



FAKULTÄT FÜR
MASCHINENBAU

Zur Beschichtung querschnittsflächenvariierender Körper mit nichtnewtonschen Medien

Forschungsseminar des MDZWP am 4. April 2013

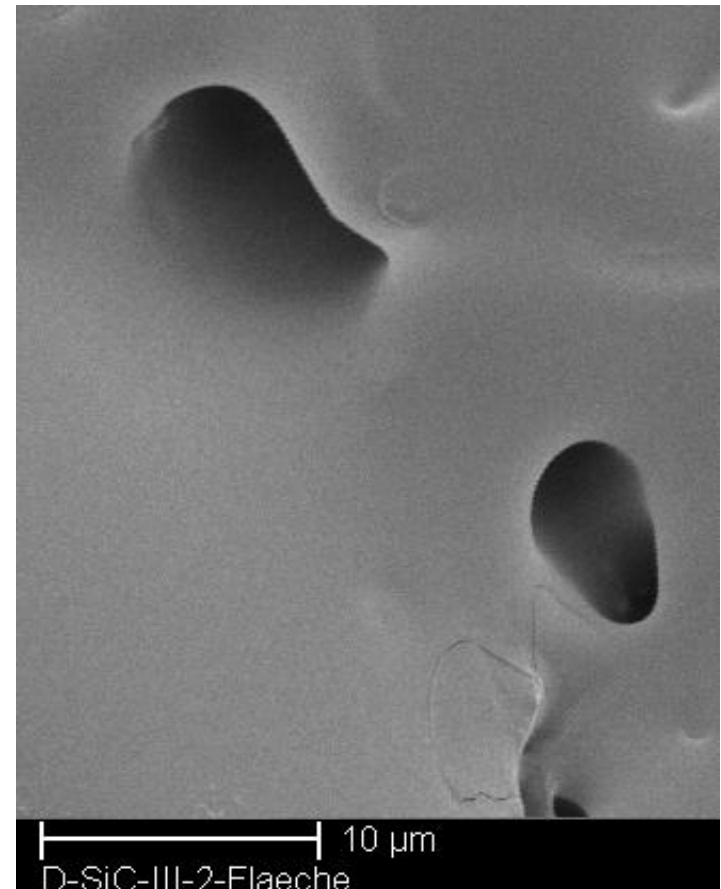
C. Friederichs, S. Rannabauer, M. Scheffler

Gliederung

- Einleitung
- Stand der Technik
- Versuchsdurchführung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

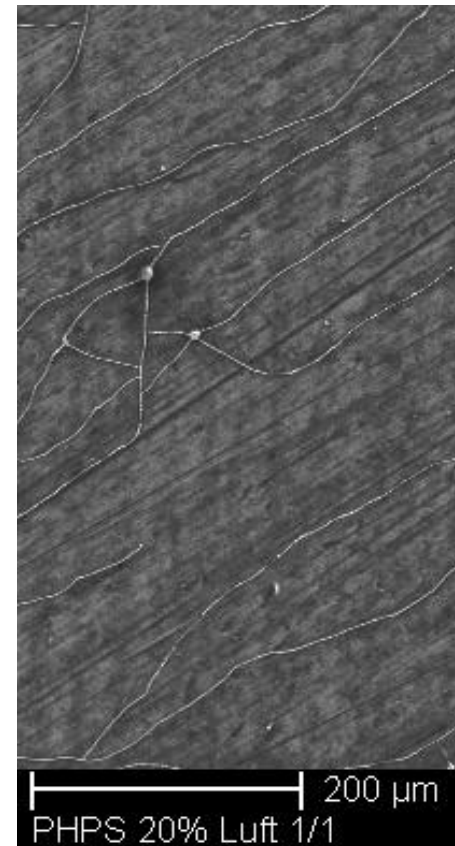
Einleitung

- Beschichtung ist eine Teildisziplin der Oberflächenbehandlung
- Generierung von Schutz- und Funktionsschichten
- Tauchbeschichtung ist ein günstiges Verfahren



Einleitung

- Formulierungen auf Basis präkeramischer Polymere
- Umwandlung in keramische Beschichtungen unter Schrumpfung
plastisch => elastisch => spröde
- Kritische Schichtdicke



Stand der Technik

$$h = 0,94 \cdot \frac{(\eta v)^{\frac{2}{3}}}{(\rho g)^{\frac{1}{2}} \gamma_{LV}^{\frac{1}{6}}}$$

- h - Schichtdicke
- η - Viskosität der Flüssigkeit
- v - Ziehgeschwindigkeit
- ρ - Dichte der Flüssigkeit
- g - Gravitationskonstante
- γ_{LV} - Oberflächenspannung der Flüssigkeit

Schichtdicke hängt entscheidend von der **Viskosität**
und der **Ziehgeschwindigkeit** ab

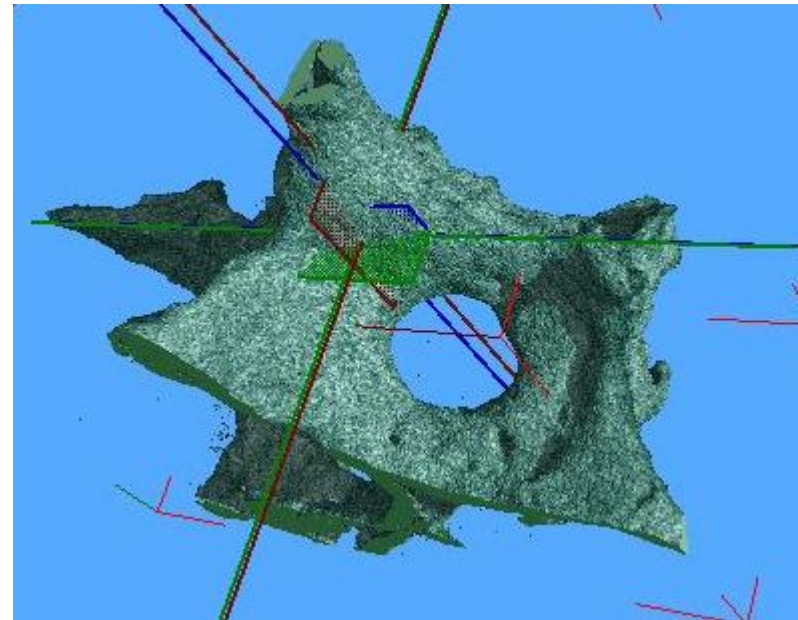
Stand der Technik

$$h = 0,94 \cdot \frac{(\eta v)^{\frac{2}{3}}}{(\rho g)^{\frac{1}{2}} \gamma_{LV}^{\frac{1}{6}}}$$

Einschränkungen:

- Viskosität konstant (newtonsch $\eta \neq f(\dot{\gamma})$)
- Plane, senkrechte Fläche mit „unendlicher Ausdehnung“

=> Reale Systeme ?

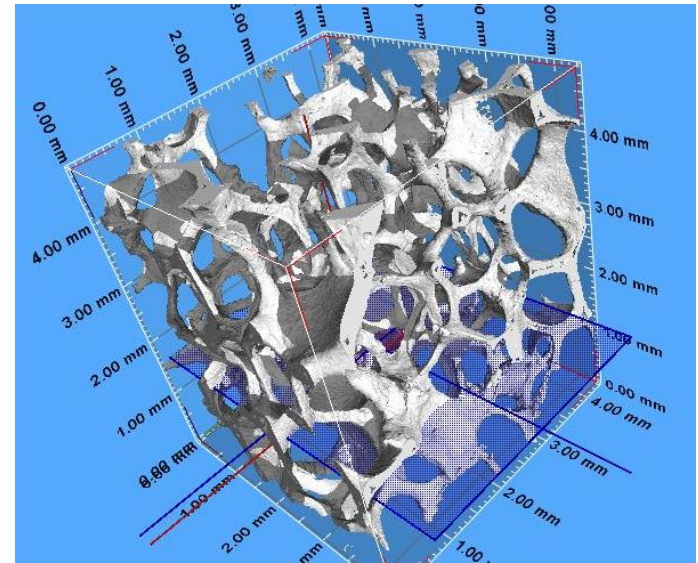


Versuchsdurchführung

- Ziel: Untersuchung der Schichtdicken als Funktion des Ortes bei veränderlicher Substratkörperfläche und Ziehgeschwindigkeit
- Beschichtung ohne Keramisierung
- Keine aufwändige Präparation (Schliffbilder)
- Bestimmung der Schichtdicke im μm -Bereich

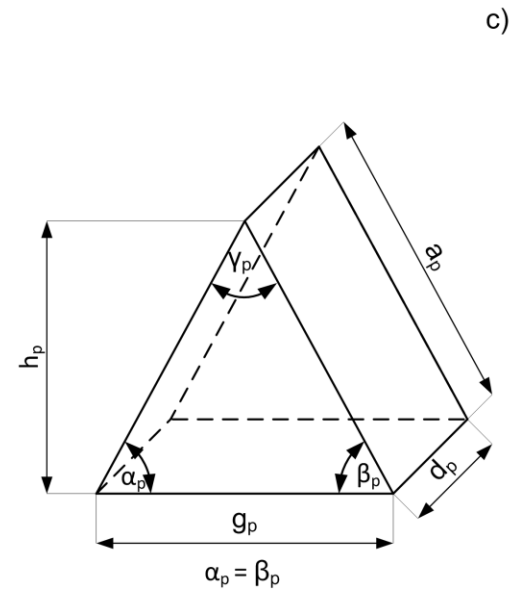
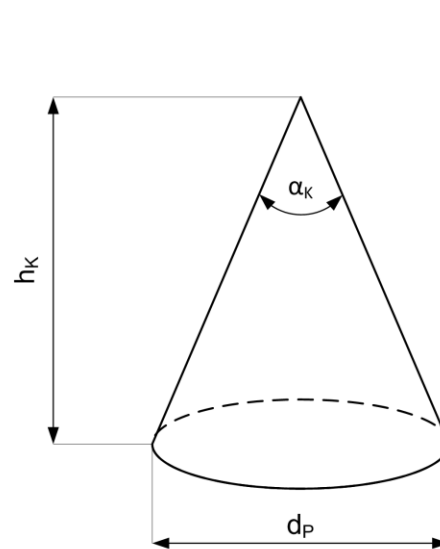
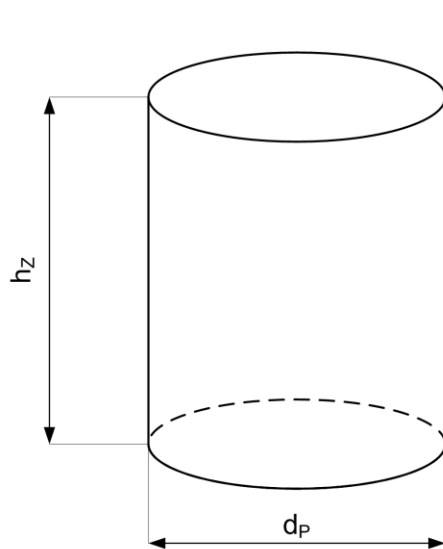
Versuchsdurchführung

- Messung mittels μ -CT:
Rekonstruktion 3D-Modell aus
Serie von Projektionsaufnahmen
- beliebige Schnittbilder
- Materialkontrast (Dichte)
- Voxelgröße Funktion der Objektgröße!
($0,5 \mu\text{m} - 40 \mu\text{m}$ bei $1 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$)



Versuchsdurchführung

Kompromiss bei Größe der Probekörper $d \leq 5 \text{ mm}$



α_k	γ_p
15 °	15 °
20 °	

Versuchsdurchführung

- Rheologische Untersuchungen zweier Beschichtungssysteme

Silres®H44	Schlicker SM07
<ul style="list-style-type: none">- newtonsches $\eta = f(T)$- bei Raumtemperatur fest und pulverförmig- „Schmelzpunkt“ im Bereich von 50 °C – 90 °C	<ul style="list-style-type: none">- nicht-newtonsches $\eta = f(\dot{\gamma})$- Mischung von Siliconen- Lösungsmittel: Methanol und Methyltriethoxysilan- SiC-Pulver als Füllstoff

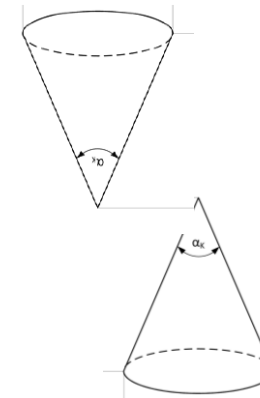
- Durchführung von scherratenregeltem Rotations- und (scher-)deformationsregeltem Oszillationsversuchen (Amplituden- und Frequenztests)

Versuchsdurchführung

- Tauchbeschichtung der Probekörper mit Systemen aus präkeramischen Polymeren ohne und

mit partikulären Füllstoff

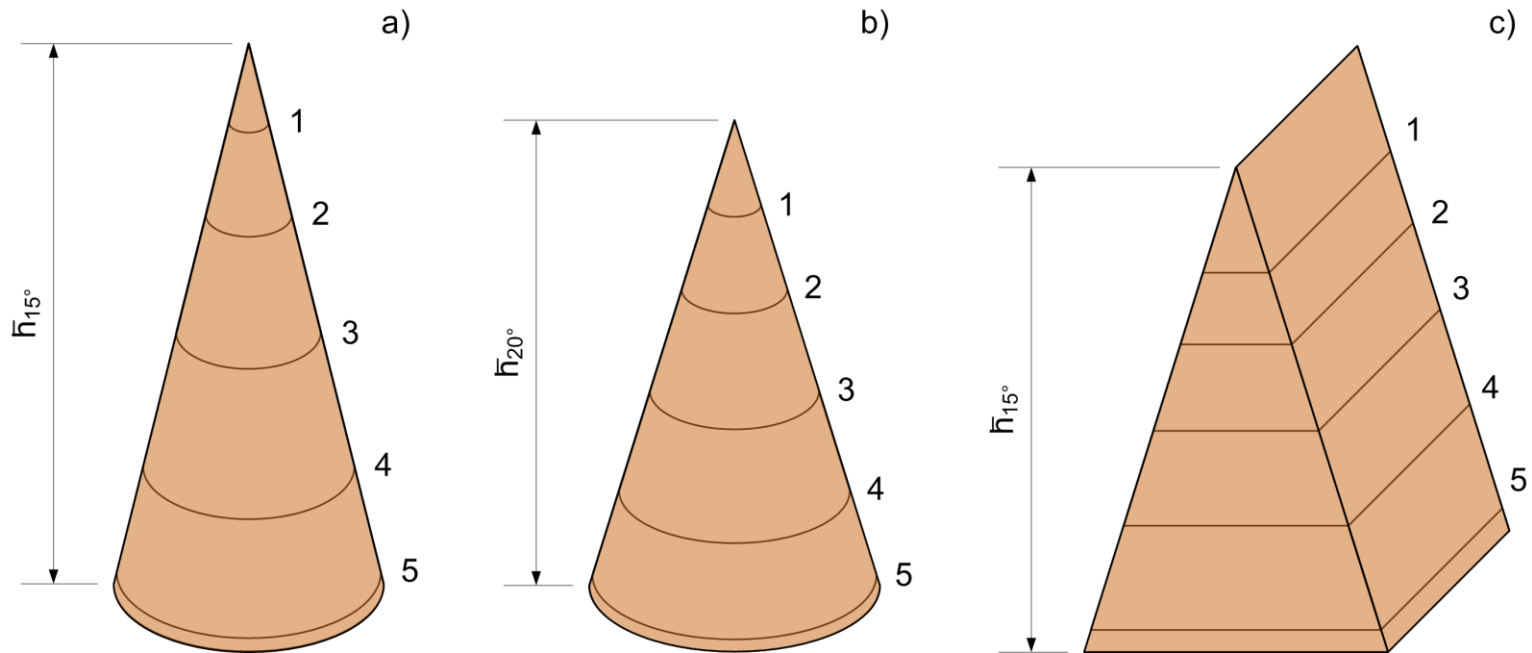
- Probekörper mit der Spitze zuerst (uS) oder mit der Grundfläche zuerst (oS)



- Beschichtung mit verschiedenen Ziehgeschwindigkeiten

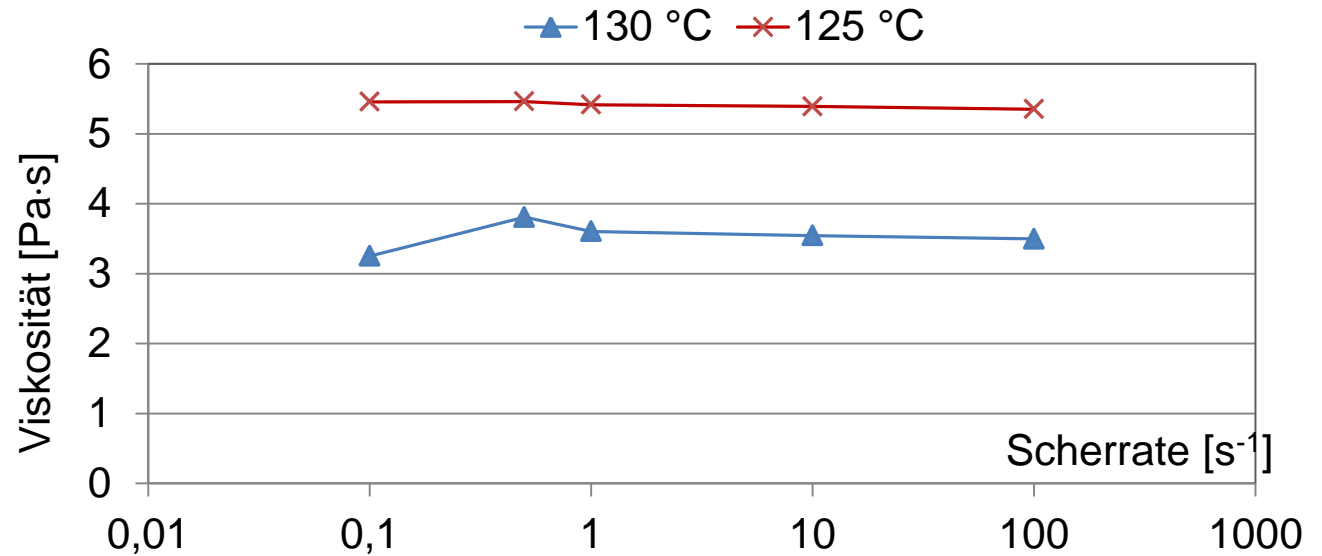
Versuchsdurchführung

Ermittlung der Schichtdicken aus 3 D-Modell für definierte Schnitte

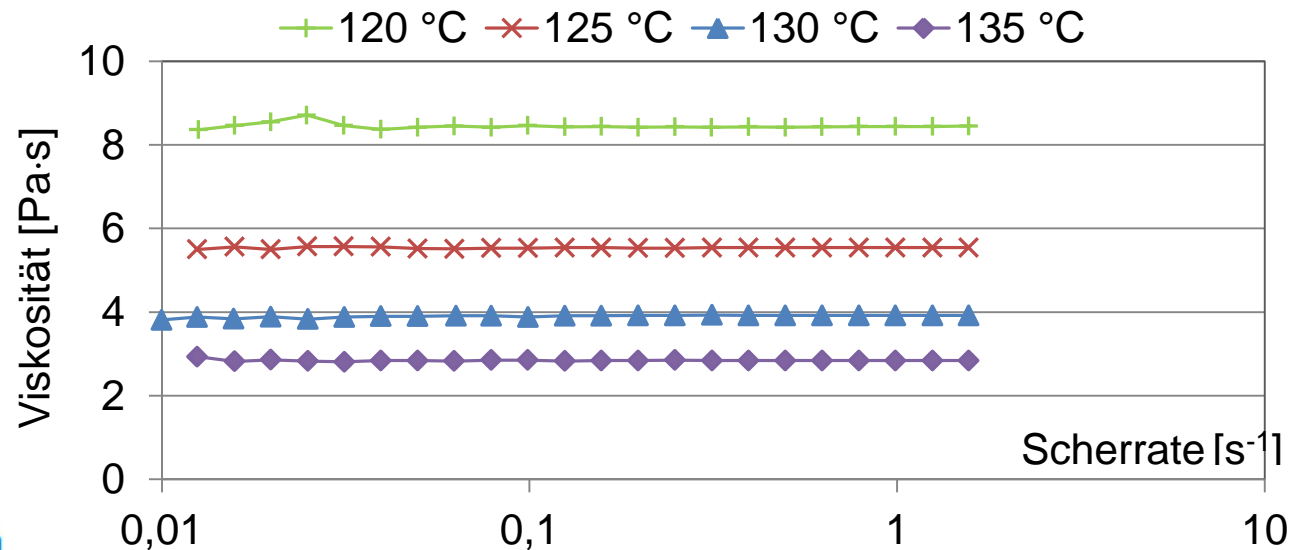


Silres®H44 rheologischen Untersuchungen

Rotationsversuch

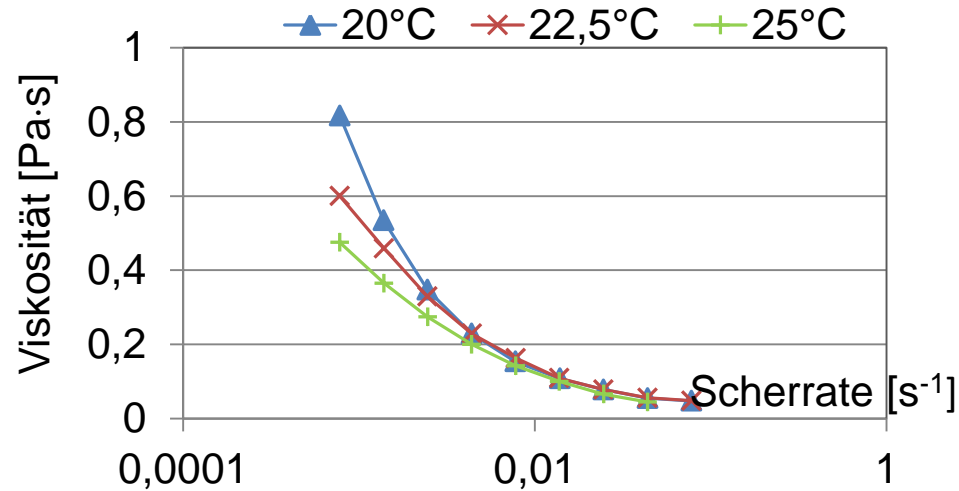


Oszillationsversuch

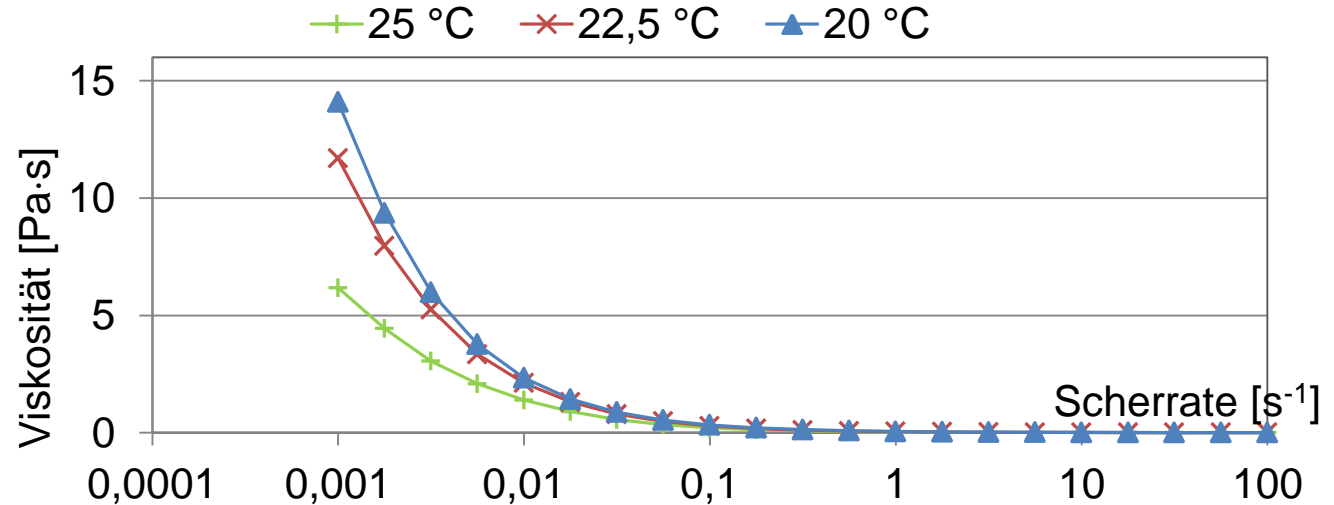


Schlicker-SM07 rheologischen Untersuchungen

Oszillationsversuch
 $\varphi = 0,1 \text{ mrad}$



Rotationsversuch

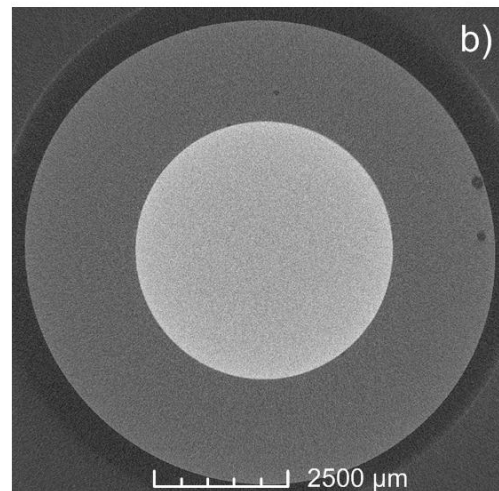
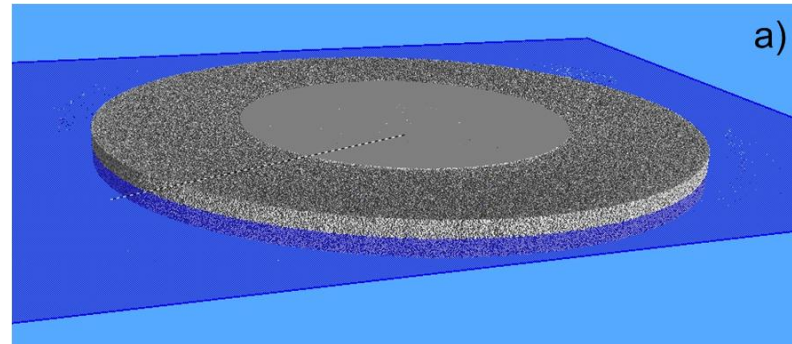


Scherrate im Tauchprozess

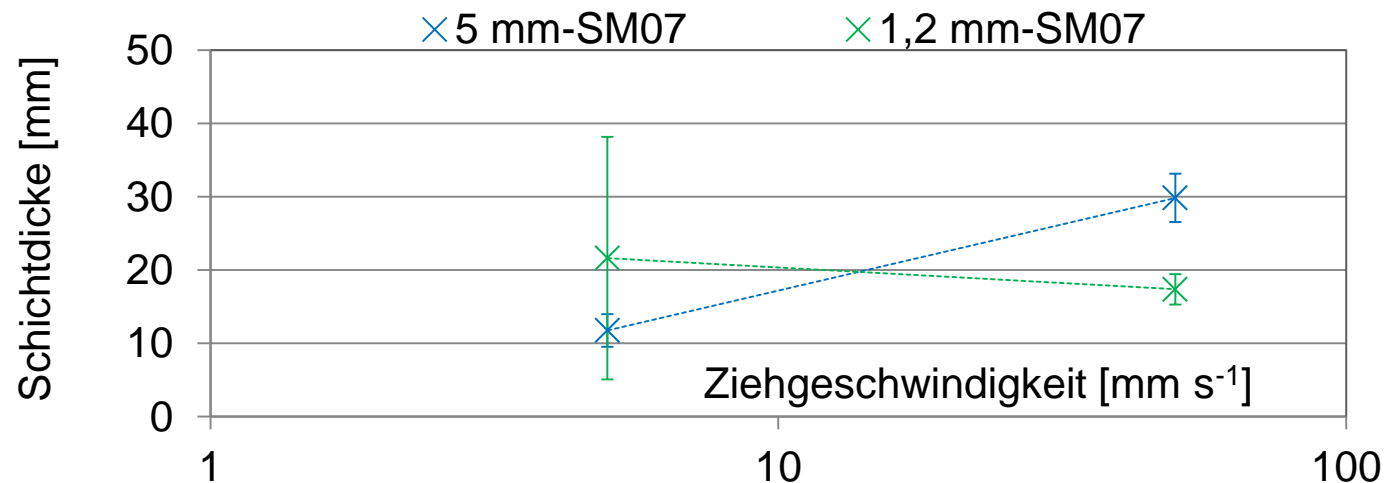
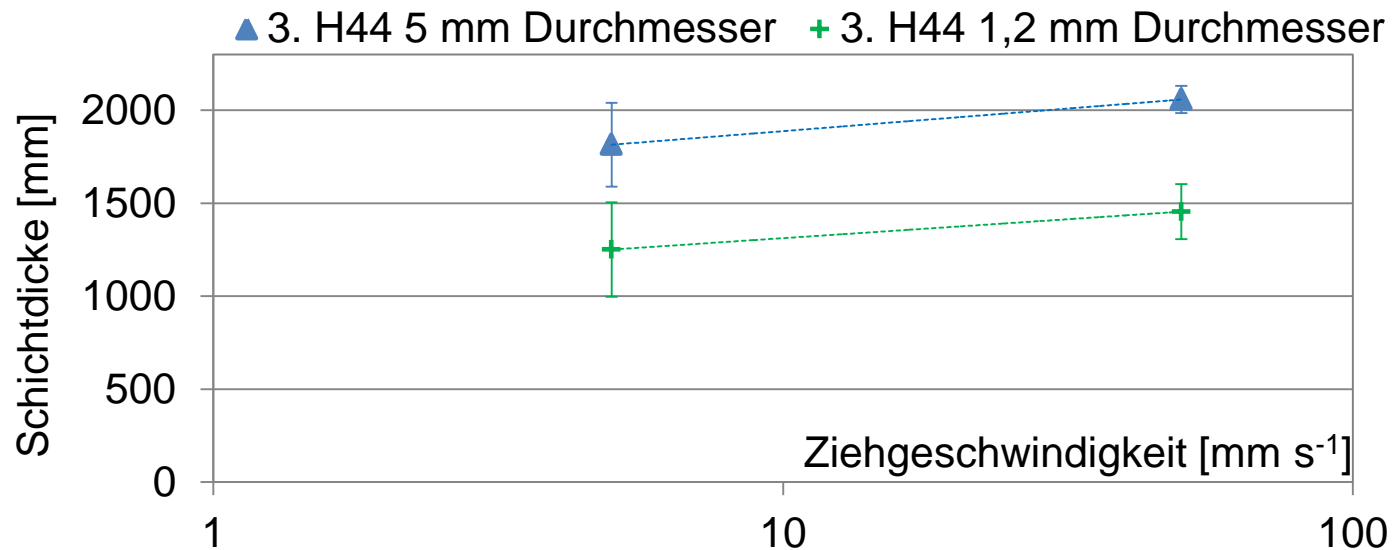
Durchmesser d [mm]	Beschichtungs- system	Schichtdicke h [mm]	Geschwindig- keit v [mm s ⁻¹]	Scherrate $\dot{\gamma}$ [s ⁻¹]
5	Silres®H44	1,81	5	3
5	Silres®H44	2,06	50	25
1,2	Silres®H44	1,25	5	4
1,2	Silres®H44	1,45	50	35
5	Schlicker-SM07	0,012	5	420
5	Schlicker-SM07	0,030	50	1660
1,2	Schlicker-SM07	0,022	5	230
1,2	Schlicker-SM07	0,017	50	2940

$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h}$$

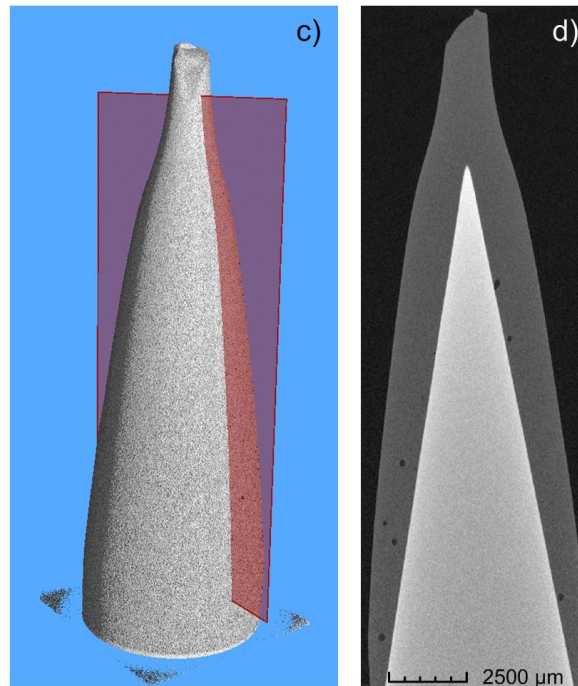
Ergebnisse der Schichtdickenuntersuchungen



Schichtdickenuntersuchungen am Zylinder

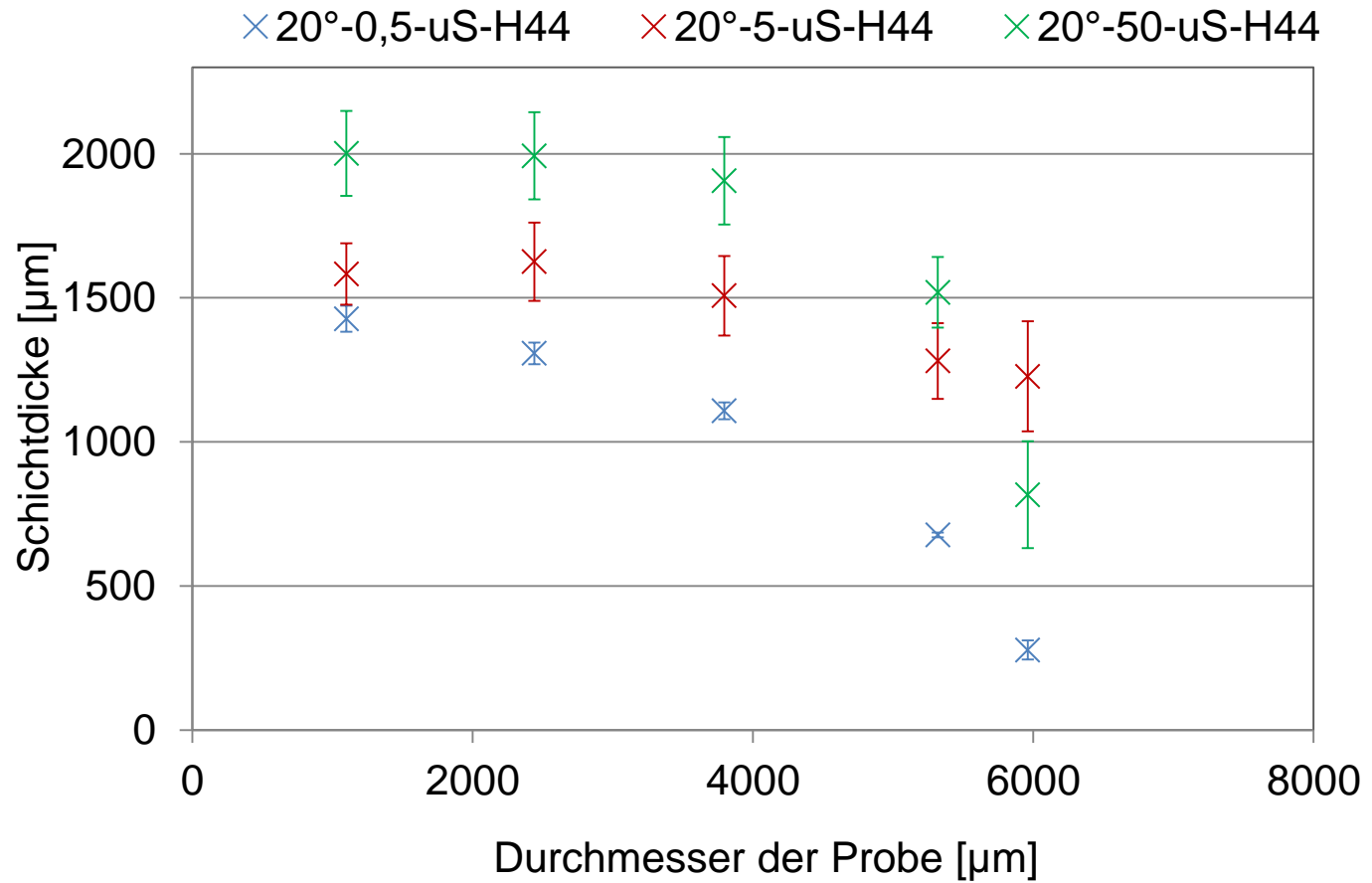


Ergebnisse der Schichtdickenuntersuchungen



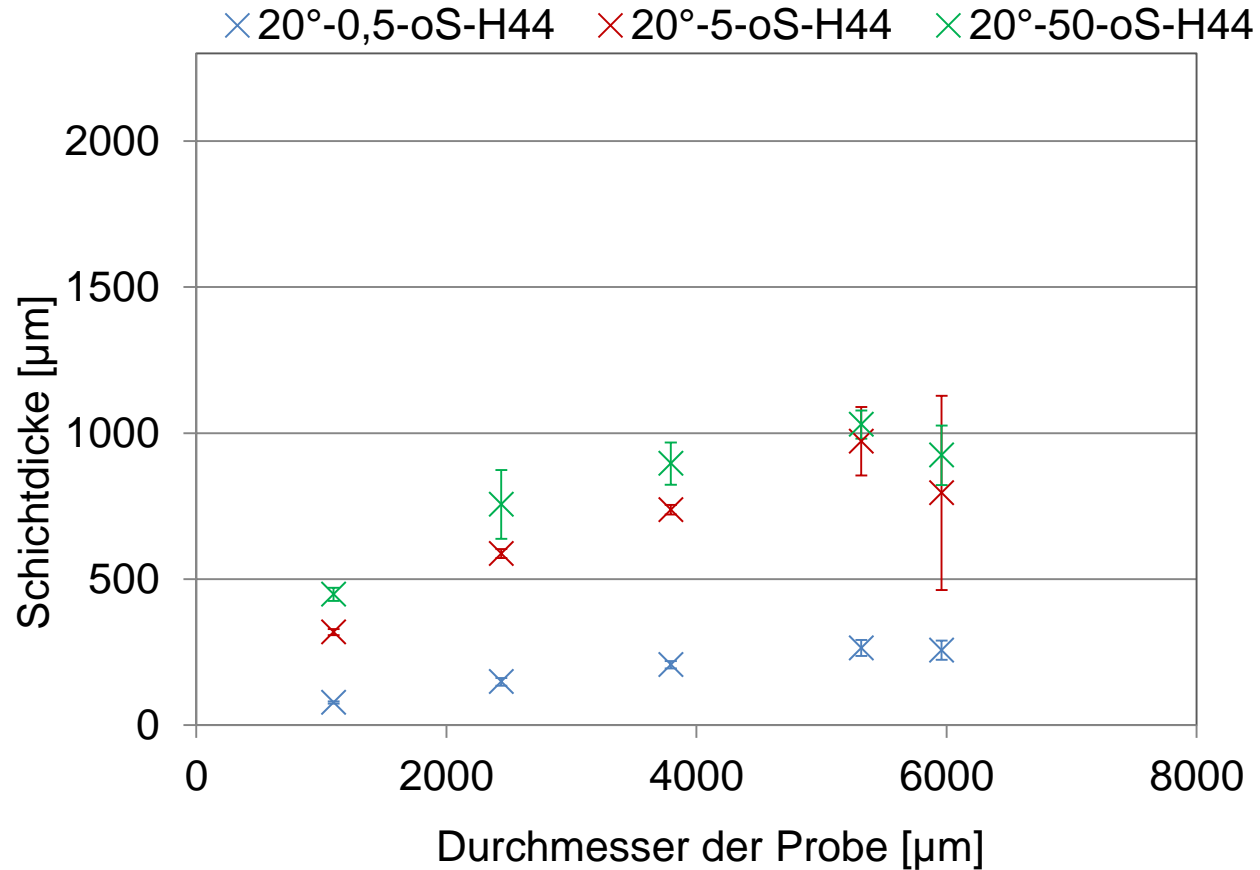
Schichtdickenuntersuchungen am 20°Kegel

Silres®H44



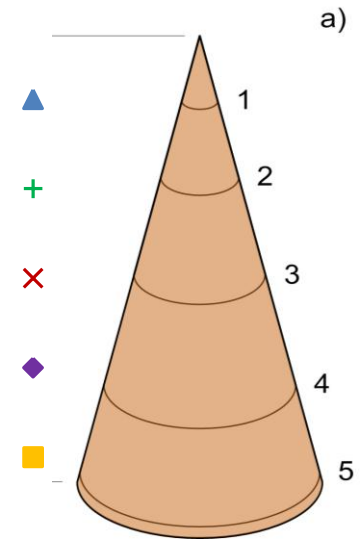
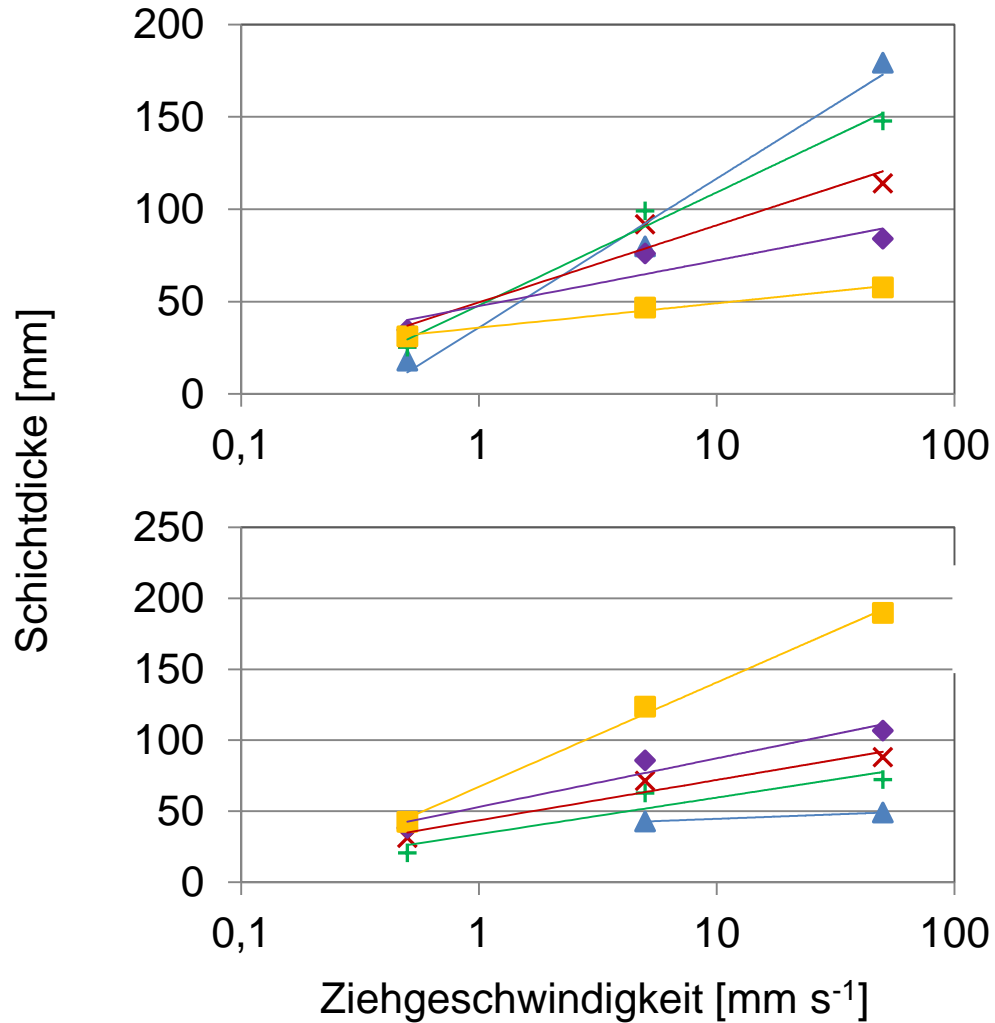
Schichtdickenuntersuchungen am 20°Kegel

Silres®H44





Schichtdickenuntersuchungen am 20°Kegel

SM07



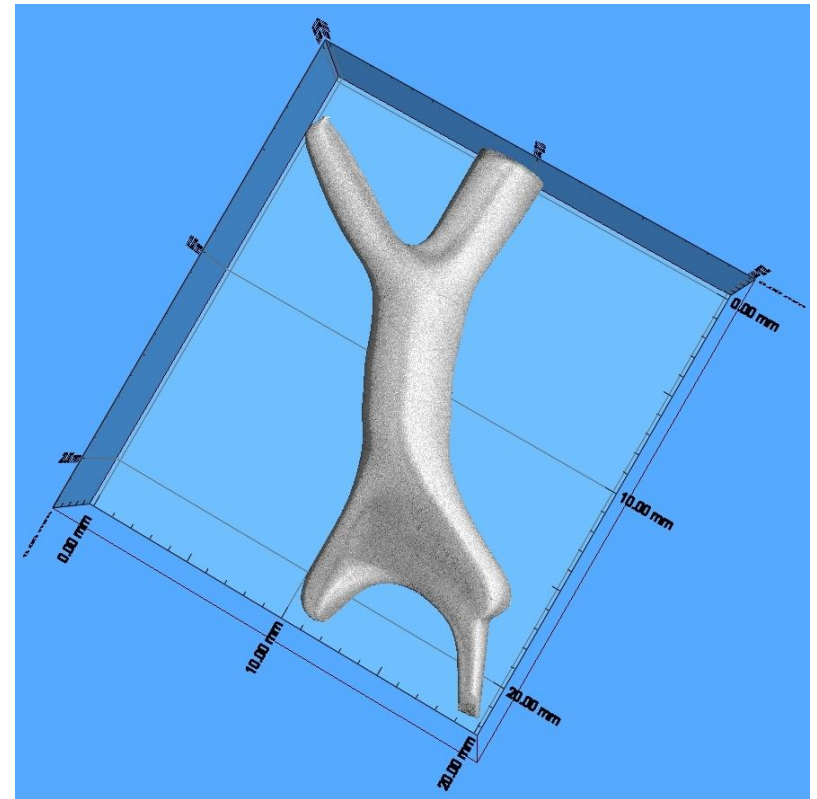
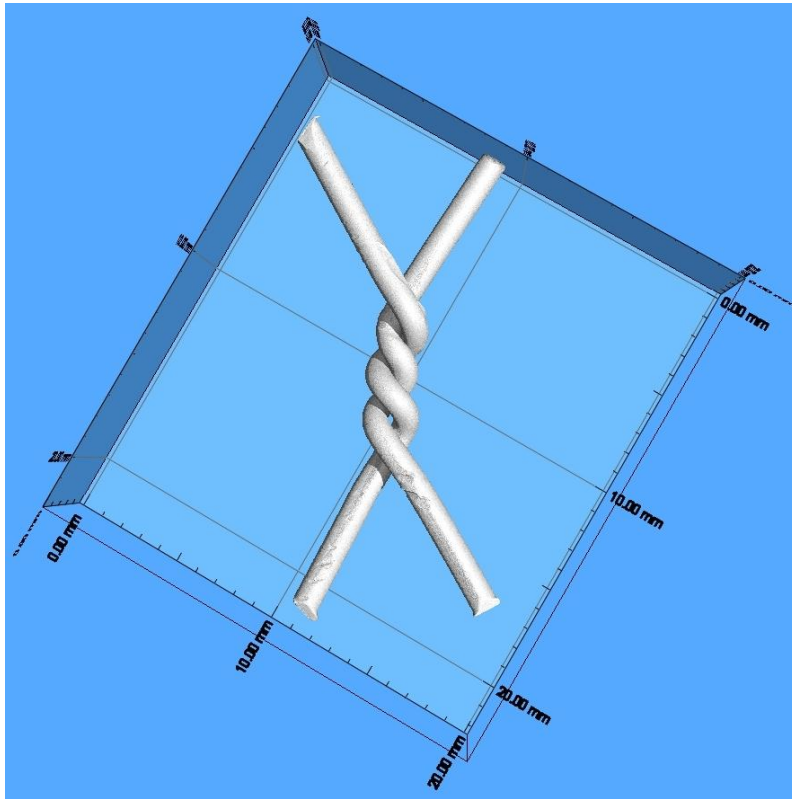
Zusammenfassung

- Scherrate im Tauchprozess stark von Viskosität abhängig
- Einfluß der Oberflächenspannung auf Schichtdicke
- Einfluß der Schwerkraft

Beschichtungssystem	Zylinder	Kegel 	Kegel 
Silres®H44 und SM07	Schichtdicke bei 5 mm > 1,2 mm	Schichtdicke des kleinsten Durchmessers > des größten Durchmessers	Schichtdicke des größten Durchmessers > des kleinsten Durchmessers

- Modellbeschichtungssysteme und Probekörper noch nicht optimal

Ausblick



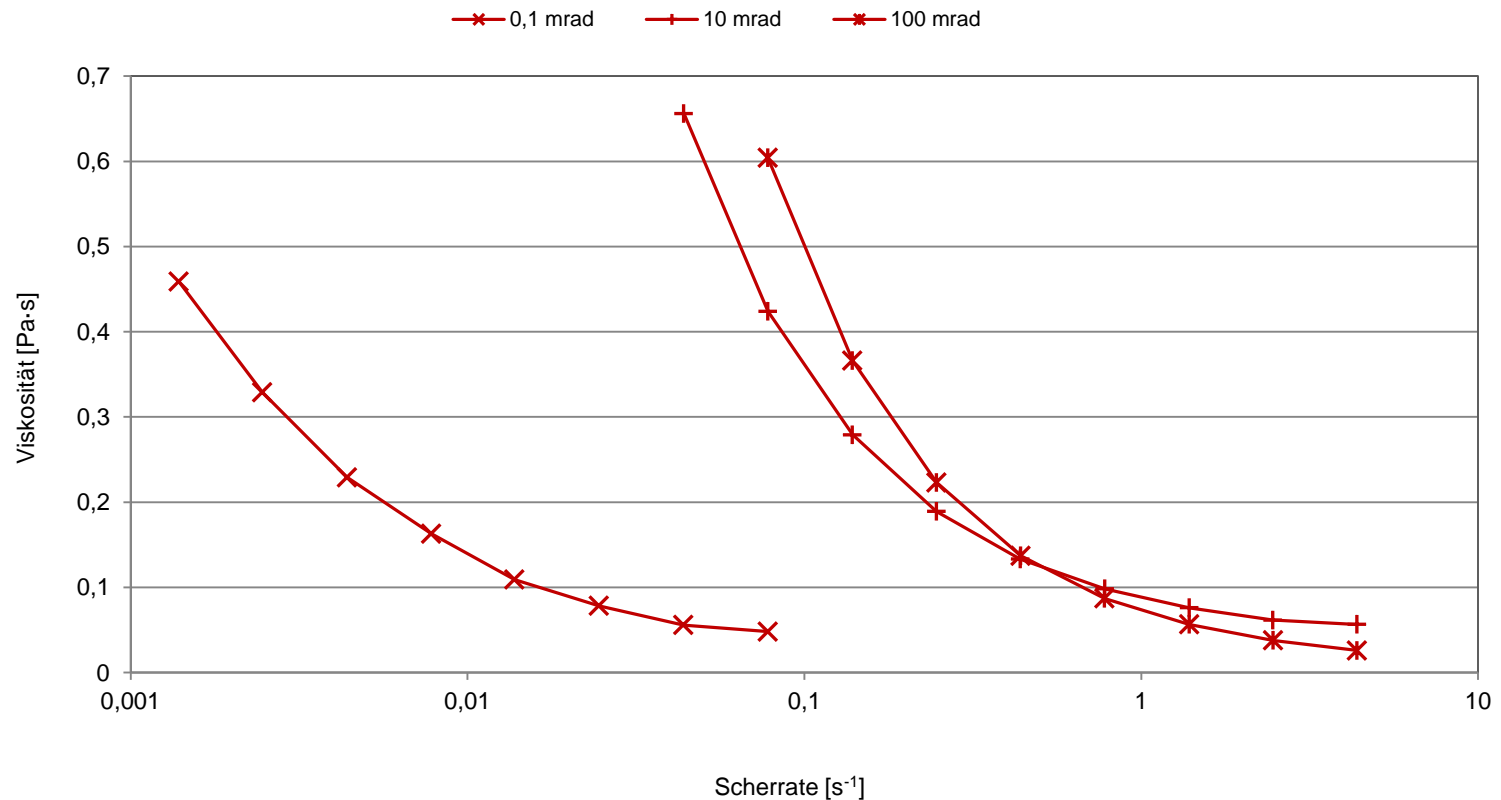
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.ovgu.de/iwf



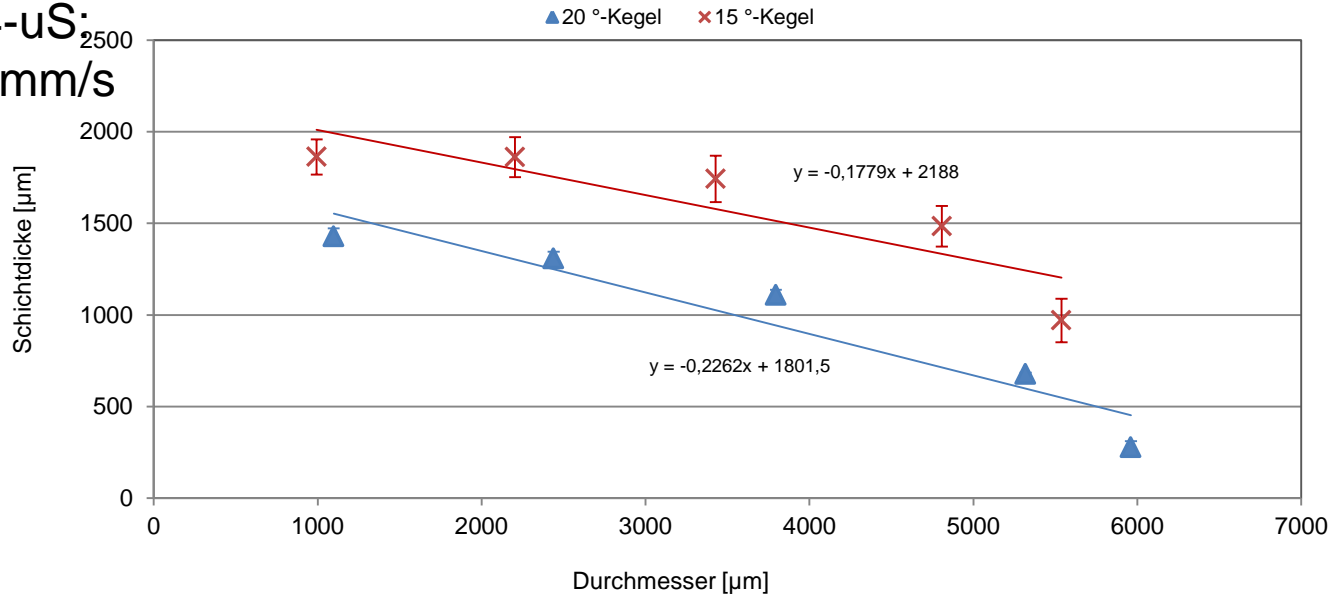
Ergebnisse der rheologischen Untersuchungen

- Probe *SM07*-Schlicker
- Oszillationsversuch, Frequenztest mit Variation des Auslenkwinkels

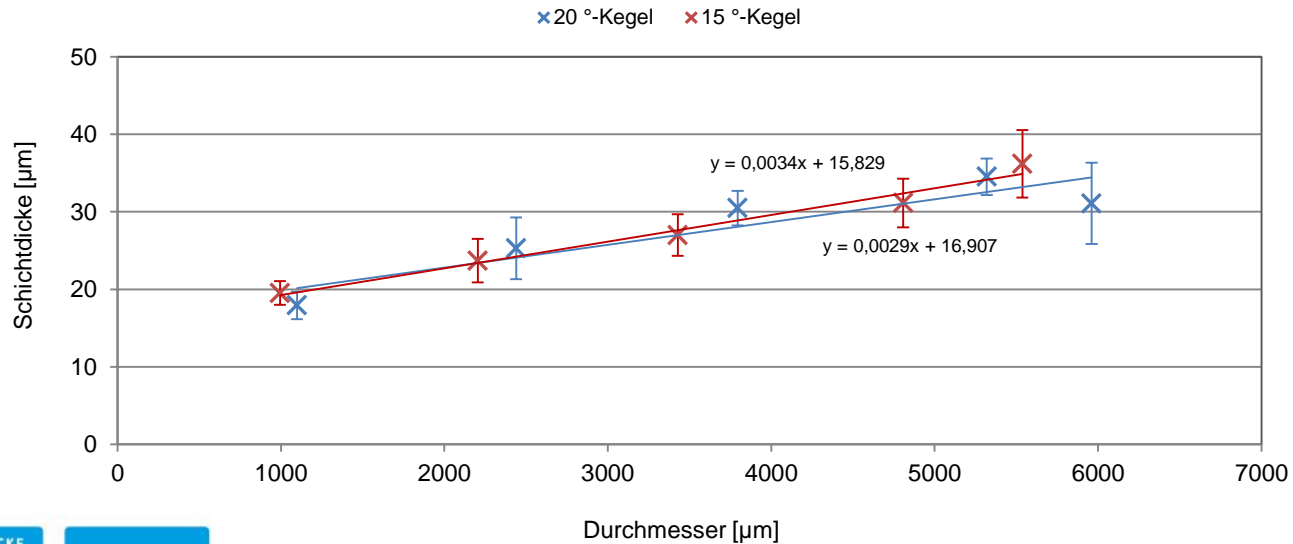


Ergebnisse der Schichtdickenuntersuchungen

H44-uS:
•0,5mm/s



SM07-uS:
0,5mm/s



Ergebnisse der Schichtdickenuntersuchungen-Prisma

