



# Fluid-Struktur-Oszillation zur Drainageoptimierung bei der Druckluftfiltration

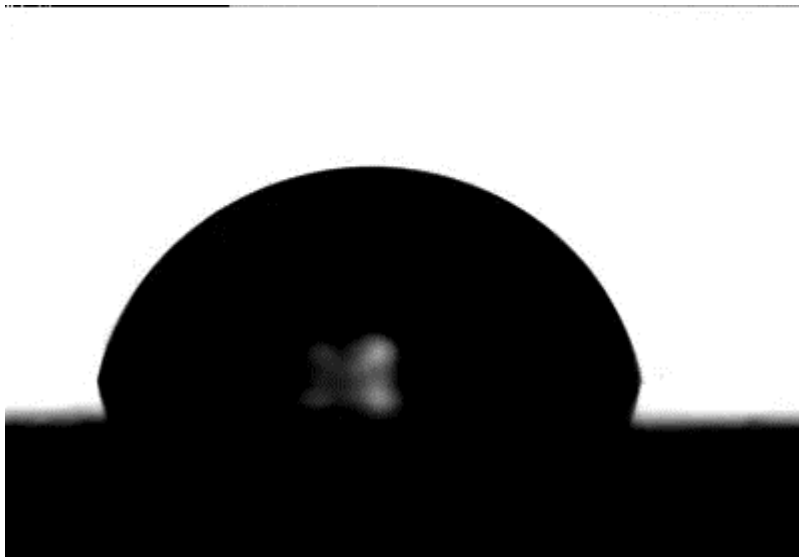
Sitzung des PA  
Dezember 2022

M.Sc. Andreas Metzmacher, Dr.-Ing. Sebastian  
Burgmann, Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Janoske

Chair of Fluid Mechanics  
Bergische Universität Wuppertal



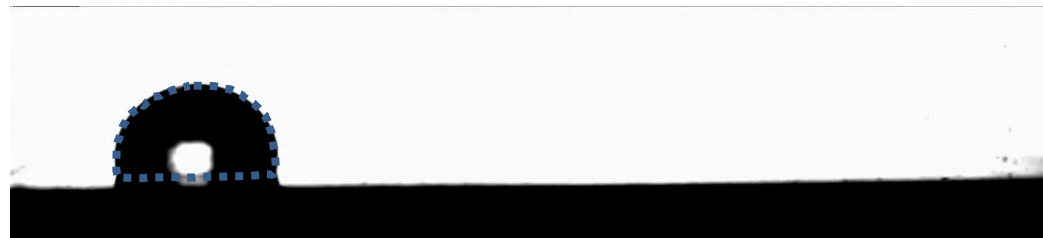
BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL



Oszillation durch Anströmung  
2000 fps



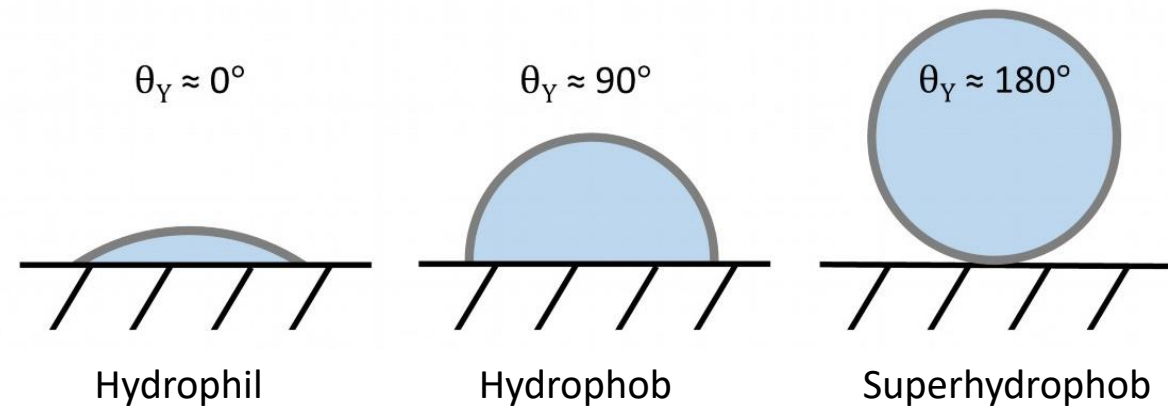
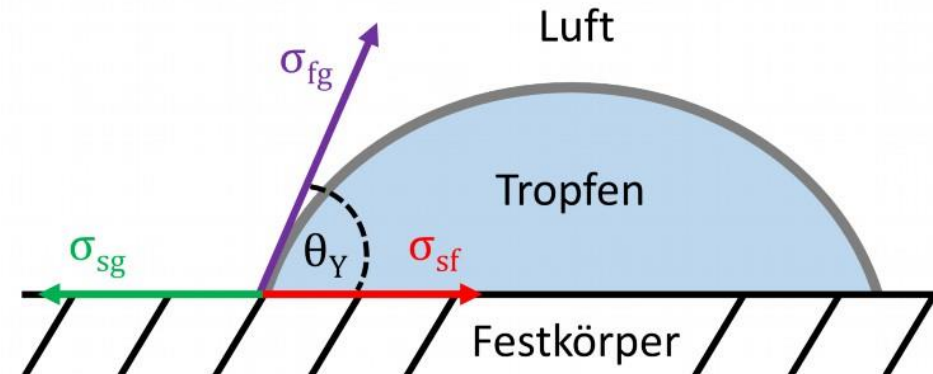
Oszillation durch Vibration  
4000 fps



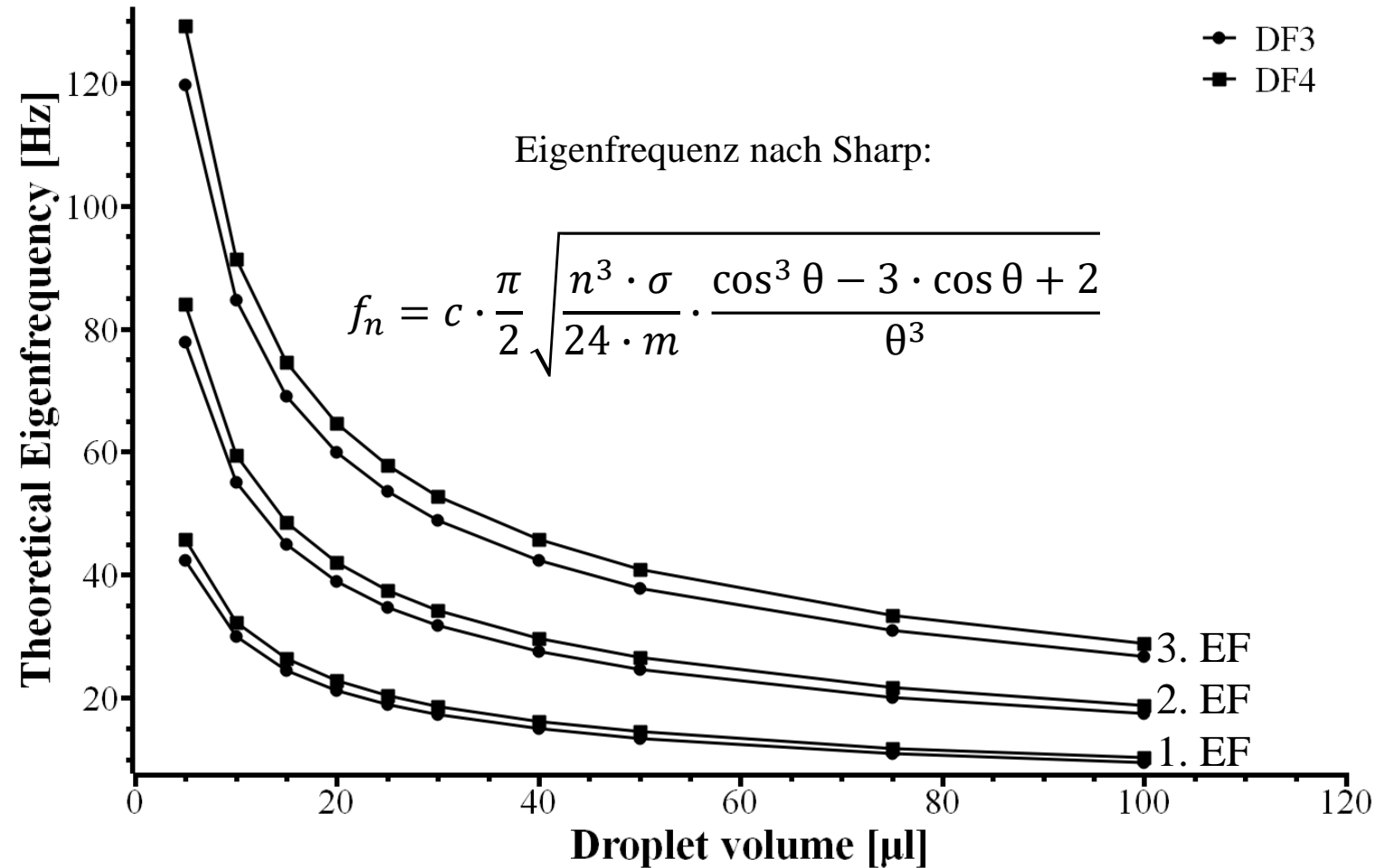
Wasser auf Silizium-Wafer (cSW)  
120 fps

- Winkel an Dreiphasen-Kontaktlinie
- Quantifizierung der Benetzbarkeit
- Young'sche Kontaktwinkel

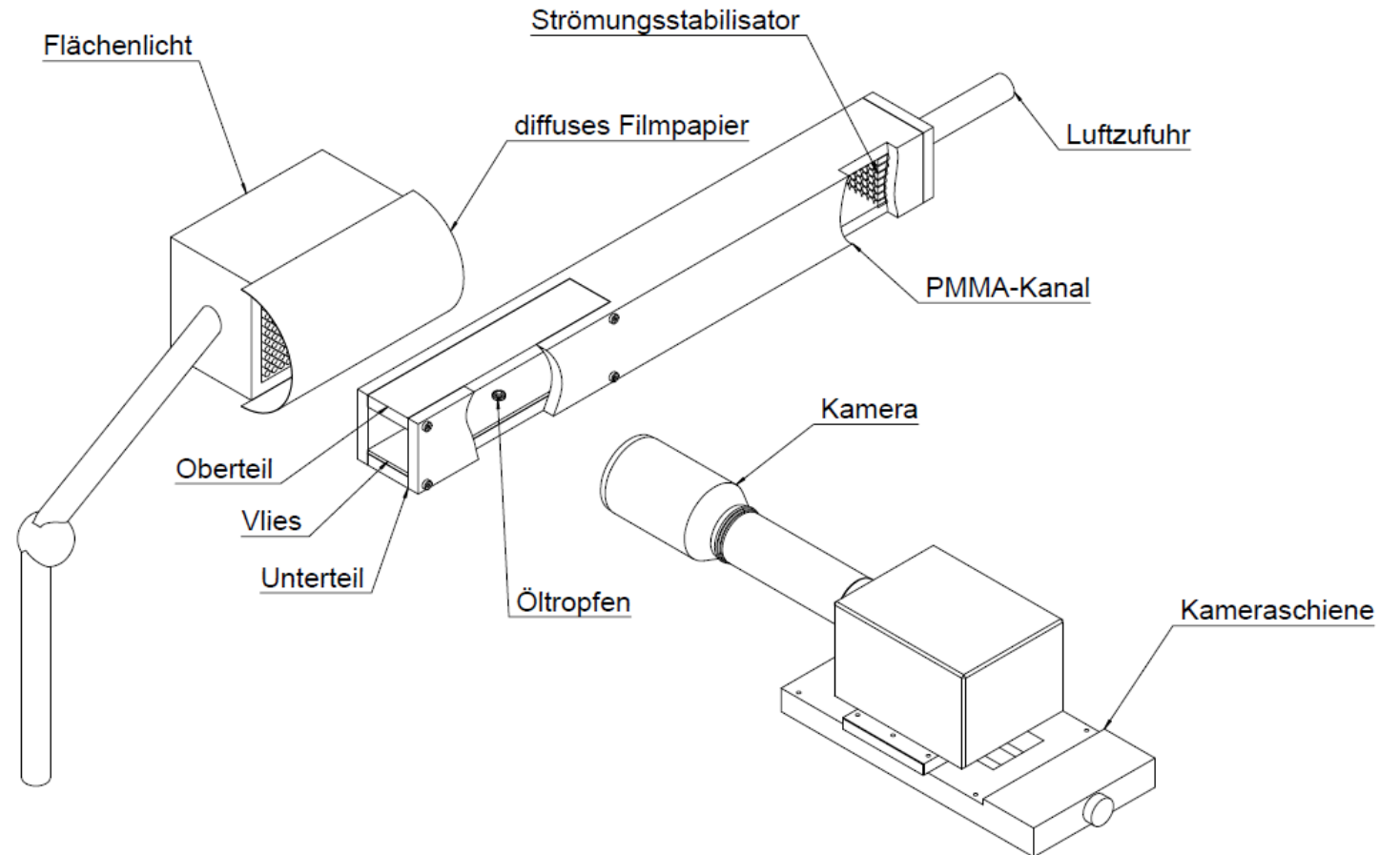
$$\cos(\theta_Y) = \frac{\sigma_{sg} - \sigma_{sf}}{\sigma_{fg}}$$



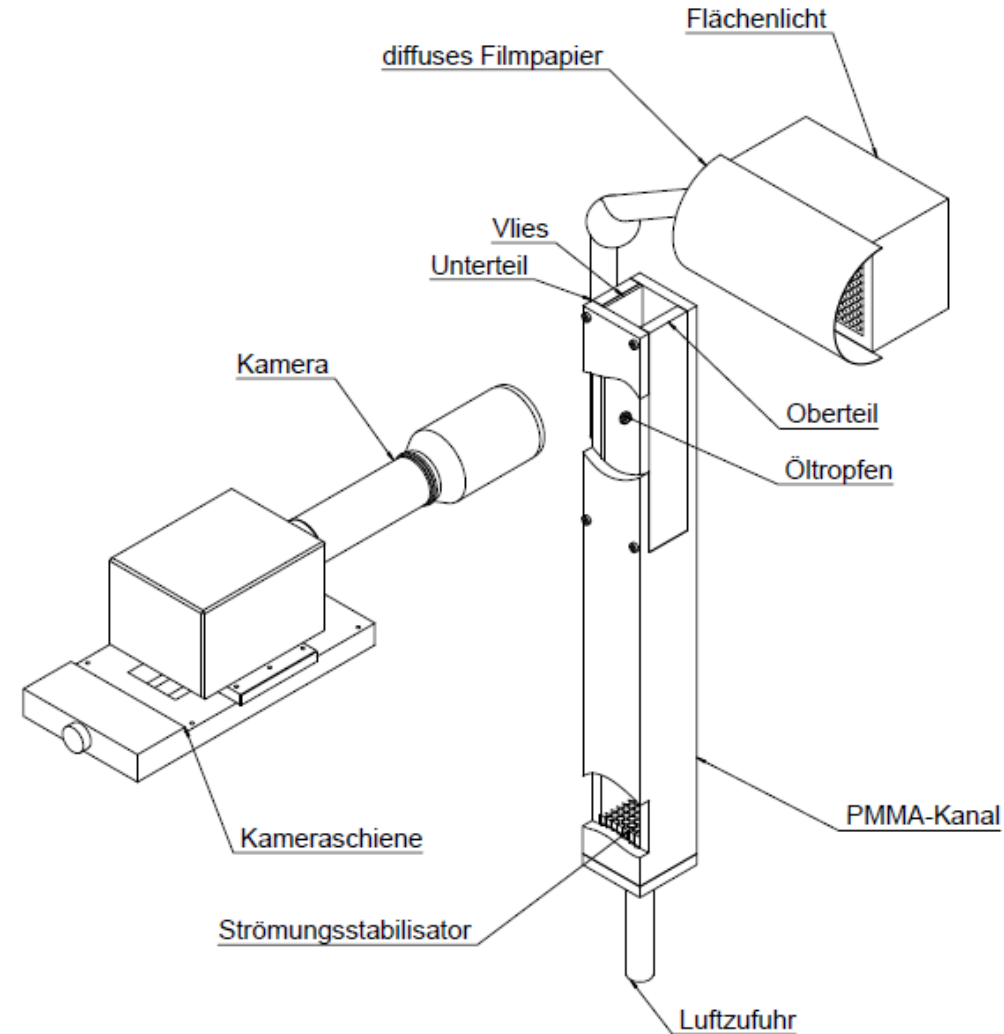
- Abhängig von:
  - Oberflächenspannung  $\sigma$
  - Masse  $m$  / Volumen  $V$
  - Kontaktwinkel  $\theta$
- $c = 0.81$
- $EF_{DF3} < EF_{DF4}$  weil  $\theta_{DF3} > \theta_{DF4}$



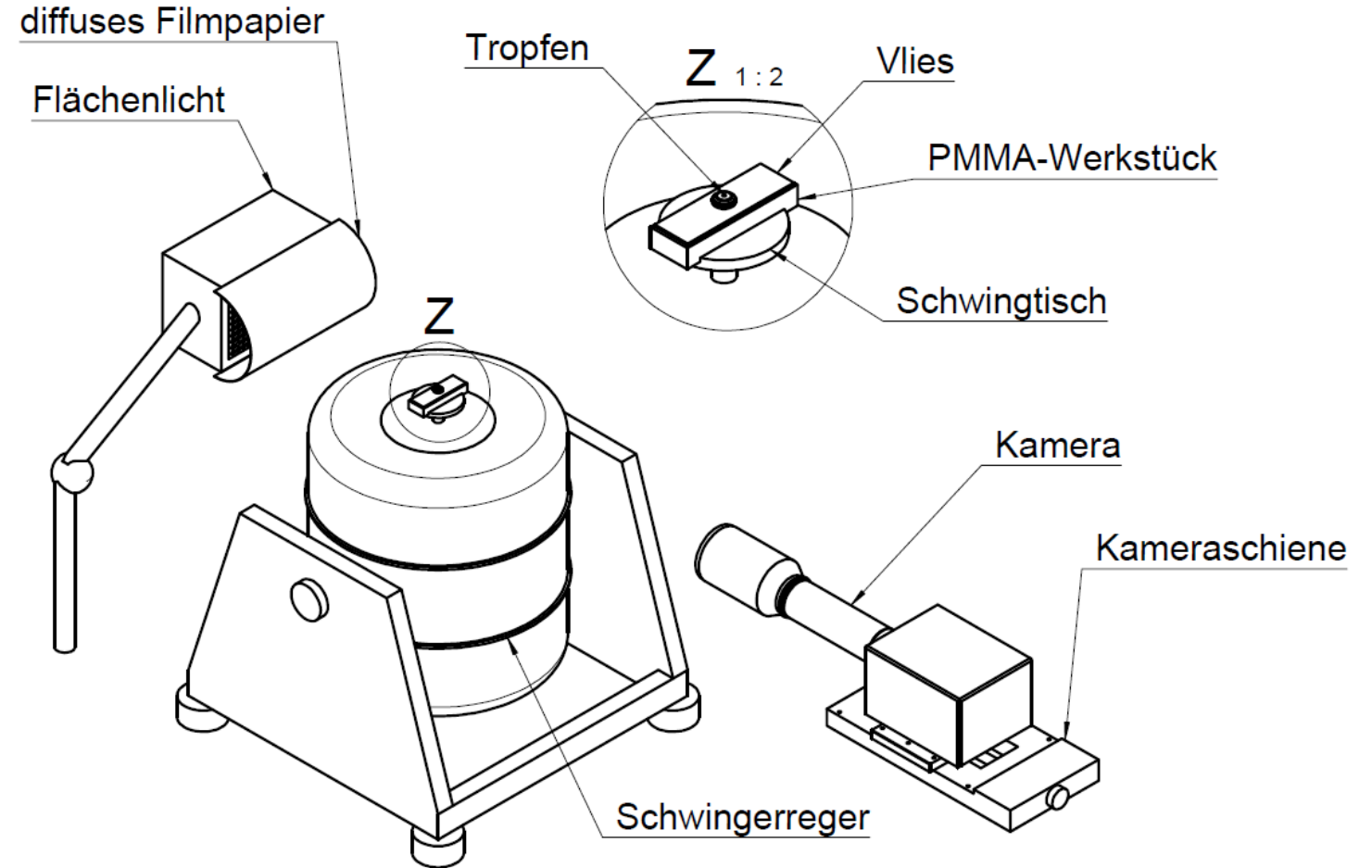
- Anströmung des Tropfens
- Erfassung der Kontur mittels High-Speed-Kamera
- Beliebige Neigung möglich



- Anströmung des Tropfens
- Erfassung der Kontur mittels High-Speed-Kamera
- Beliebige Neigung möglich



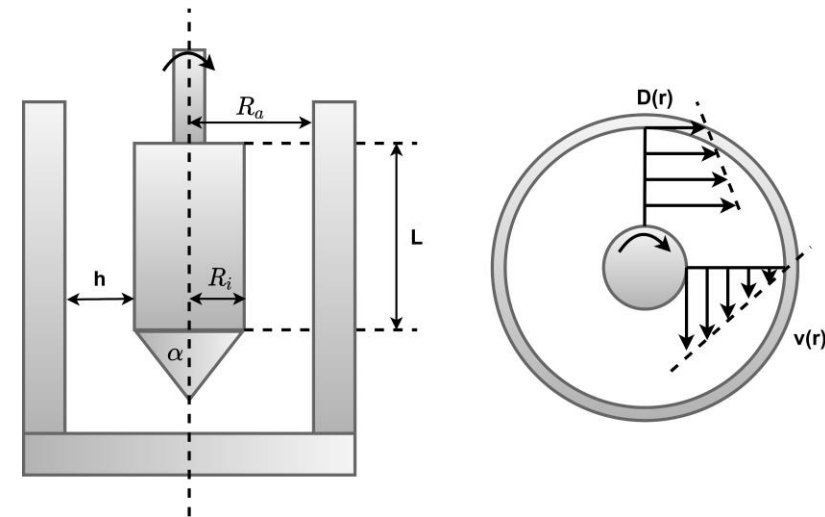
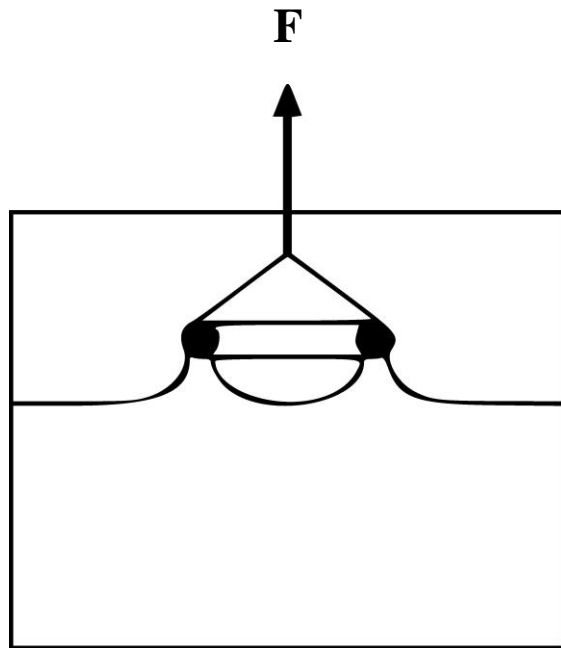
- Untersuchung des Tropfenverhaltens bei Oszillation
- Vertikale und horizontale Anregung
- Ziel: Bestimmung der Eigenfrequenz





Shell Corena S3 R 46

$\sigma$ [mN/m]	$\mu$ [m <sup>2</sup> /s]
$33.975 \pm 0.05$	85.50 für $T = 27.3^\circ\text{C}$
Ringmethode nach Du Noüy	Brookfield DV-III Rheometer



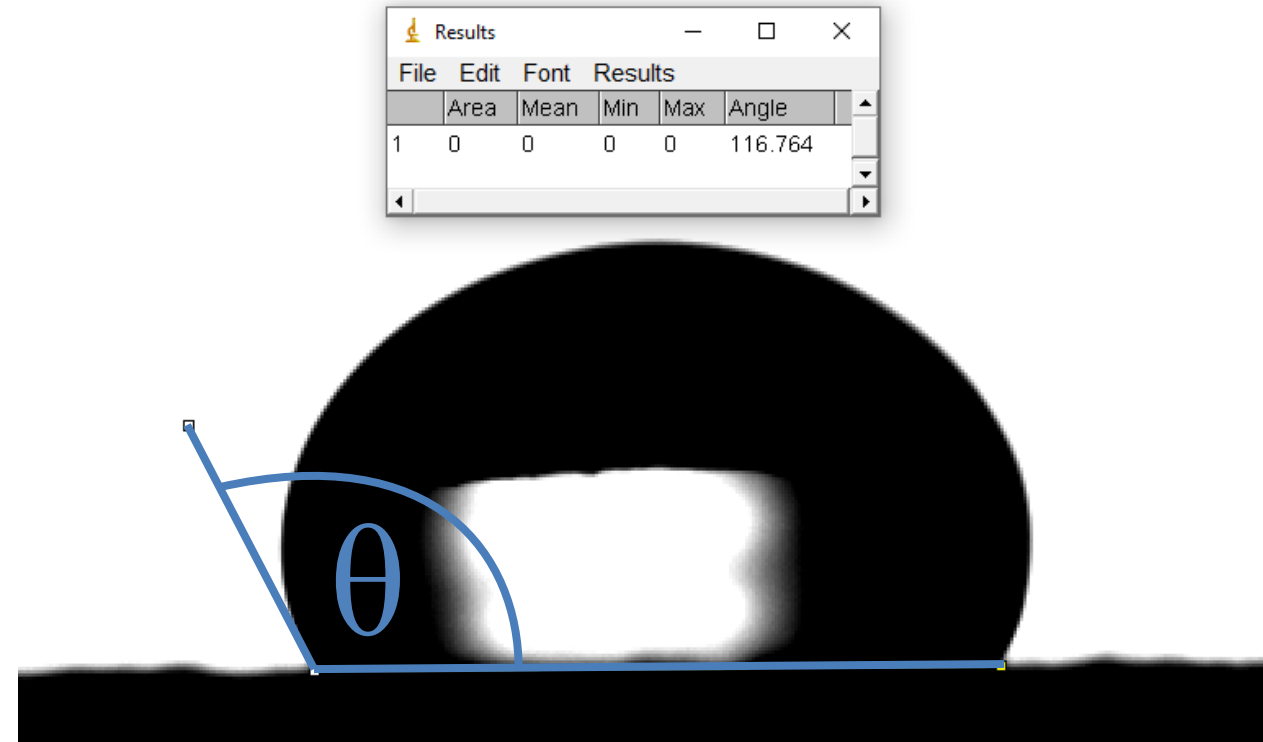


- Tropfenvolumen bestimmt maßgeblich die Tropfengeometrie ( $h, b$ )
- Sehr gute Reproduzierbarkeit mit Hamilton-Spritzen

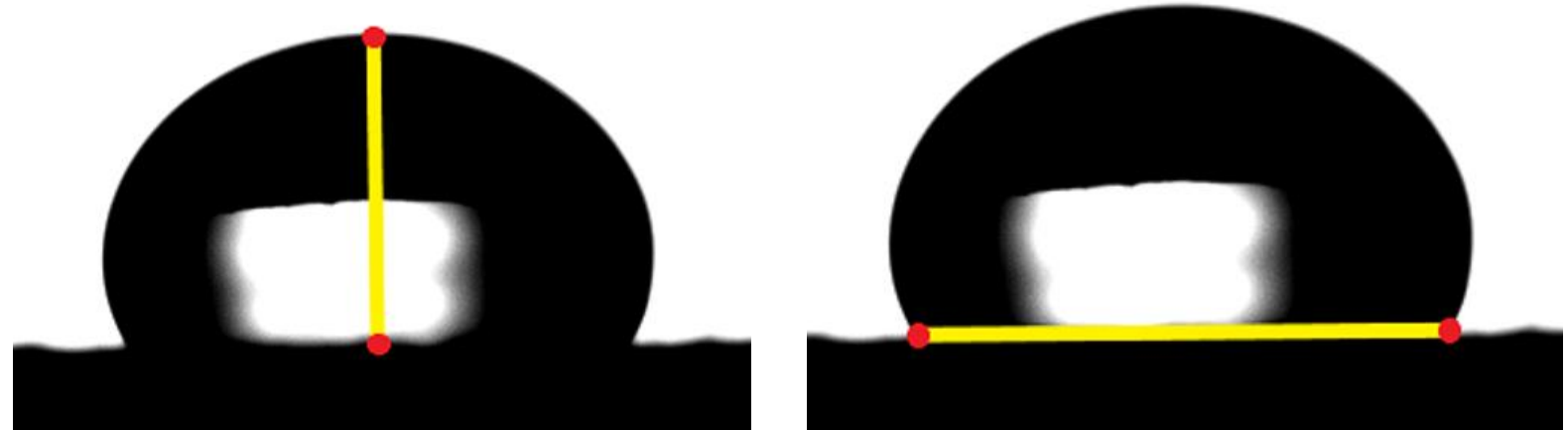
## Genauigkeitsmessung der Spritzen (25 $\mu$ l, 100 $\mu$ l)

Soll-V. [ $\mu$ l]	m [mg]	V [ $\mu$ l]	Mittlere Diff. [ $\mu$ l]	Abw. [%]	$\sigma$ [ $\mu$ l]
5	4.3633	5.0269	0.0269	0.5376	0.0473
10	8.6767	9.9962	0.0038	0.0384	0.0464
15	13.0167	14.9962	0.0038	0.0256	0.1036
20	17.3900	20.0346	0.0346	0.1728	0.0410
25	21.6933	24.9923	0.0077	0.0307	0.0961
50	43.4100	50.0115	0.0115	0.0230	0.0376
75	65.1067	75.0077	0.0077	0.0102	0.0380
100	86.7167	99.9040	0.0960	0.0960	0.0287

- Manuelle Erfassung der Kontaktwinkel
- Messung  $\theta$  links und rechts
- Gravitationseinfluss bei großen Tropfen
  - Bond-Zahl:  $Bo = \frac{\rho g R^2}{\sigma}$
  - $Bo \ll 1$ : Gravitation spielt keine Rolle
  - $Bo \geq 1$ : Gravitation hat Einfluss



- Tropfenhöhe
- Kontaktpunktbreite
  - Distanz der Kontaktpunkte
- Abhängig vom:
  - Stoffeigenschaften
  - Tropfenvolumen
  - Platzierung des Tropfens
  - Oberfläche





Beispiele und Grundlagen



Versuchsaufbau



Versuchsparameter und Messgrößen



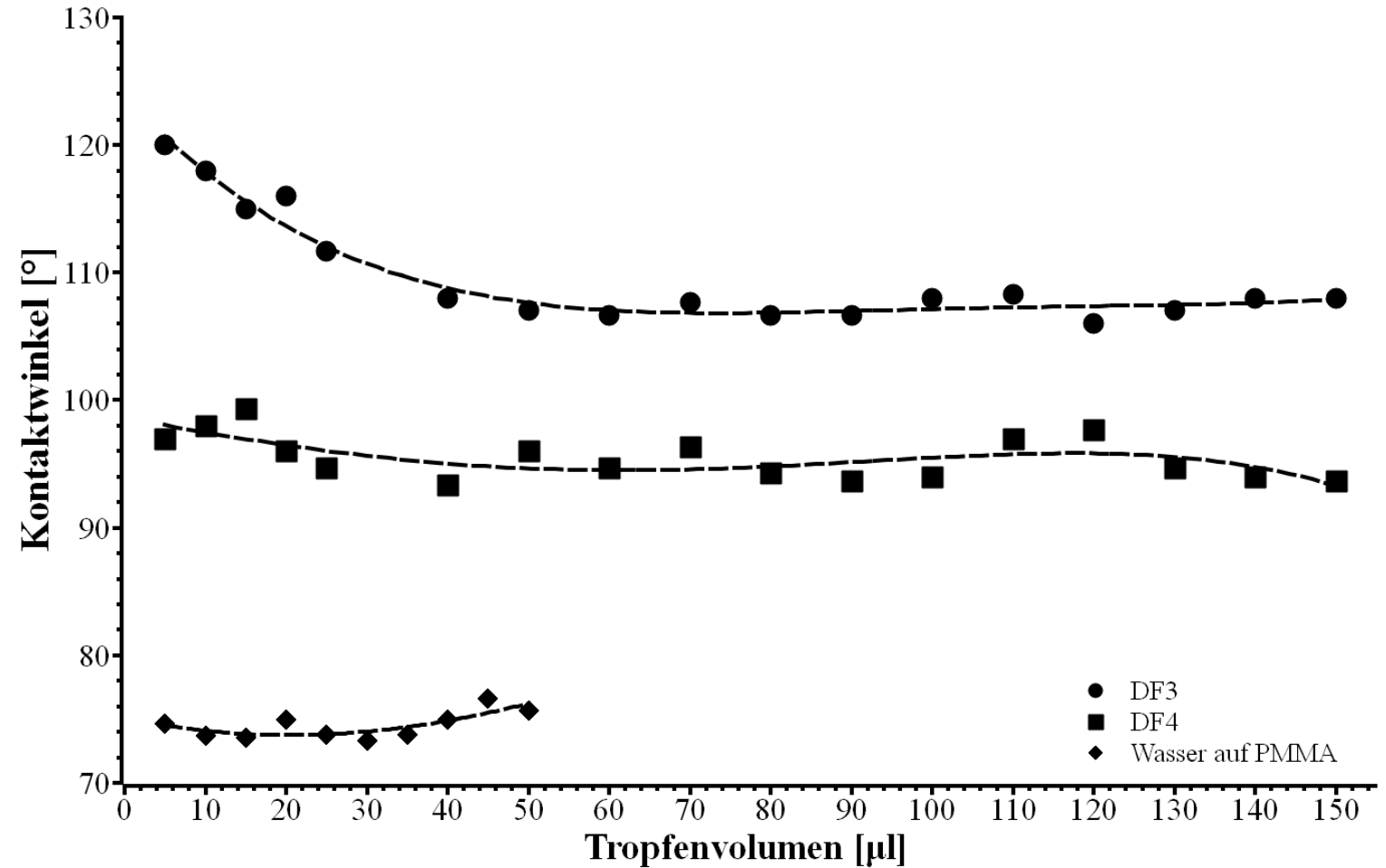
Ergebnisse

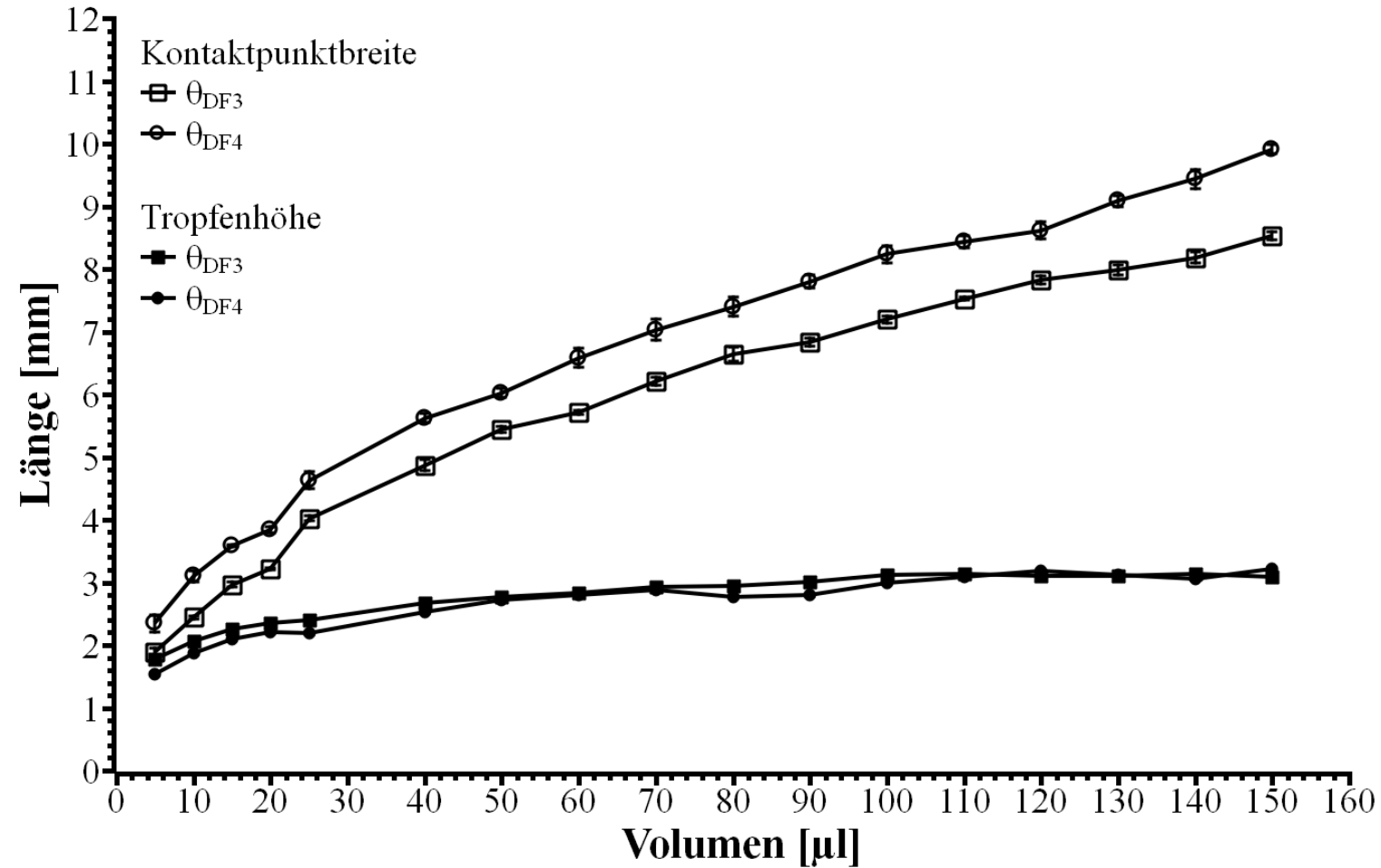


Zusammenfassung und Ausblick

- Leichte Abnahme der Kontaktwinkel
- $Bo = 1$  für  $V_{Tropfen} \approx 25\mu l$

V [ $\mu l$ ]	DF3	DF4
5-20	$117.3^\circ \pm 1.5^\circ$	$95.54^\circ \pm 0.7^\circ$
25-150	$107.4^\circ \pm 0.6^\circ$	





- Lineare Zunahme des Volumenstroms
- Start bei Tropfenszillation (100 l/min)
- Anstieg bis 600 l/min (35s)
- Frame rate: 120 fps



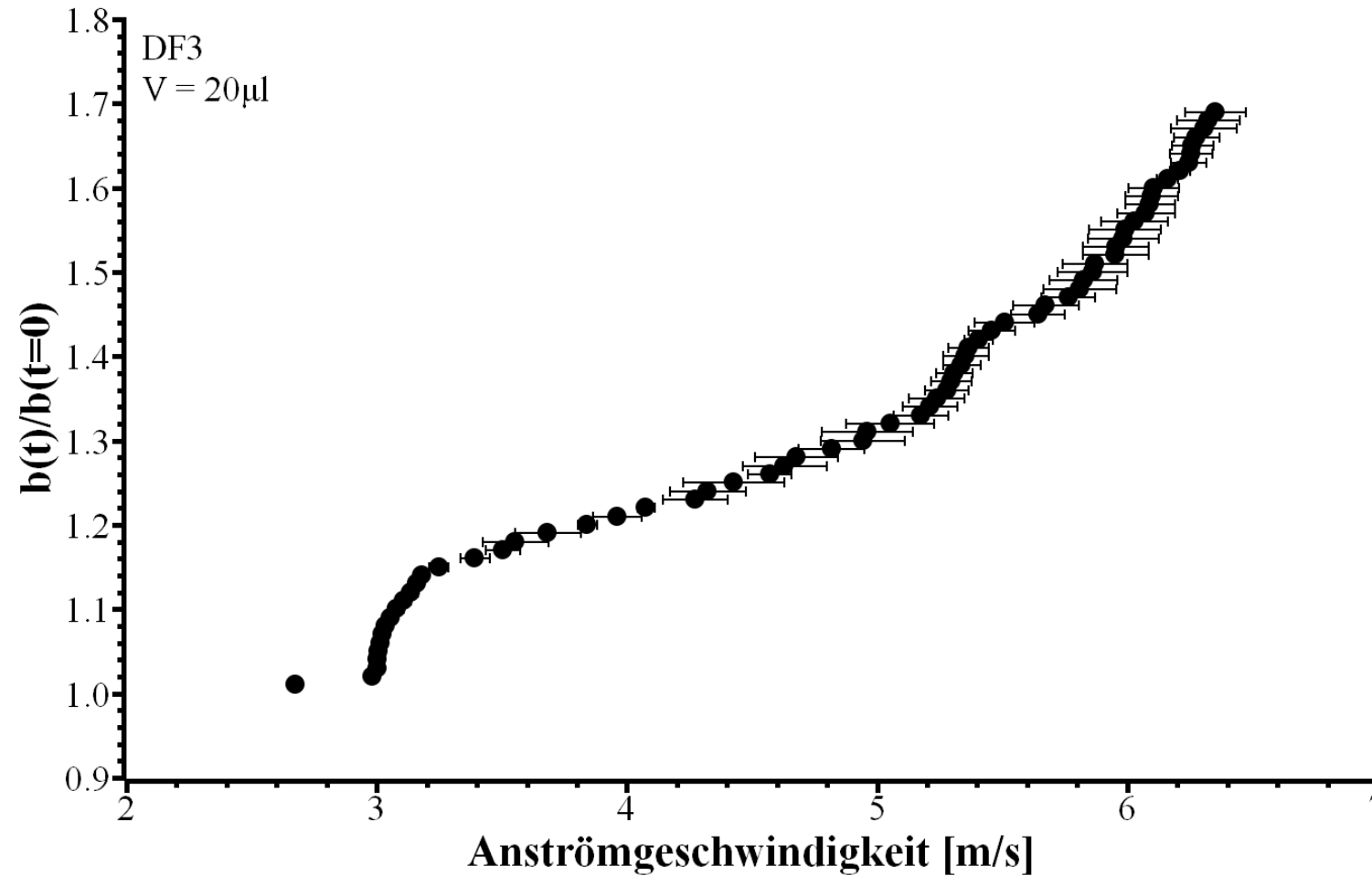
2.5  $\mu$ l

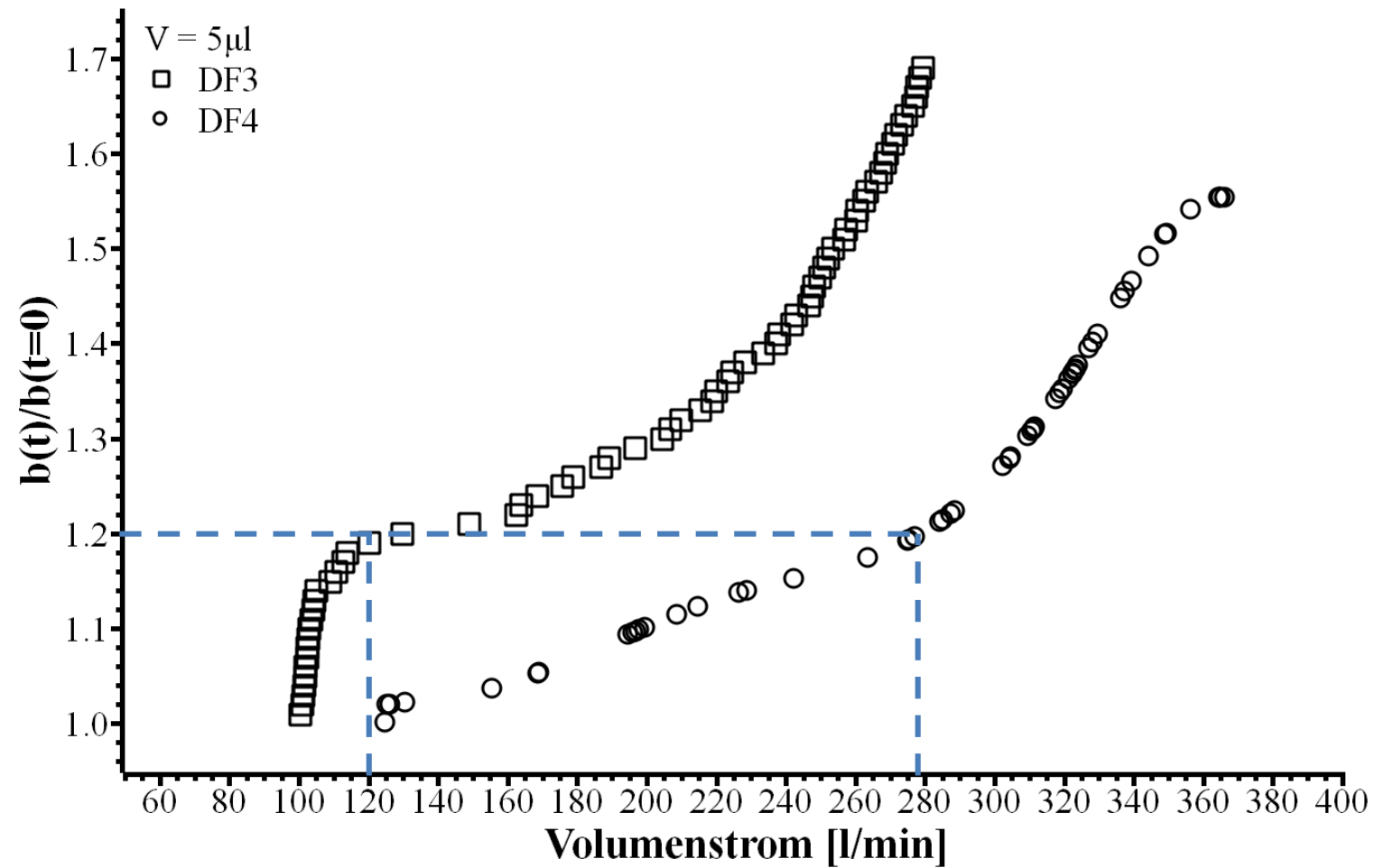


10  $\mu$ l









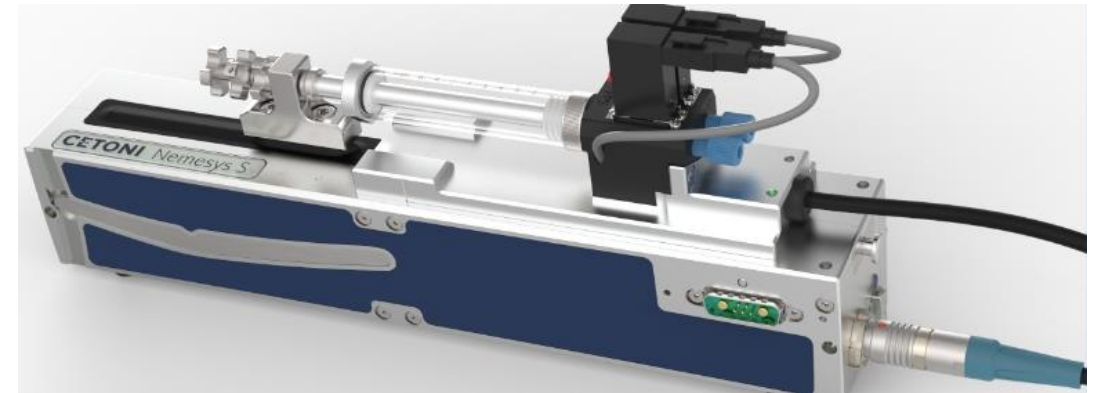
## Zusammenfassung

- Einfluss des Vlieses:

Kontaktwinkel	$\theta_{DF3}$	$>$	$\theta_{DF4}$
Eigenfrequenz	$EF_{DF3}$	$<$	$EF_{DF4}$
Tropfenbreite	$b_{DF3}$	$<$	$b_{DF4}$
Tropfenhöhe	$t_{DF3}$	$>$	$t_{DF4}$
Fließgrenze	$v_{krit, DF3}$	$>$	$v_{krit, DF4}$

## Ausblick

- Spritzenpumpe
- Vibration
- Vibration + Anströmung
- Tropfenerzeugung durch Vlies
- Weitere Öle



Spritzenpumpe Centoni Nemesis S