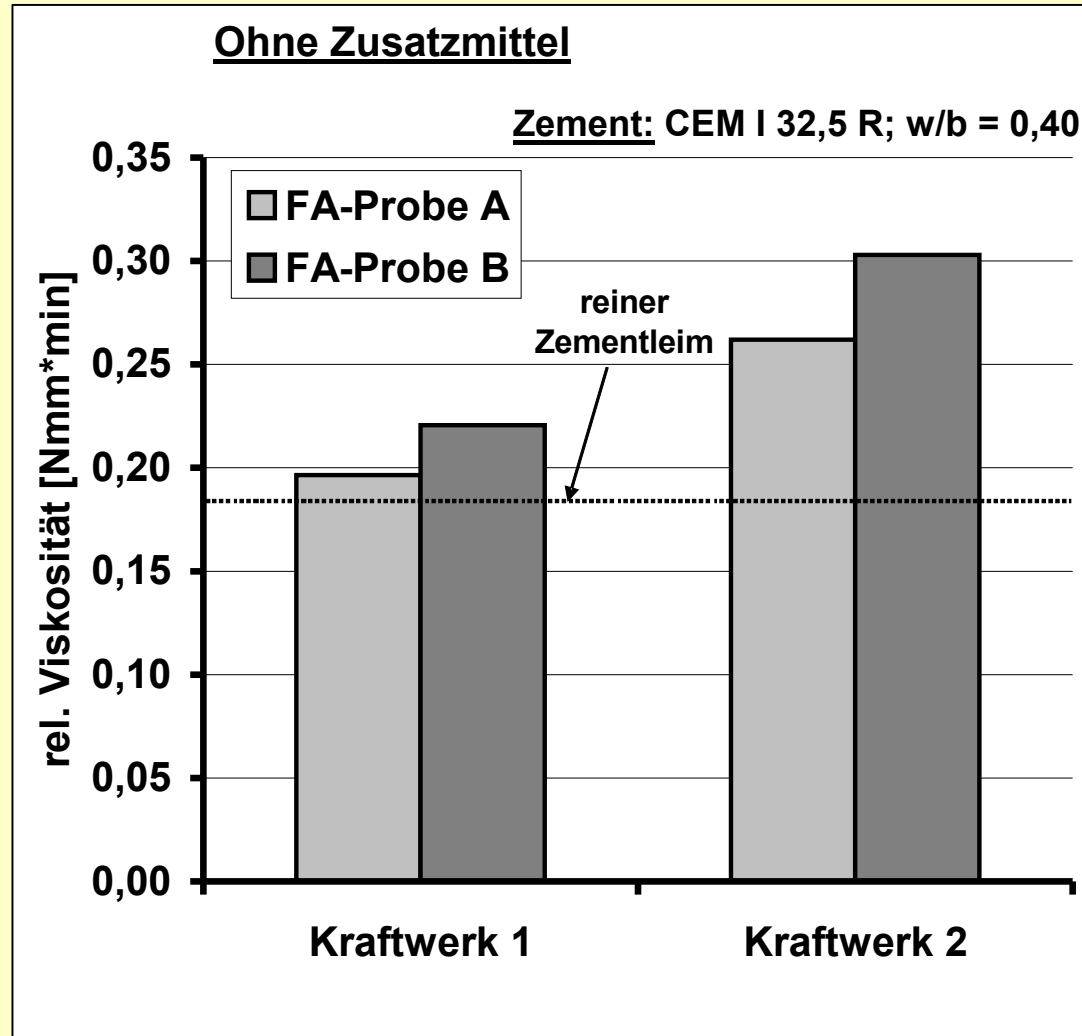
Relative Fließgrenzen für Bindemittelleime mit CEM I-Zement:



- Bei Zugabe von PCE-Fließmittel nahezu gleichmäßige Veränderungen der rheologischen Kenngrößen

Rheologie von Bindemittelleimen mit Flugasche

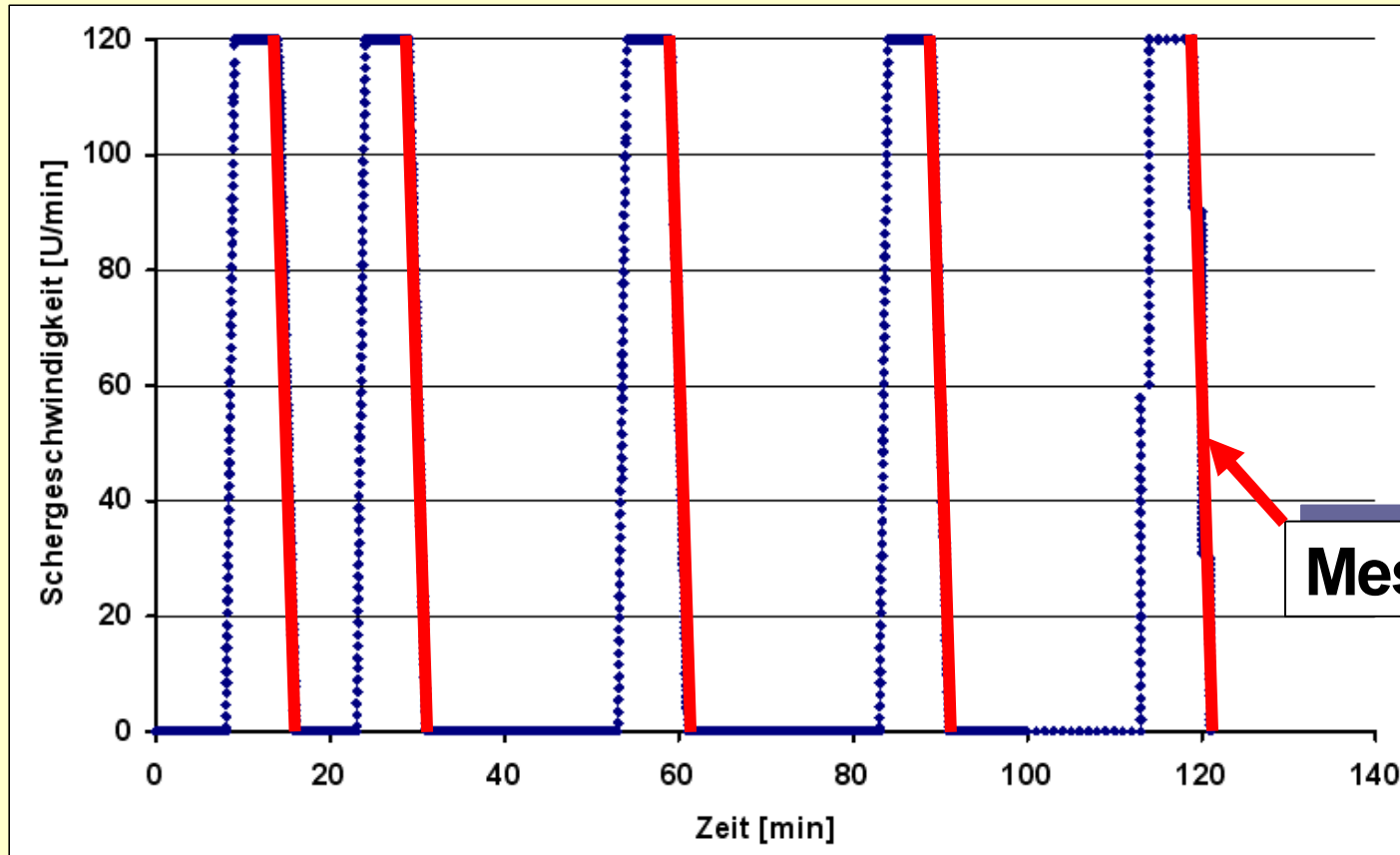
Relative Viskositäten für Bindemittelleime mit CEM I-Zement:



- Keine signifikanten Änderungen der Viskositätsunterschiede zwischen den FA-Proben durch den Einsatz von PCE-Fließmittel

Rheologie und Ansteifverhalten von Mörteln

Verwendetes Messprofil:



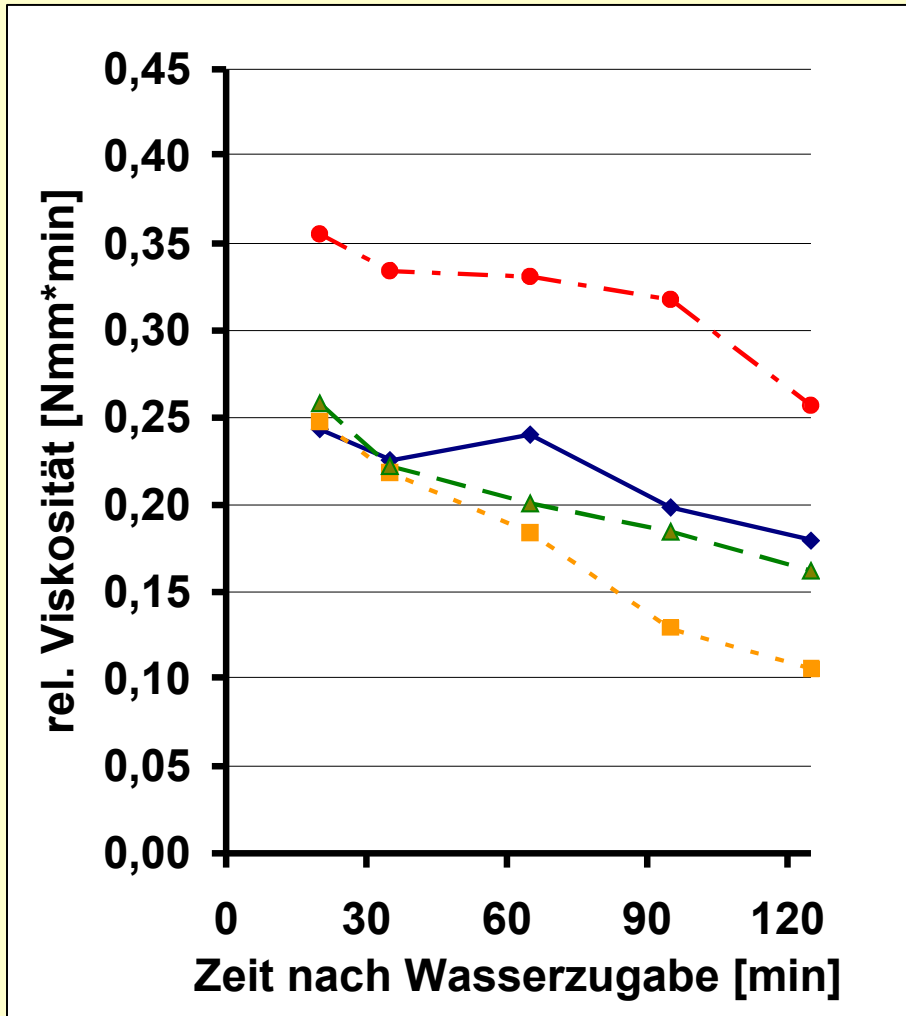
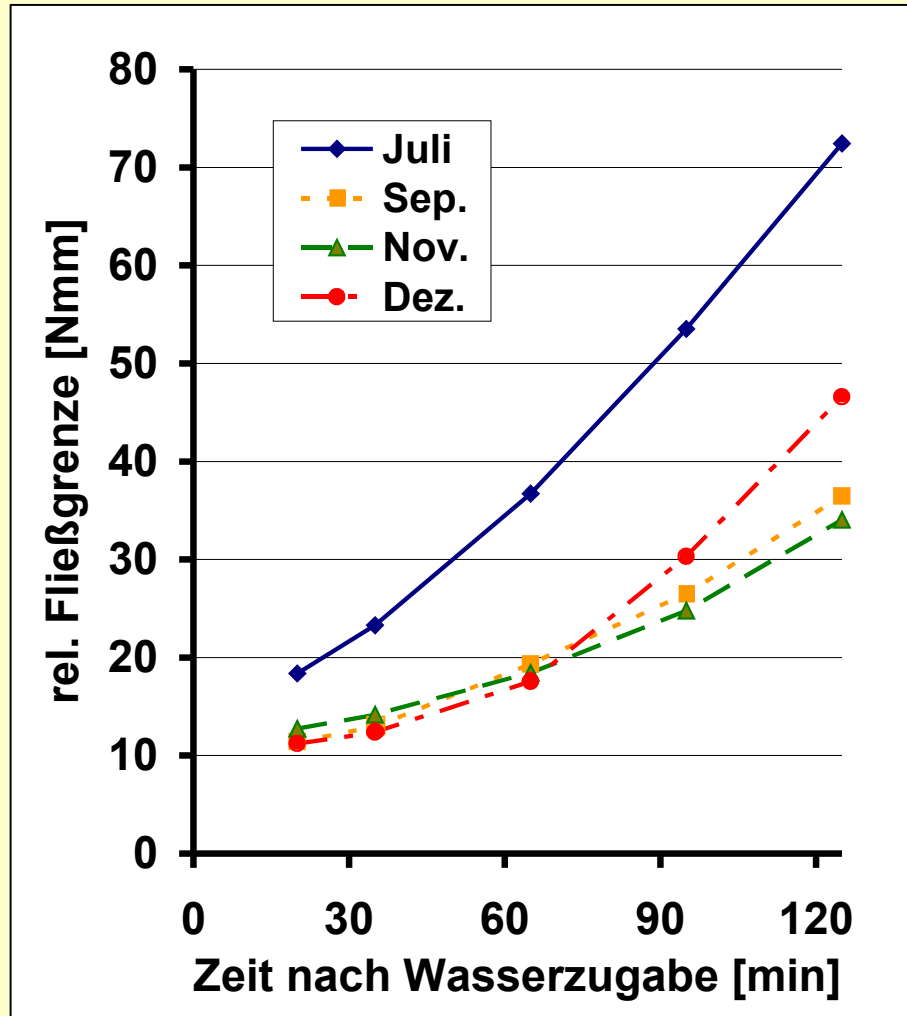
Zusammensetzung:

w/z	0,4
g/z	1,5
GK	1 mm
FM	1 % PCE

Messung der Fließkurve

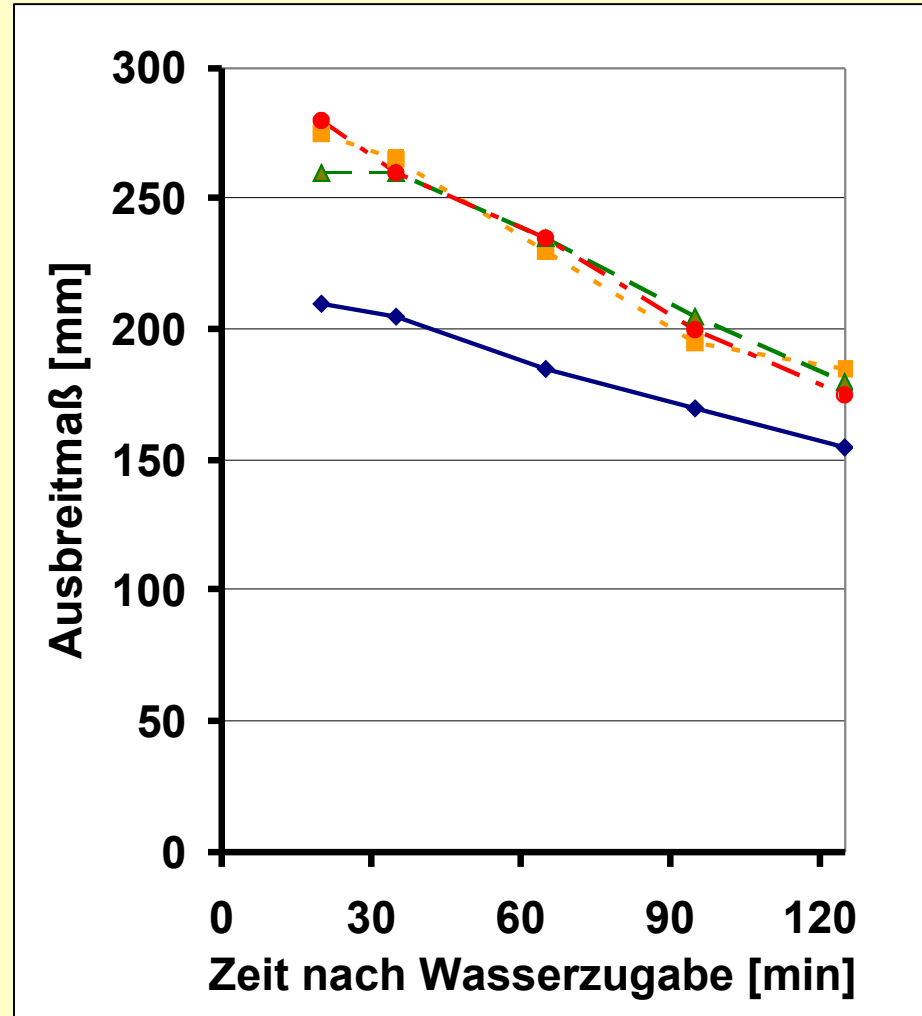
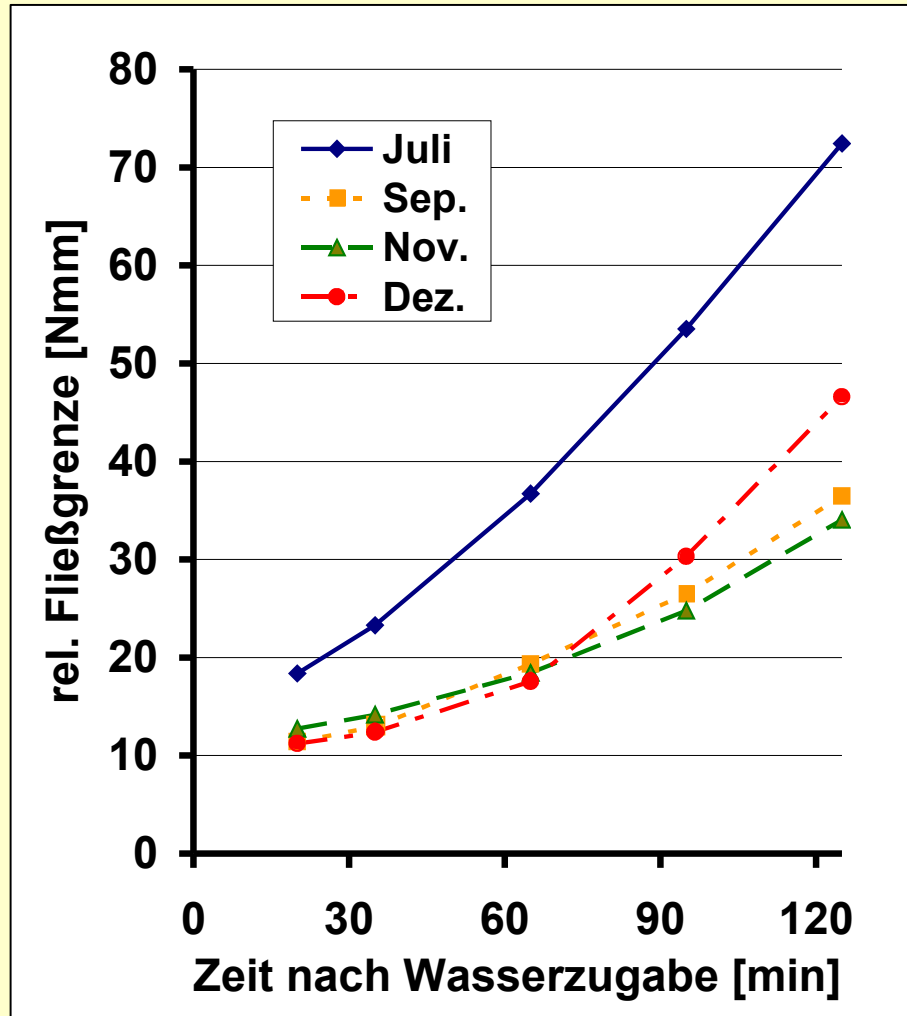
- Messung der Fließkurven zu Zeitpunkten der Geschwindigkeitsreduzierung (15, 30, 60, 90 und 120 Minuten)
- Parallel dazu Bestimmung des Ausbreitmaßes nach DIN EN 1015-3 an einer Teilprobe

Ansteifverhalten von reinen Zementmörteln



- I. Allg. eng beieinander liegende rel. Fließgrenzen/rel. Viskositäten
- Abweichendes Ansteifverhalten nur bei einzelnen Zementchargen

Ansteifverhalten von reinen Zementmörteln

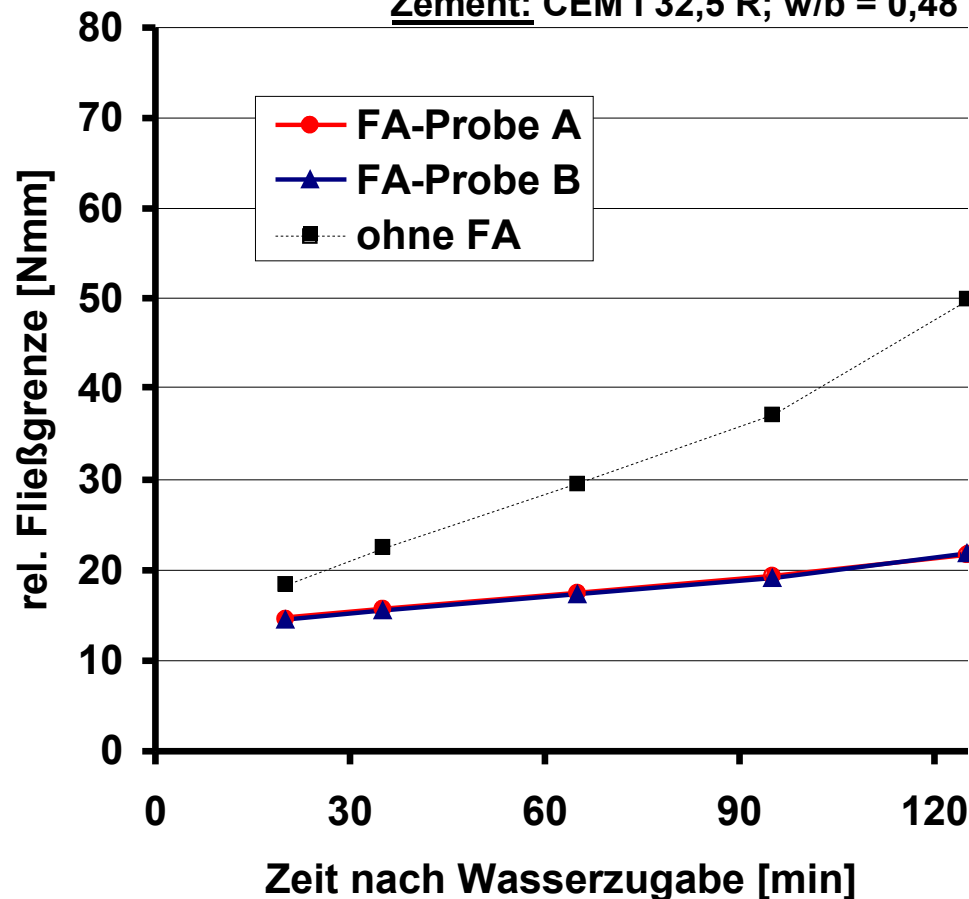


- Tendenziell sehr gute Korrelation zwischen rel. Fließgrenze und Ausbreitmaß

Ansteifverhalten von Mörteln mit Flugasche

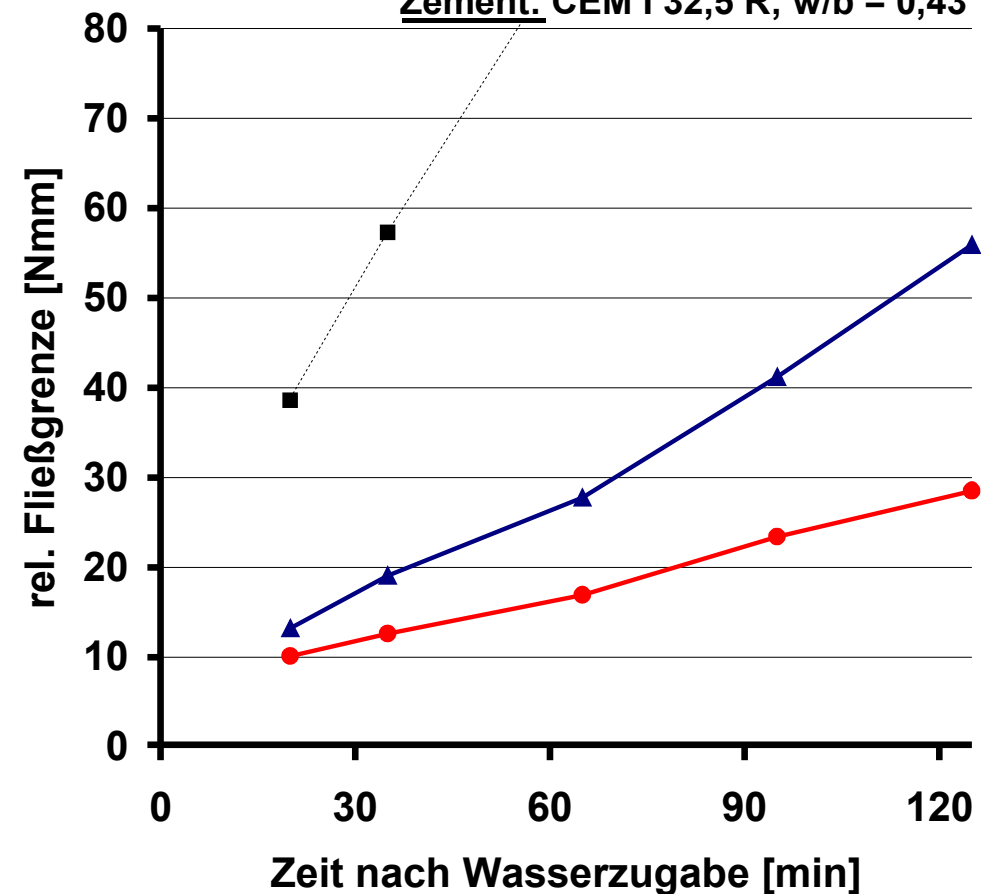
Ohne Zusatzmittel

Zement: CEM I 32,5 R; w/b = 0,48



Mit Fließmittel (0,5 M.-% PCE)

Zement: CEM I 32,5 R; w/b = 0,43

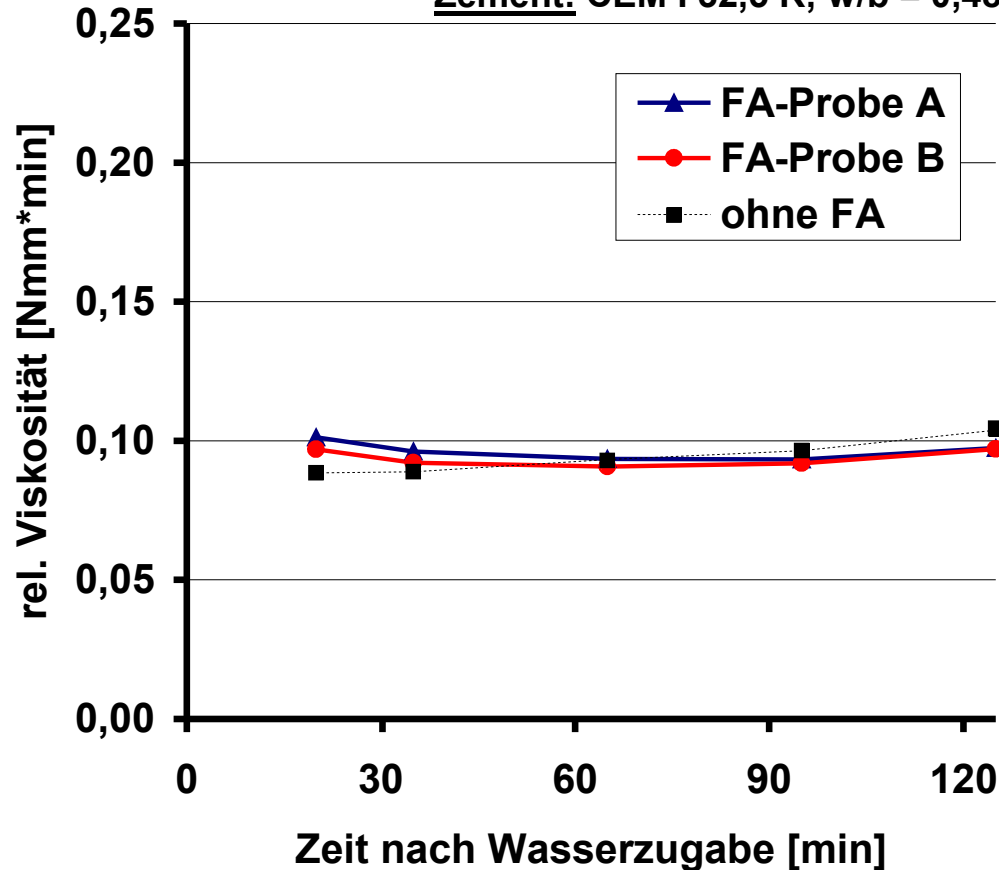


- Unterschiedlicher Einfluss des PCE-Fließmittels auf die zeitliche Veränderung der relativen Fließgrenze von Mörteln mit FA-Proben aus dem gleichen Kraftwerk

Rheologische Untersuchungen an Mörteln

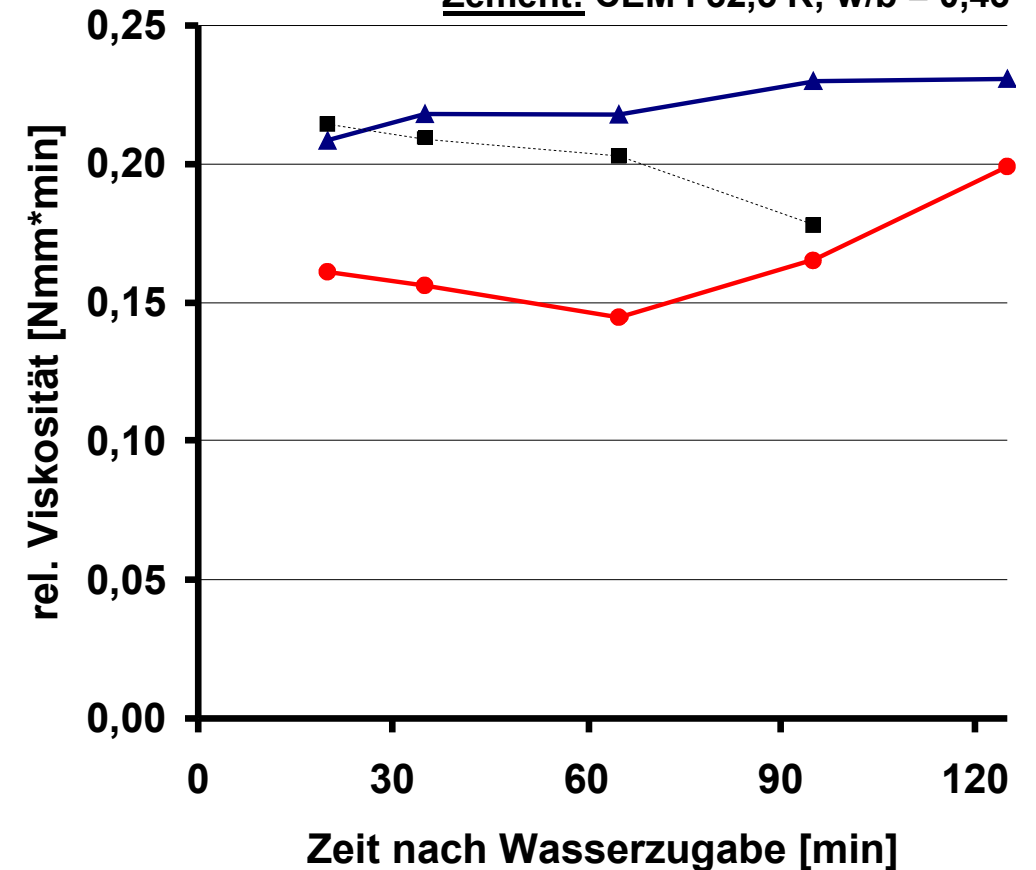
Ohne Zusatzmittel

Zement: CEM I 32,5 R; w/b = 0,48



Mit Fließmittel (0,5 M.-% PCE)

Zement: CEM I 32,5 R; w/b = 0,43

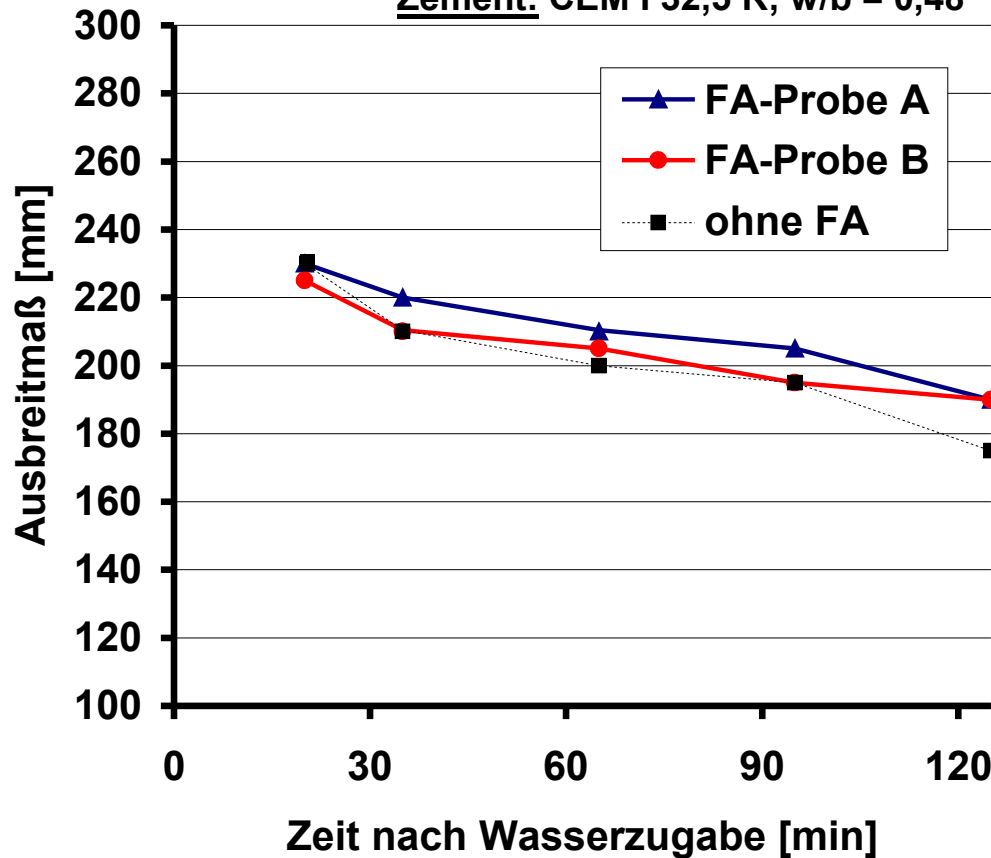


- In Kombination mit PCE-Fließmittel größere Abweichungen zwischen FA-Proben in der relativen Viskosität

Rheologische Untersuchungen an Mörteln

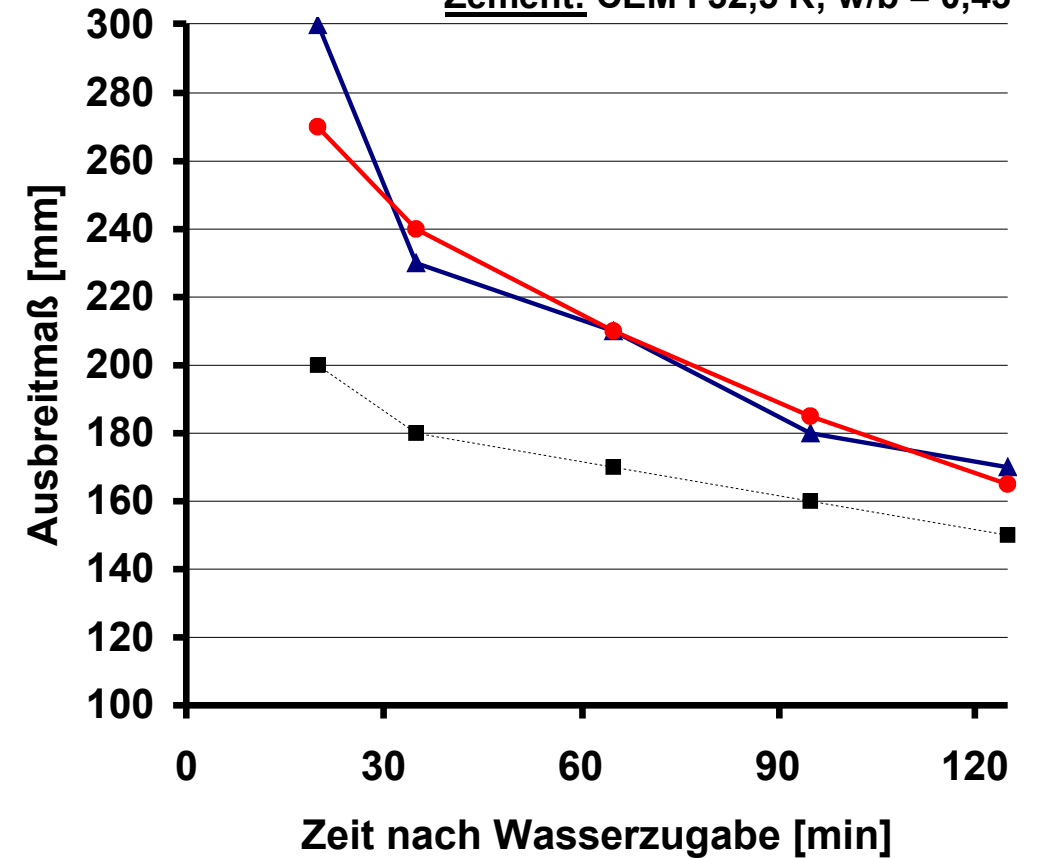
Ohne Zusatzmittel

Zement: CEM I 32,5 R; w/b = 0,48



Mit Fließmittel (0,5 M.-% PCE)

Zement: CEM I 32,5 R; w/b = 0,43



- Ausbreitmaße spiegeln Unterschiede aus den Rheometerversuchen nur im geringen Ausmaß wider

Zusammenfassung

- Einsatz des Viskomat NT zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit von Bindemitteln wie Zement oder Flugasche, auch deren Wechselwirkungen mit Betonzusatzmittel
- Ergebnisse an Zement- und Flugascheproben aus der laufenden Produktion:
 - z. T. deutliche Unterschiede zwischen Zementen bzw. Flugaschen eines Werkes in rheologischen Kenngrößen (ohne Zusatzmittel)
 - Zemente in Kombination mit PCE-Fließmittel
keine signifikant unterschiedlichen Wechselwirkungen anhand rheologischer Kenngrößen und Ausbreitmaß feststellbar
 - Flugaschen in Kombination mit PCE-Fließmittel
Unterschiedliche Wechselwirkungen zwar ansatzweise in rheologischen Kenngrößen vorhanden, allerdings nicht im Ausbreitmaß erkennbar