

Charakterisierung des Fließverhaltens von Frischbeton – Entwicklung eines adaptiven Rheometers (ACCR) und Einfluss von Maßnahmen zur Sedimentationsprävention

Sebastian Pawelczyk, Steffen Jesinghausen, Hans-Joachim Schmid



sebastian.pawelczyk@upb.de

1. Hintergrund und Motivation

Hintergrund:

- Frischbeton mit konventionellen Rheometern nicht messbar
→ Einschränkungen durch Partikelgröße
- „Betonrheometer“ oder „Baustellenmethoden“ als Alternative?
 - liefern wertvolle *relative* Parameter (Vergleich Betone)
 - liefern *keine rheologischen* Parameter

Motivation:

- Auftretende Herausforderungen, z.B.
 - Entwicklung hochfester Betone
 - Simulationen
- Dafür notwendig
 - Charakterisierung des Fließverhaltens
 - Übertragbare Materialfunktion



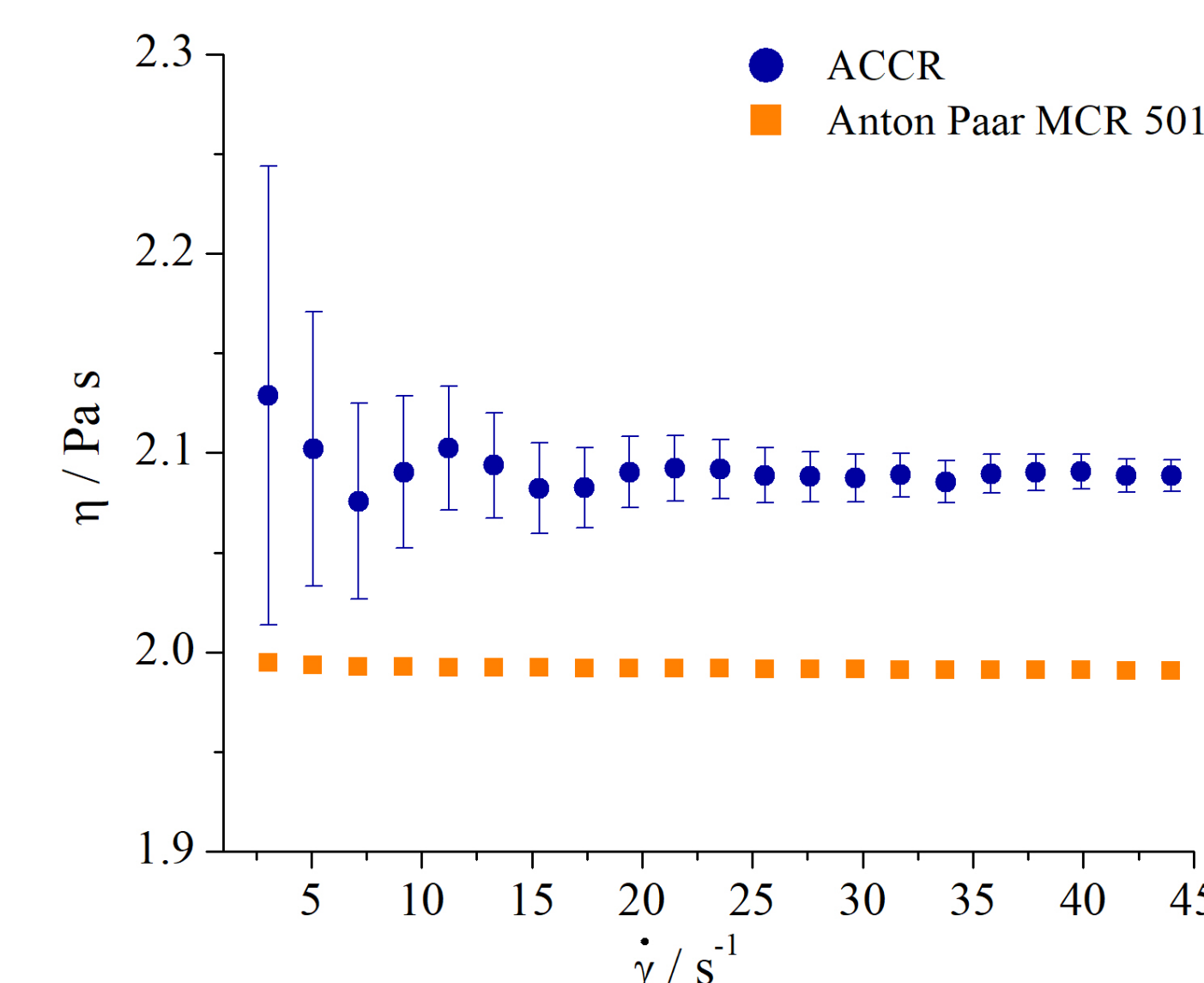
Ausbreitversuch zur Prüfung der Konsistenz
[https://www.gpl-ag.ch/pruefungen/links-pruefungen/fbk.html]

➔ **Messgerät zur Ermittlung rheologischer Kennwerte grobkörniger Suspensionen erforderlich!**

3. Kalibriermessungen mit Vergleich zu kommerziellem Rheometer

Newtonisches Fluid:

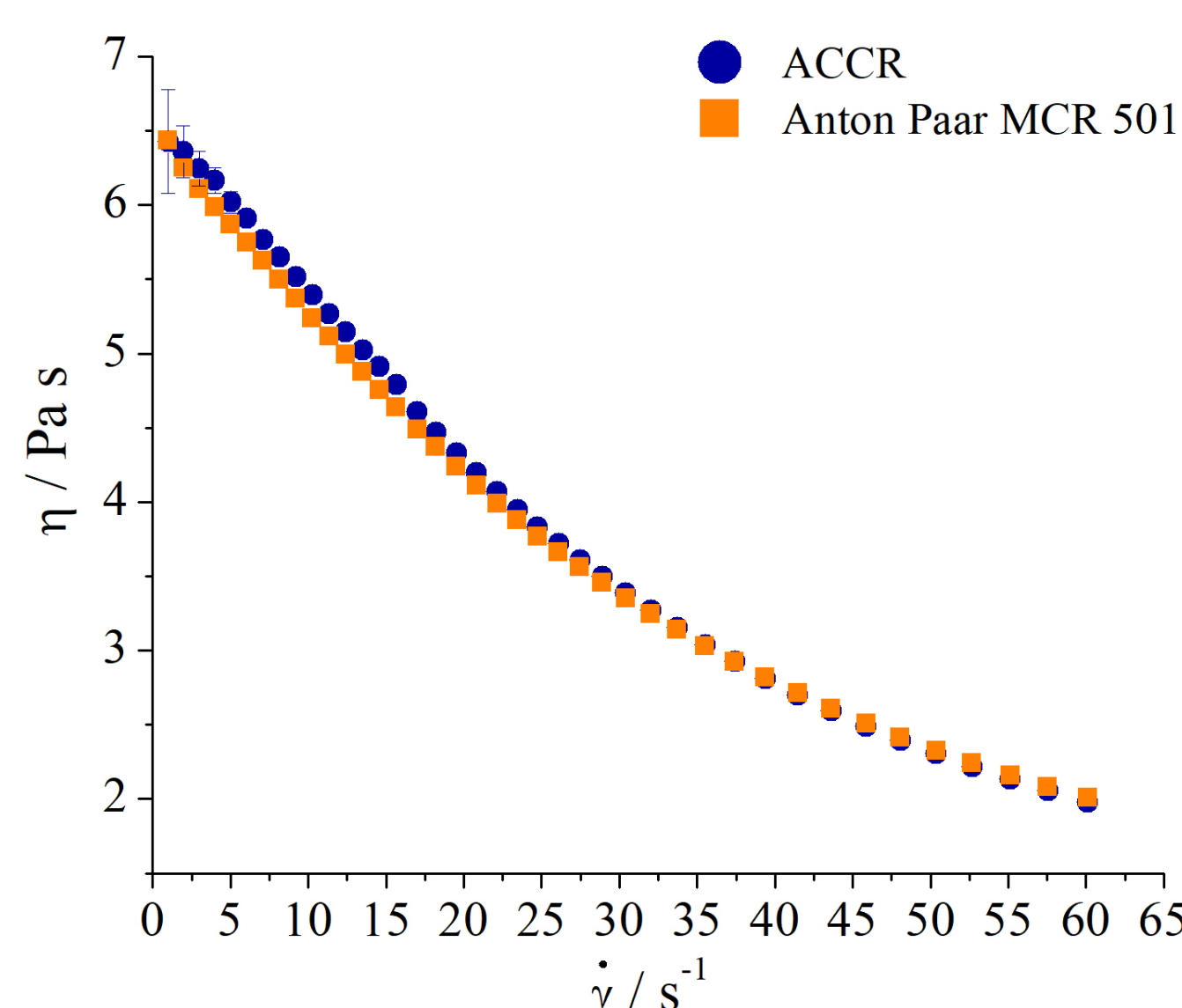
- Wässrige Zuckerlösung ($\omega = 0,74$)
- $T = 20,65 \pm 0,15^\circ\text{C}$



- $\eta_{m,MCR} = 1,992 \pm 0,0016 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- $\eta_{m,ACCR} = 2,088 \pm 0,0087 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- Geringe mittlere Abweichung 4,8 %

Strukturviskoses Fluid:

- Duschgel
- $T = 19,7 \pm 0,1^\circ\text{C}$



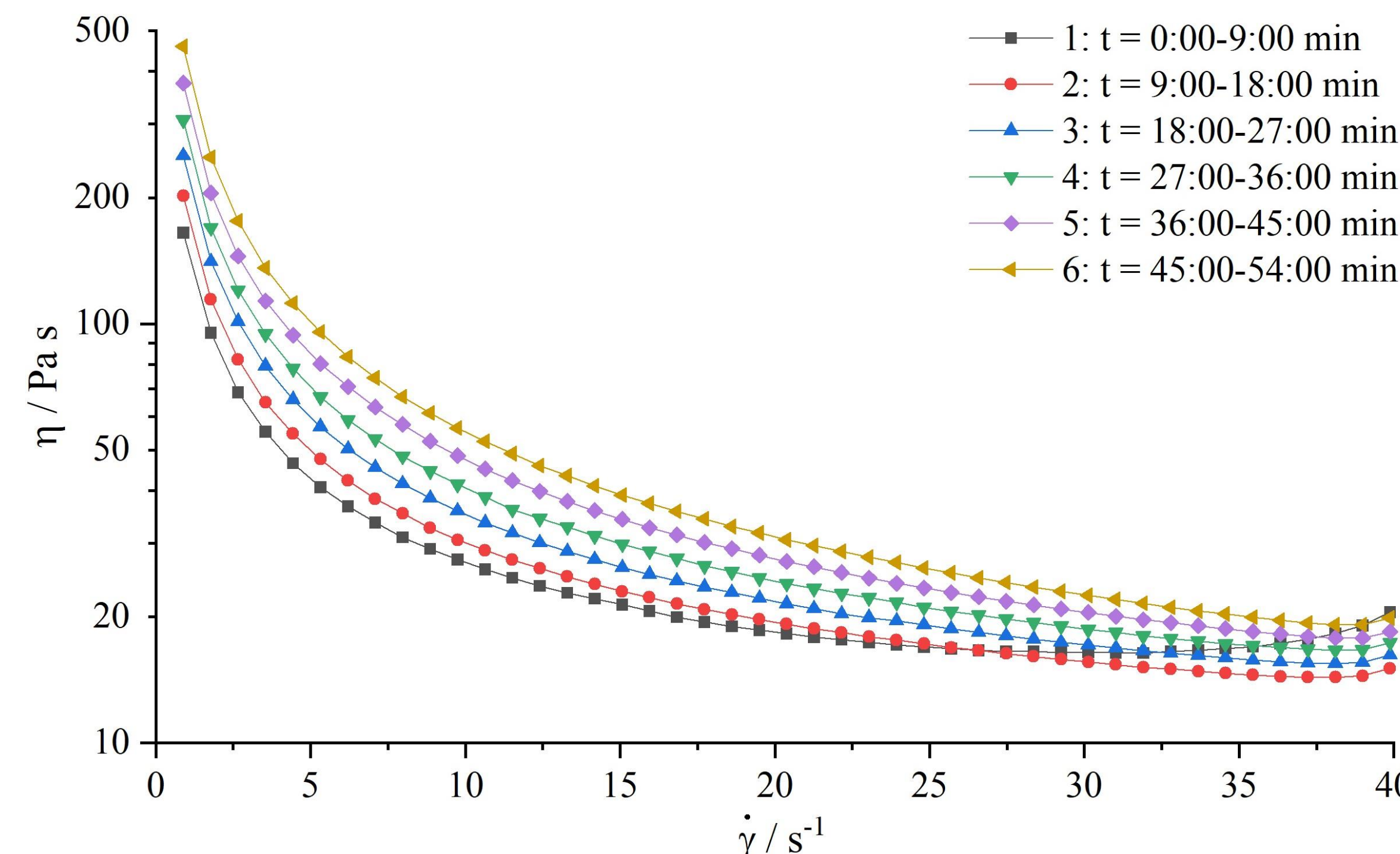
- Werte stimmen sehr gut überein
- Sehr kleine mittlere Abweichung von lediglich 1,74 %

4. Erste Betonmessungen mit selbstverdichtendem Beton (SVB)

SVB: sechsfache Menge (Vol.-%) an Fließmittel, als im „Normalbeton“
→ deutlich geringere Fließgrenze, teilweise auch erhöhte Viskosität

Messverfahren

- CSR-Messung (Controlled Shear Rate), $\dot{\gamma} = 40 - 1 \text{ s}^{-1}$
- Beton verbleibt nach Messung im Rheometer und Scherratenrampe wird erneut gestartet → fünf Wiederholungen
- Vorscherung für 30 s bei $\dot{\gamma} = 5 \text{ s}^{-1}$ vor jeder Einzelmessung



- SVB zeigt stark strukturviskoses Verhalten, vermutlich mit Fließgrenze (starker Anstieg Viskosität für $\dot{\gamma} \rightarrow 0$)
- zunehmende Zeitverfestigung (chemische Reaktion) durch steigende Viskosität mit steigender Messung erkennbar
- Ausreißer Messung 1 bedingt durch erste Befüllung des Rheometers
→ fortschreitende Strukturzerstörung und Partikelausrichtung

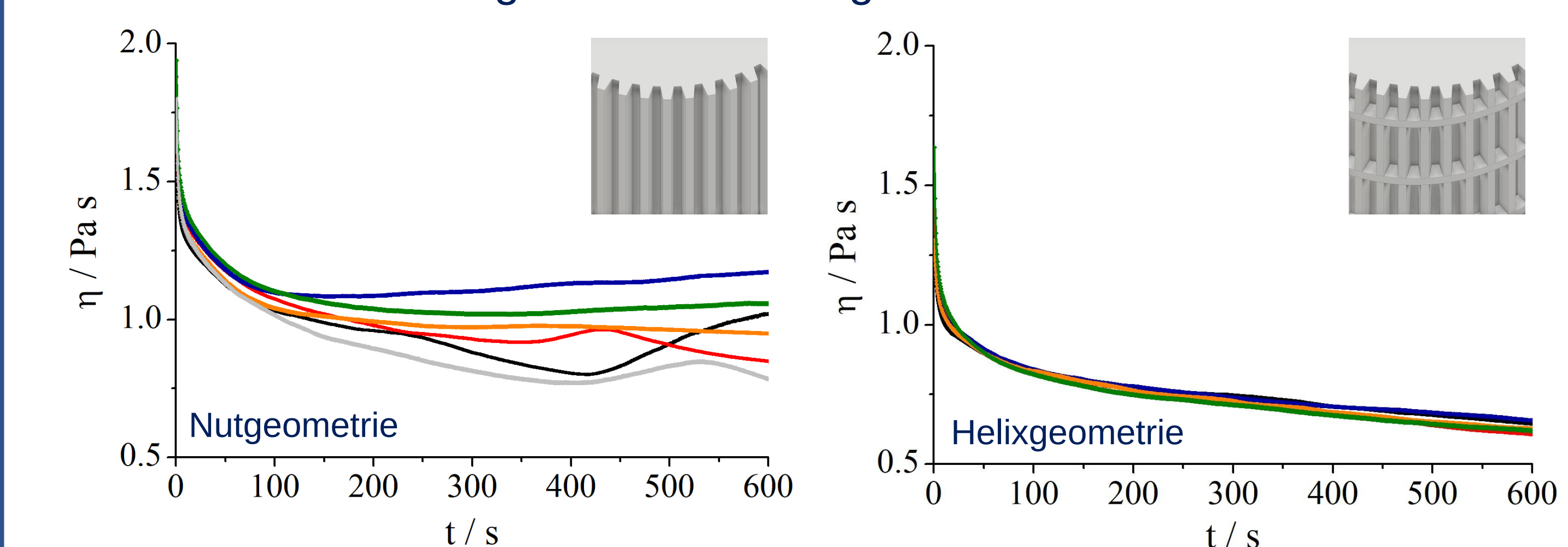
5. Maßnahmen gegen Sedimentation

Grundgedanke:

- sedimentierte Partikel sollen durch eine implementierte Helixstruktur resuspendiert werden

Dazu erste Probemessungen bei $\dot{\gamma} = 50 \text{ s}^{-1}$:

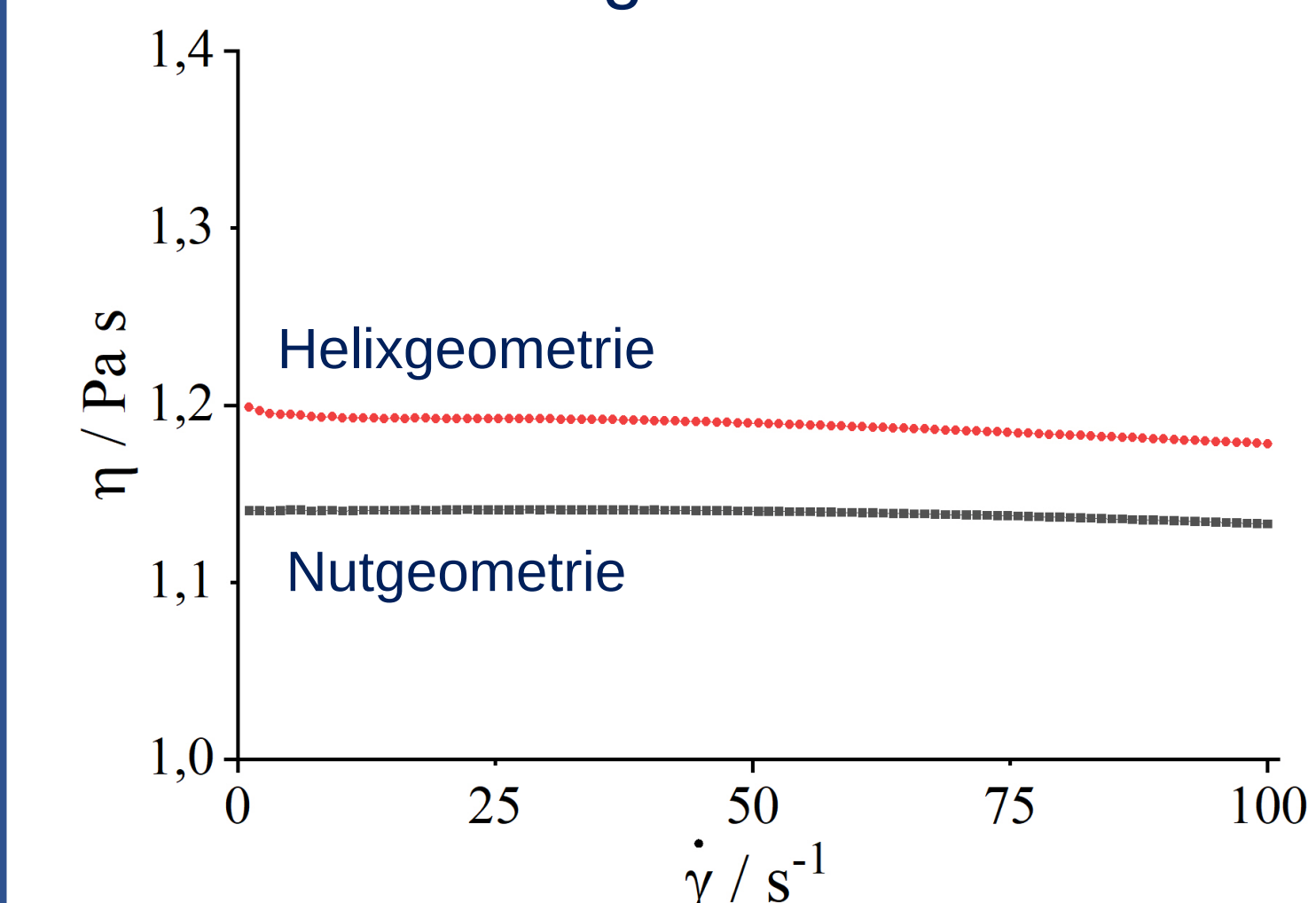
- Vermessung von Zementleim im kommerziellen Rheometer mit 3D-gedruckten Messgeometrien



→ deutlich bessere Reproduzierbarkeit durch Helixgeometrie, da keine schwankenden Messwerte, sondern nahezu stabiles Verhalten

Aber: Erhöhung Drehmoment durch Helix kann Messwerte verfälschen

→ Untersuchung des Einflusses mit Glycerin statt Zementleim



- Glycerin newtonsches Fluid
- neun Messungen pro Geometrie
- $\eta_{m,Nut} = 1,14 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- $\eta_{m,Helix} = 1,19 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- Werte mit Helix leicht höher
→ Abweichung von 4,4 %

Zementleimmessungen:

- Reproduzierbarkeit deutlich verbessert
- Gewünschte Resuspendierung scheint einzutreten

Glycerinmessungen:

- Annehmbare Drehmomenterhöhung

➔ **Einsatz von Helixgeometrie bei Suspensionen sinnvoll**

6. Zusammenfassung und Ausblick

- Kalibrierung bestätigt, dass ACCR zur Bestimmung rheologischer Werte geeignet ist
- Helixgeometrie erzielt gewünschten Effekt
→ Verifizierung der Betonfließkurve durch weitere Messungen
→ Untersuchung der Fließgrenze verschiedener Betone
→ Einbau und Untersuchung von Helixprofilen im ACCR
→ Implementierung von rheo-optischen Untersuchungsmethoden zur Bestimmung des Fließfeldes über Ultrasound Image Velocimetry (UIV)