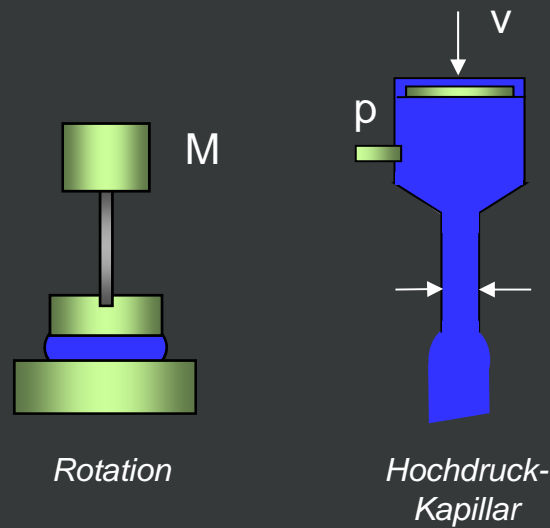


Viskositätsmessungen in der Qualitätssicherung – Worauf muß man achten?



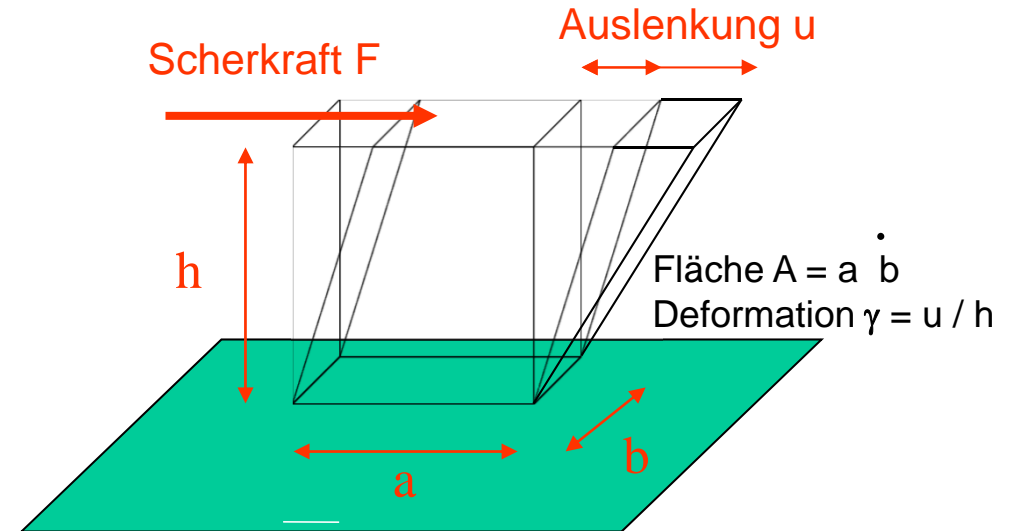
Torsten Remmler, Malvern Instruments GmbH

Überblick

- Wie ist die Scherviskosität definiert?
- Messprinzip Rotationsrheometer / Hochdruck-Kapillarrheometer
- Parametrierung: Stationäre und Instationäre Scherviskositätskurven
- Zusatz-Informationen: Elastische Normalspannungen
- Interpretation von Scherviskositätskurven

Fließeigenschaften in Scherung: Grundbegriffe

- › Temperatur
- › Druck
- › Scherrate (Fließgeschwindigkeit)
- › Schubspannung (Scherkraft)
- › Zeit



Dynamische Scherviskosität*:

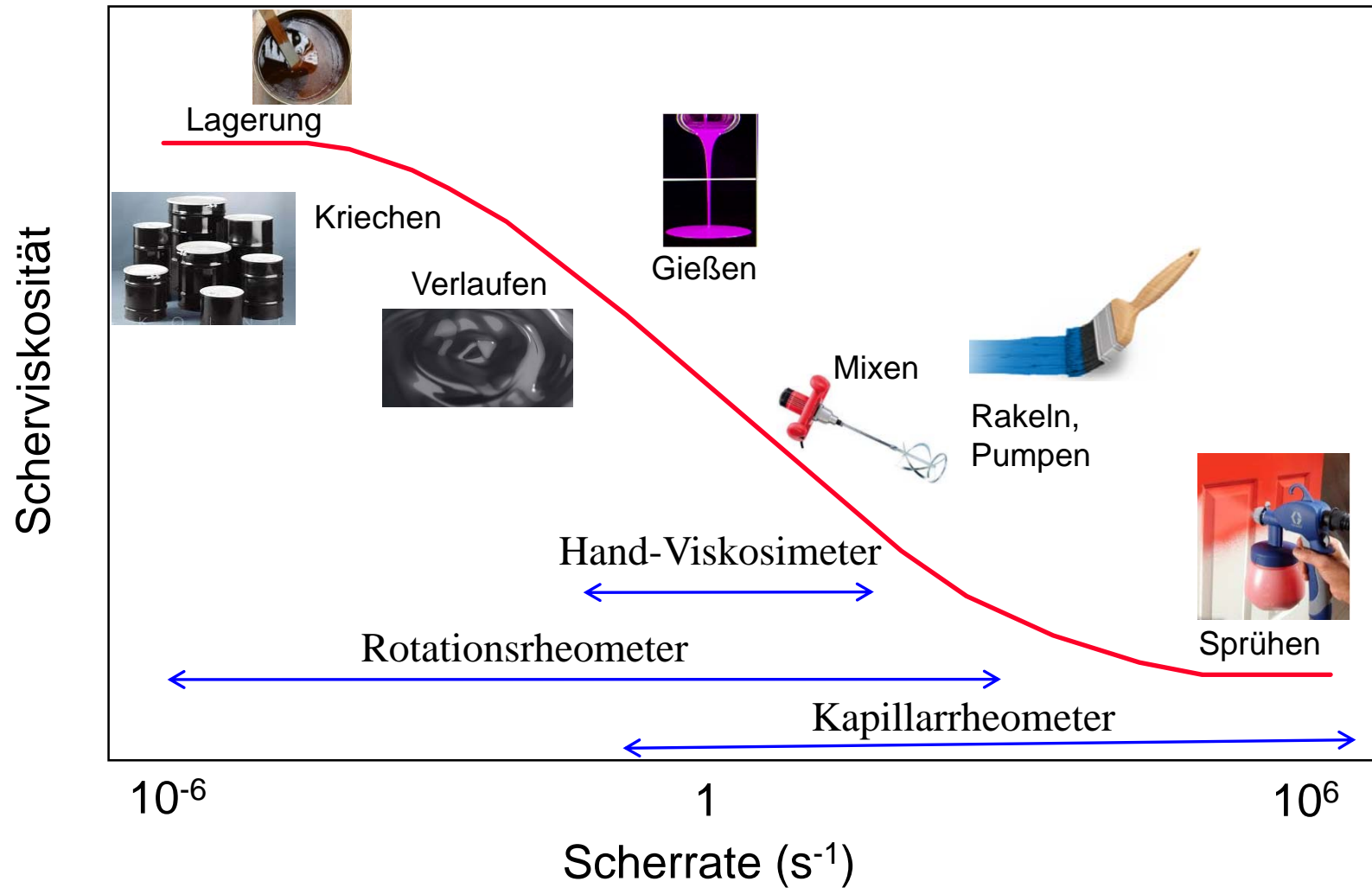
$$\eta (T, p, t, \dot{\gamma}) = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}}$$

Einheit: $[\eta] = 1 \text{ Pas}$

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} \quad \text{Scherrate [1/s]}$$

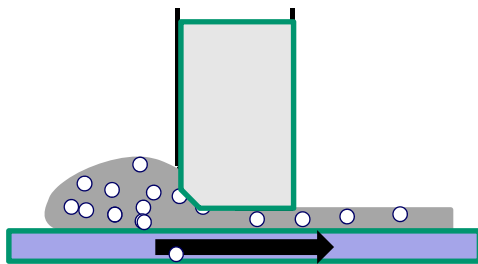
$$\sigma = \frac{F_{\text{tan}}}{A} \quad \text{Schubspannung [Pa=N/m}^2\text{]}$$

Typische Scherbeanspruchungen



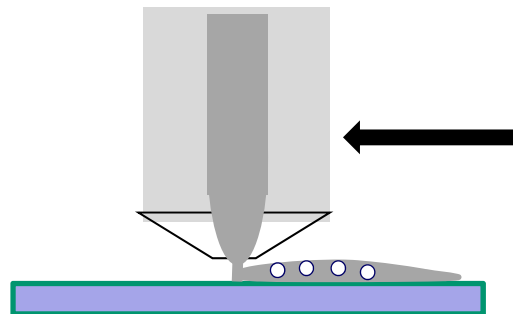
Abschätzung der Scherrate

Rakelauftrag,
Streichen



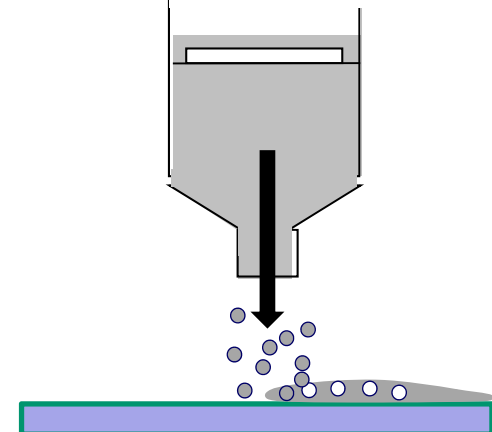
$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h}$$

Schlitzdüsen-
Beschichtung



$$\dot{\gamma}_{\text{app}} = \frac{6 \cdot Q}{b h^2}$$

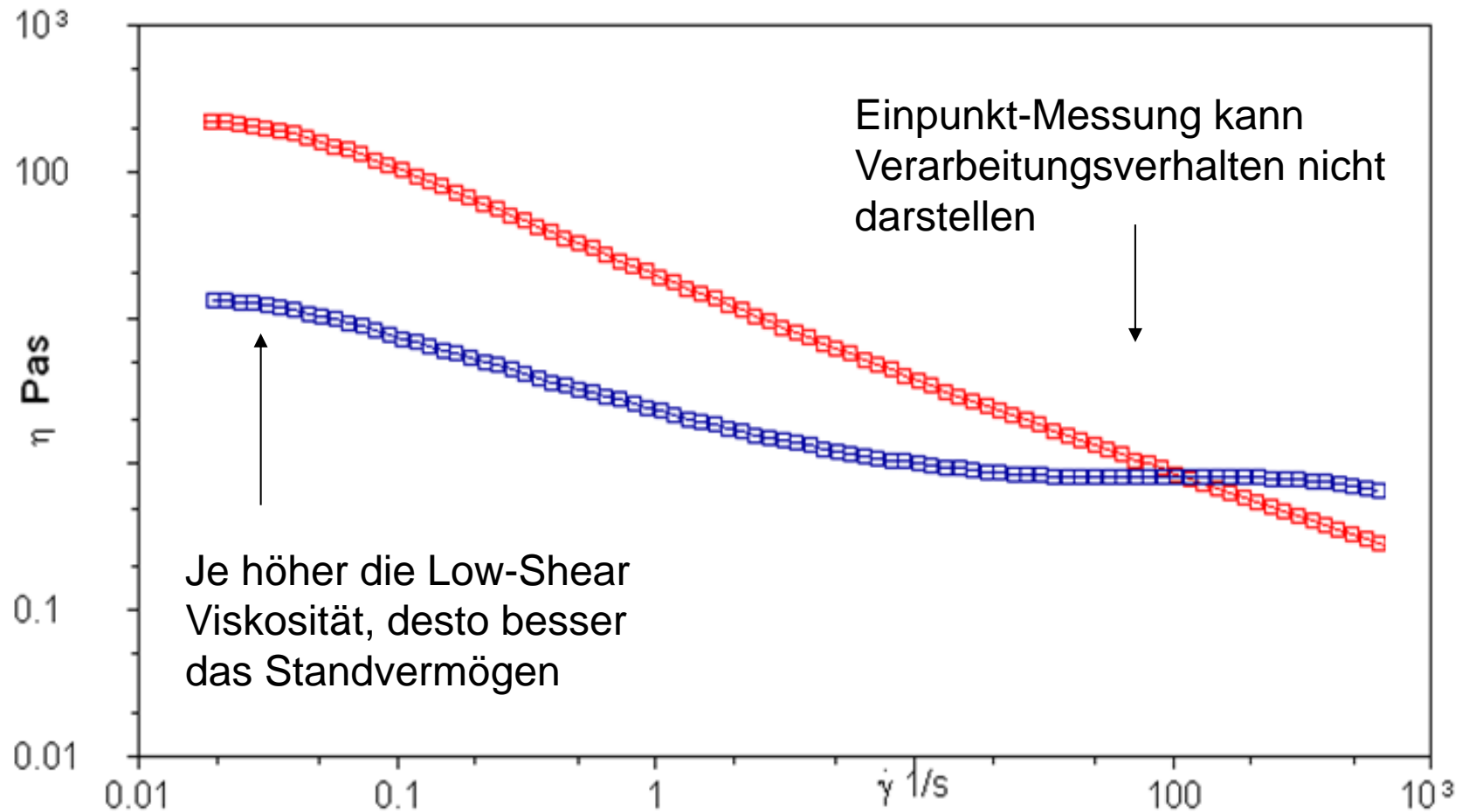
Sprühauftrag



$$\dot{\gamma}_{\text{app}} = \frac{4 \cdot Q}{\pi R^3}$$

Q = Volumenstrom, R = Düsenradius, L = Düsenlänge, b = Schlitzbreite
 w = Schlitzhöhe, v = Auftragsgeschwindigkeit, h = Nass-Schichtdicke

Messbeispiel: Vergleich von 2 Scherviskositätskurven



- Scherratenabhängigkeit der Scherviskosität: Relativmessung nicht sinnvoll !
- Für Scherviskositätswerte muß jeweilige Scherrate angegeben werden !

Auswahl des Messgerätes: Rotationsrheometer

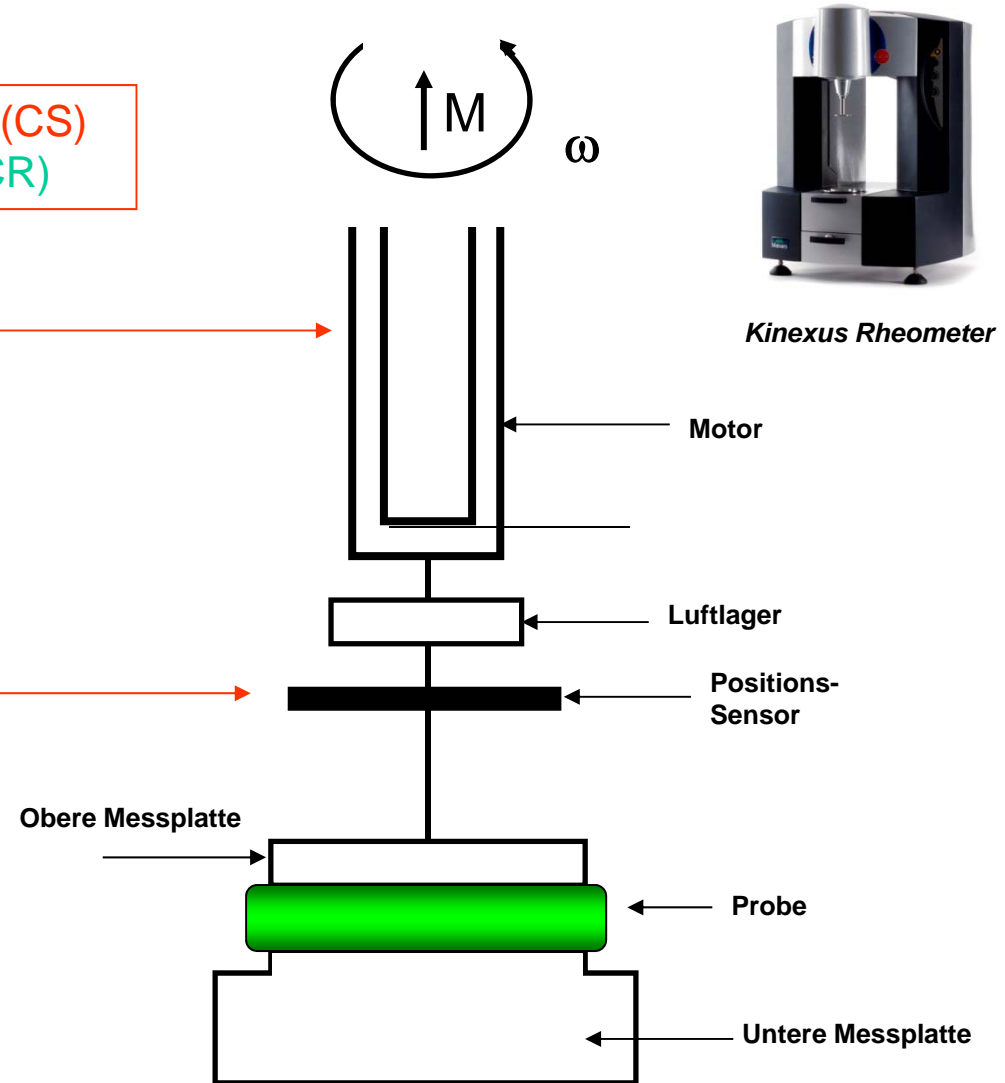
Schubspannungsvorgabe (CS)
Deformationsvorgabe (CR)

Anregung /
Detektion

Antwort /
Vorgabe

Anwendungen:

- *Optimal für geringe bis mittlere Scherraten geeignet*
- *Liefert absolute Scherviskosität*



Auswahl des Messgerätes: Hochdruck-Kapillarrheometer

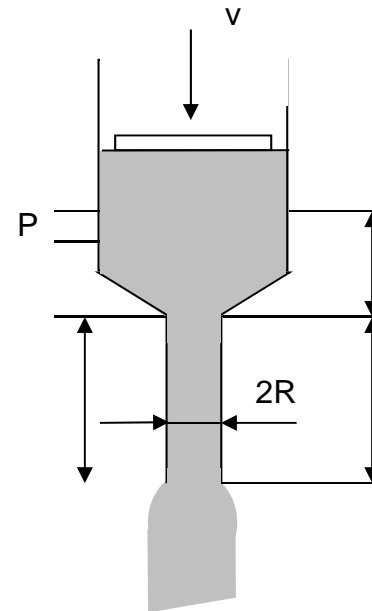
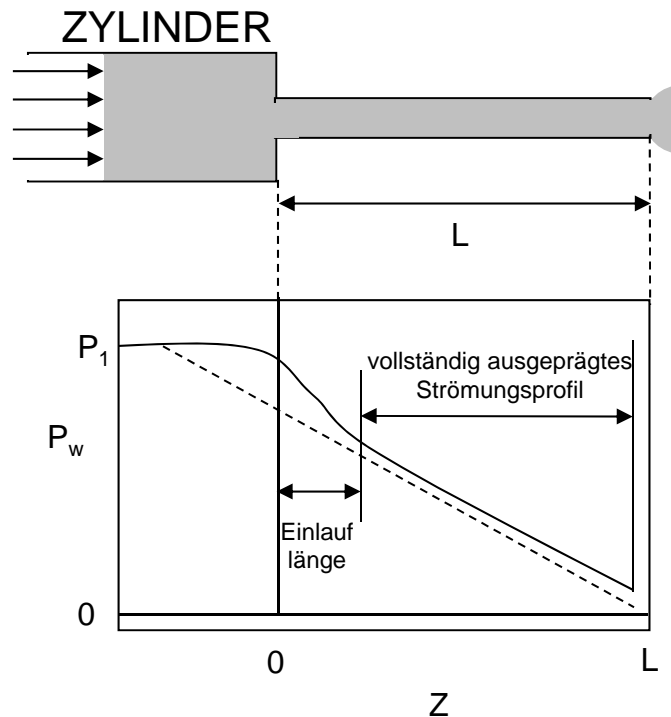
Vorgabe: Stempelgeschwindigkeit \Rightarrow Wandscherrate
 Meßgröße: Gesamtdruckabfall \Rightarrow Wandschubspannung



RH2000



RH10-D

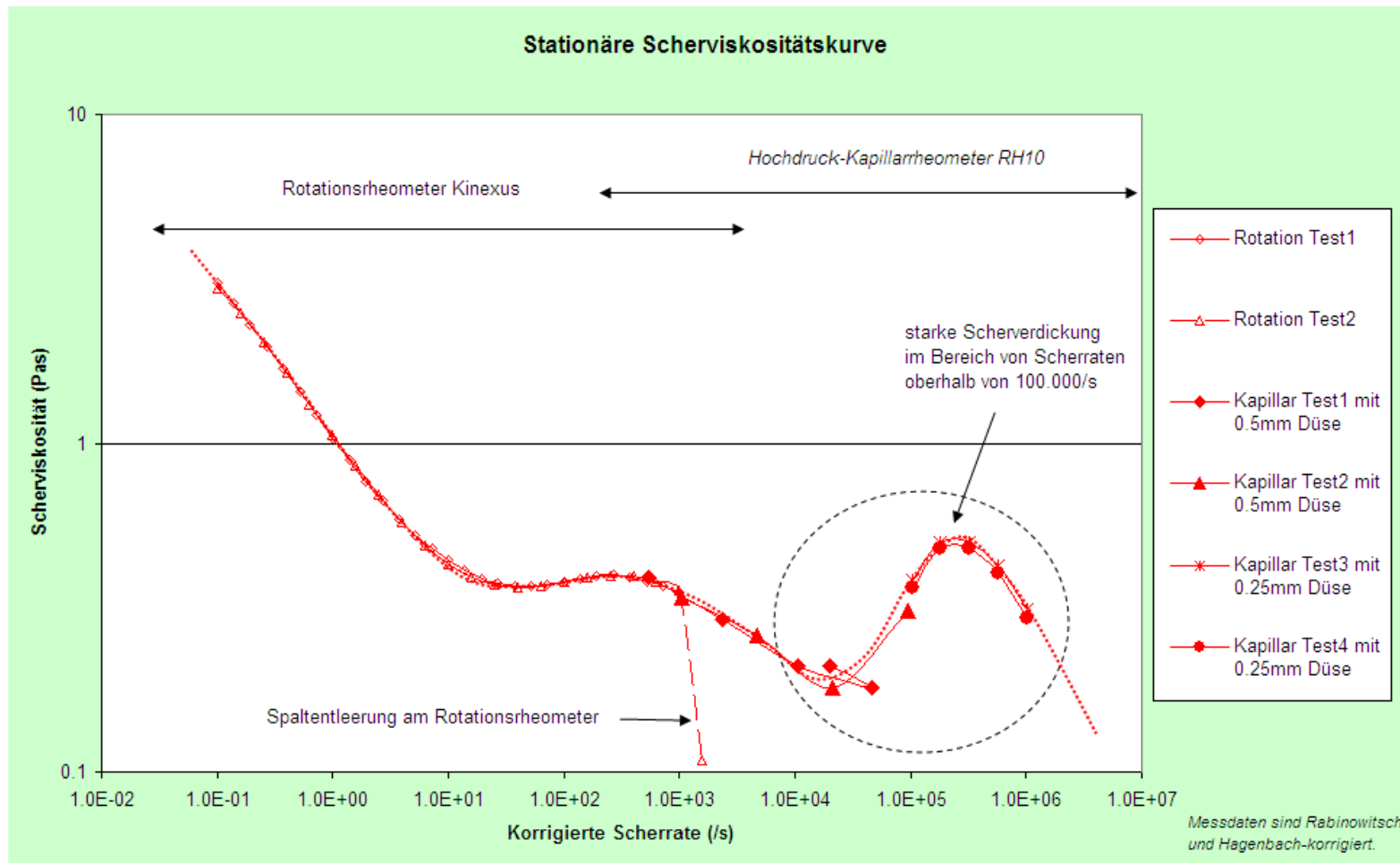


$$\begin{aligned} &\text{Gemessener} \\ &\text{Gesamtdruckverlust} \\ &= \\ &\text{Einlaufdruckverlust} \\ &+ \\ &\text{Scherdruckverlust} \end{aligned}$$

Anwendungen:

- *Optimal für mittlere bis sehr hohe Scherraten geeignet*
- *Liefert absolute Scherviskosität*

Anwendungsbeispiel: Dispersions-Klebstoff



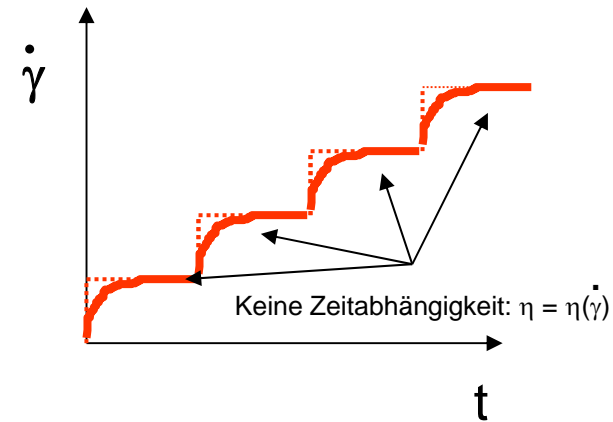
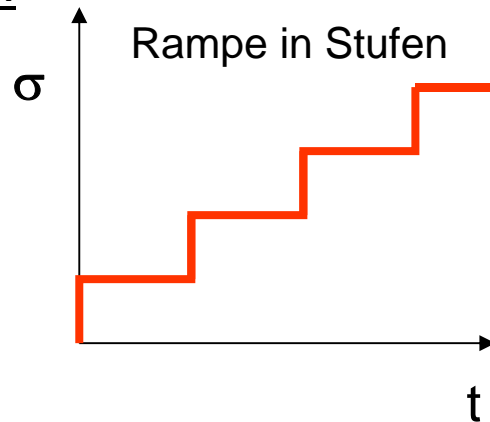
⇒ Komplexes Fließverhalten (Scherverdünnung / Scherverdickung)
abhängig vom Scherratenbereich

⇒ Scherverdickung kann zu Düsenverstopfung beim Sprühauftrag führen

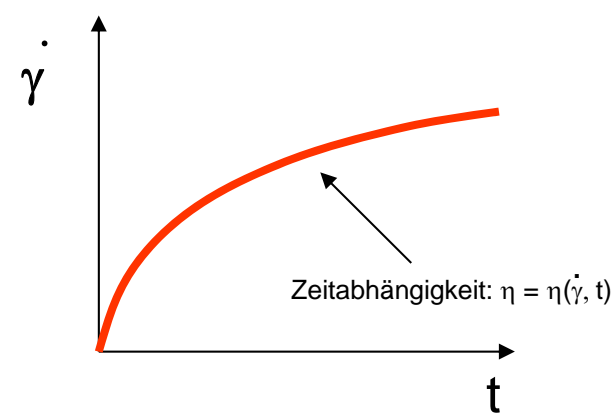
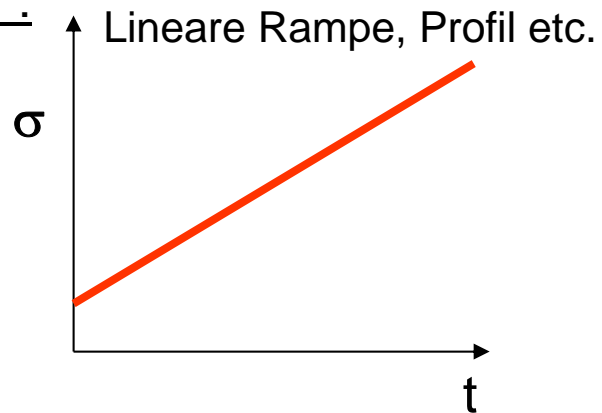
Messtechnische Aufnahme einer Scherviskositätskurve

Schubspannungs-oder Scherraten-Vorgabe: Stationäre und instationäre Messroutine

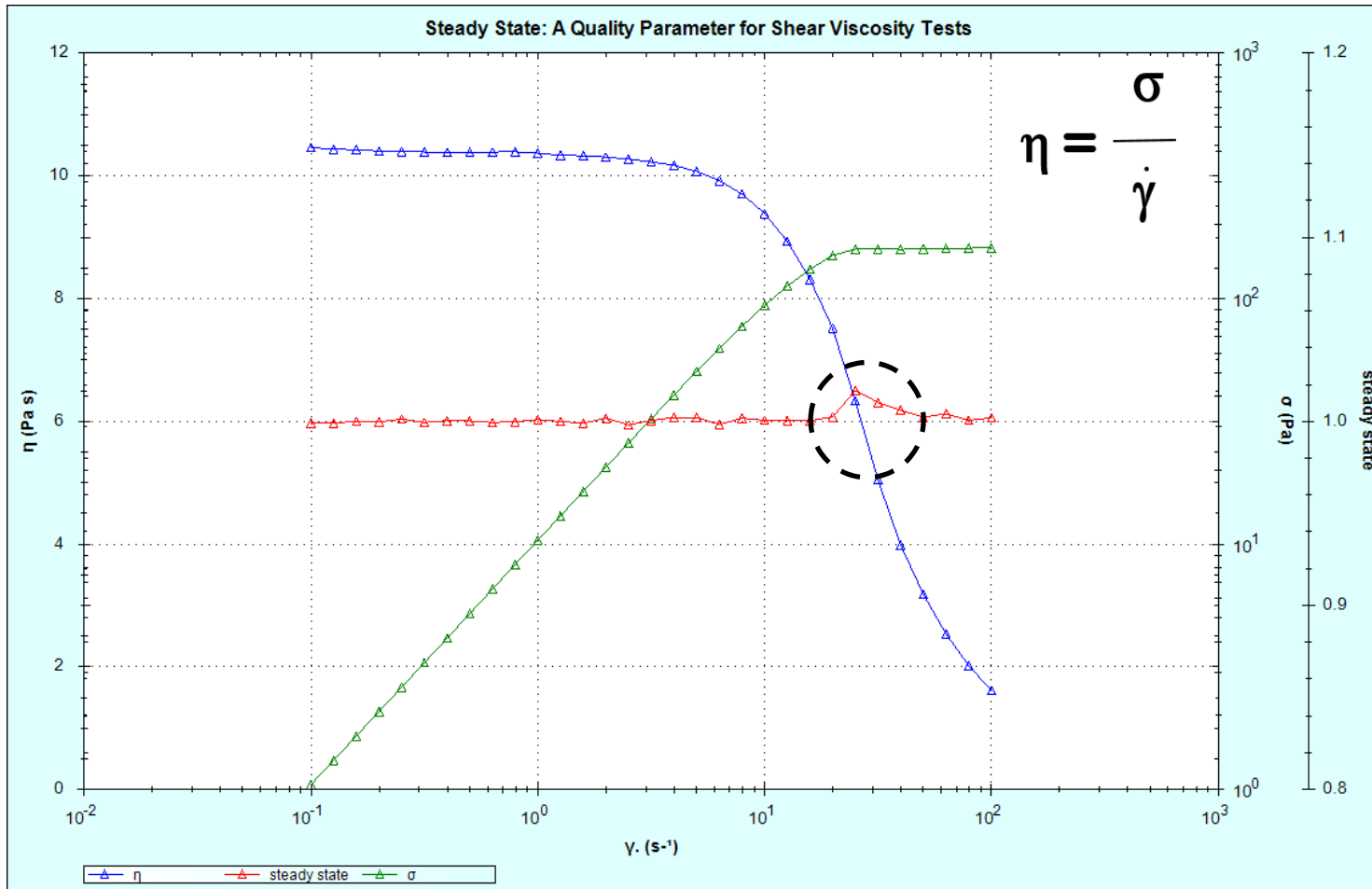
Stationär :



Instationär :



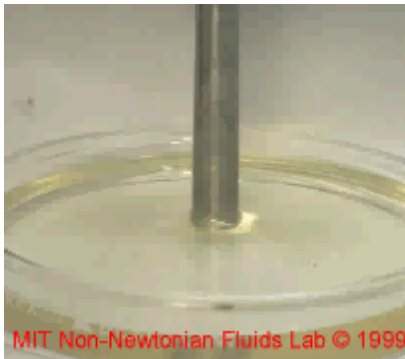
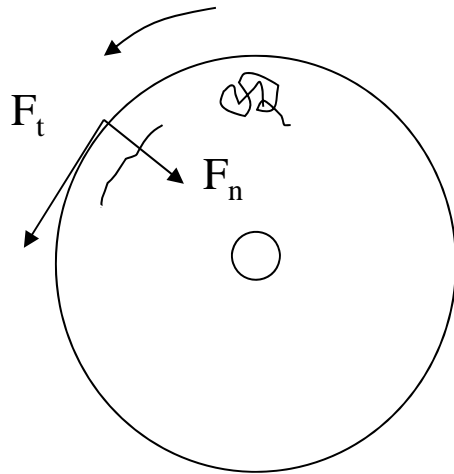
Stationarität als wichtiges QC-Kriterium



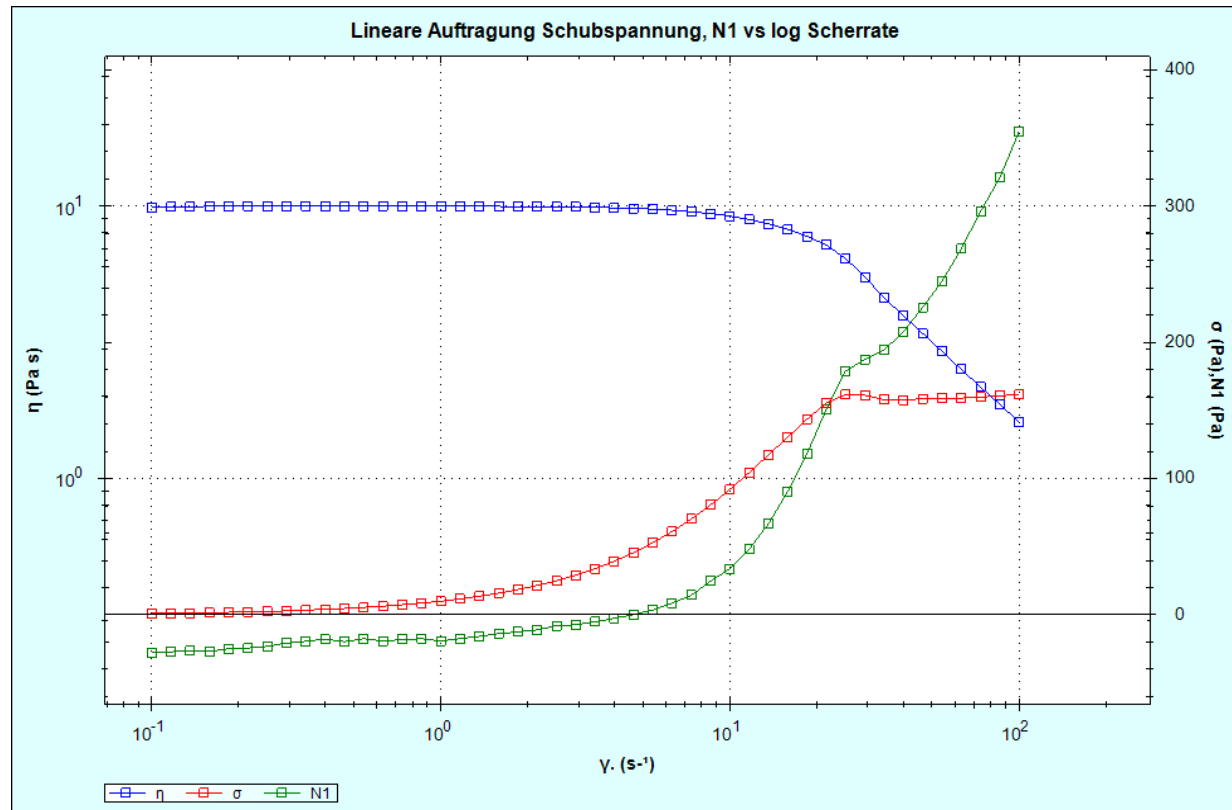
⇒ Stationarität weicht vom Idealwert 1 ab -> Messfehler!!

⇒ Instationäre Scherratenrampen sind für QC-Messungen nicht zu empfehlen

Einfluß elastischer Effekte in Scherung: N1



Quelle: MIT, 1999



- ⇒ Klebstoffe sind viskoelastisch: Flüssigkeits- als auch Festkörper-Eigenschaften!
- ⇒ Probleme in der Verarbeitung können elastizitätsbedingt sein!

Zusammenfassung

Was Sie beachten sollten

- Richtigen Scherratenbereich für die jeweilige Anwendung auswählen
- Stationarität beachten!
- Relativ-Messungen bei scherratenabhängiger Scherviskosität ungeeignet
- Elastische Normalspannungen liefern Zusatz-Informationen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Weitere Informationen zu rheologischen Fragestellungen finden Sie auf

www.malvern.de