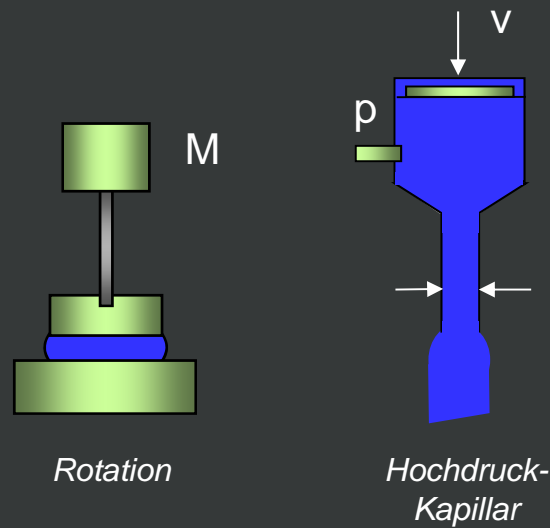


# Viskositätsmessungen in der Qualitätssicherung – Worauf muß man achten?



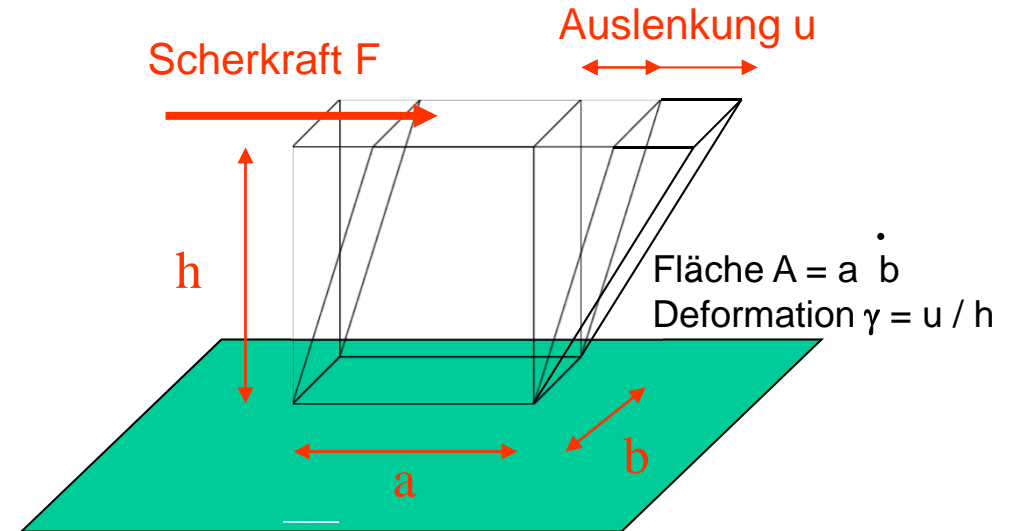
Torsten Remmler, Malvern Instruments GmbH

# 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\*:

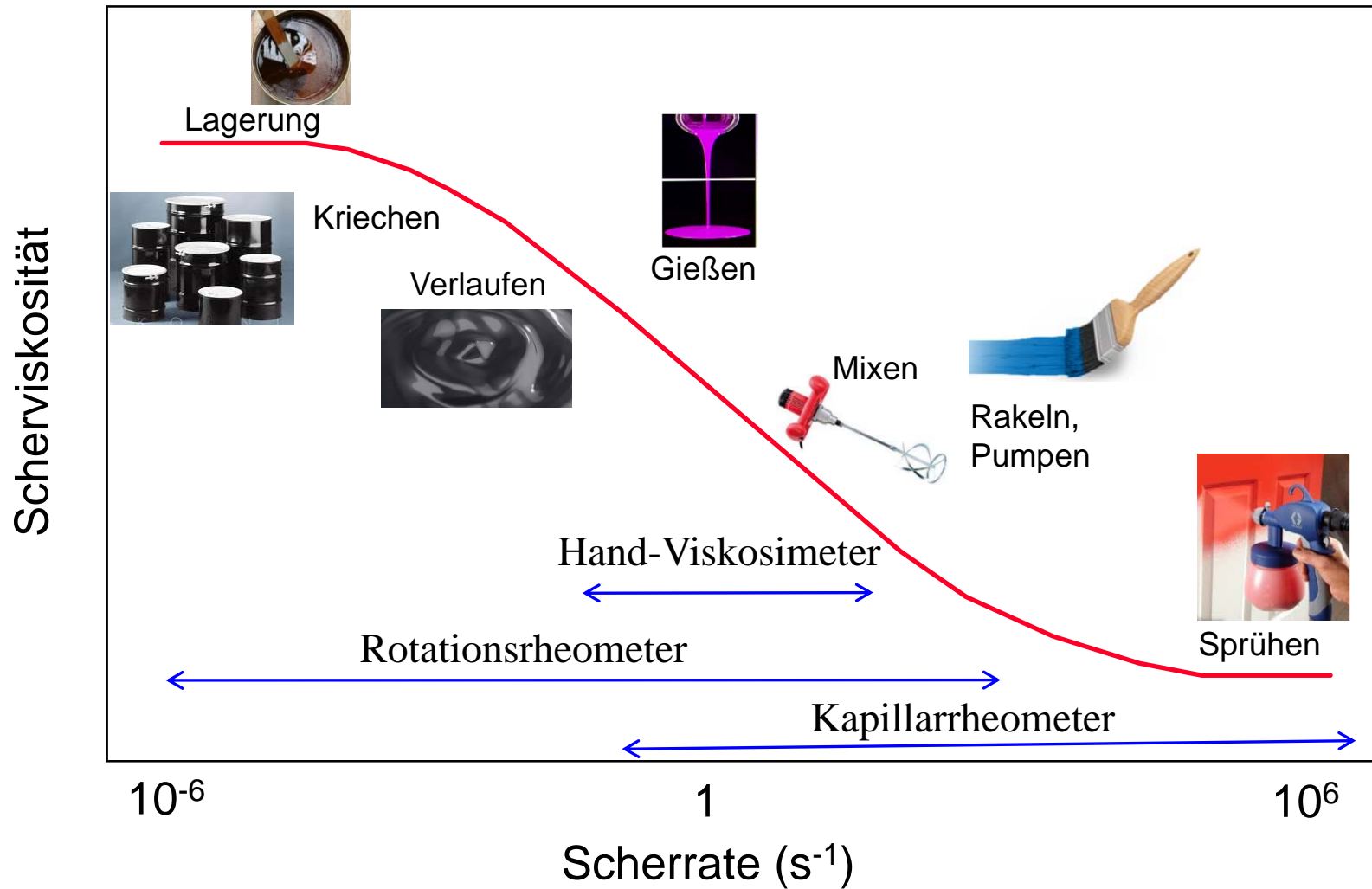
$$\eta (T, p, t, \dot{\gamma}) = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}}$$

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

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

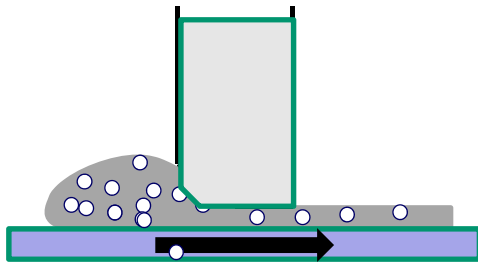
$$\sigma = \frac{F_{\text{tan}}}{A} \quad \text{Schubspannung [Pa=N/m}^2\text{]}$$

# Typische Scherbeanspruchungen



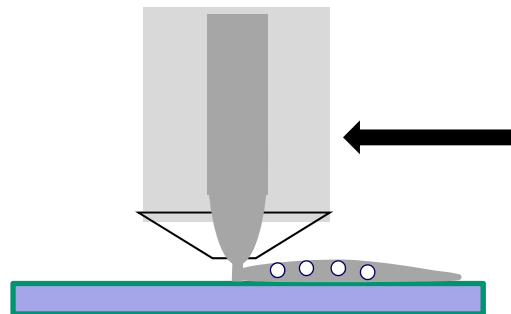
# Abschätzung der Scherrate

Rakelauftrag,  
Streichen



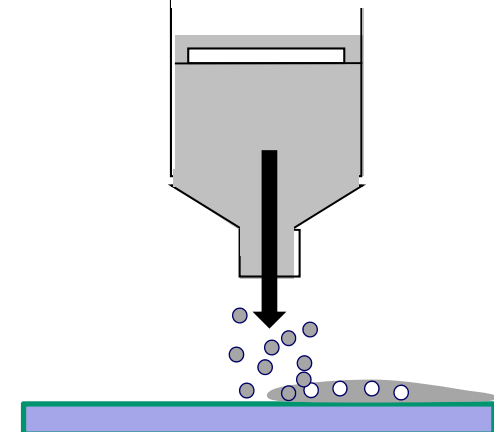
$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h}$$

Schlitzdüsen-  
Beschichtung



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

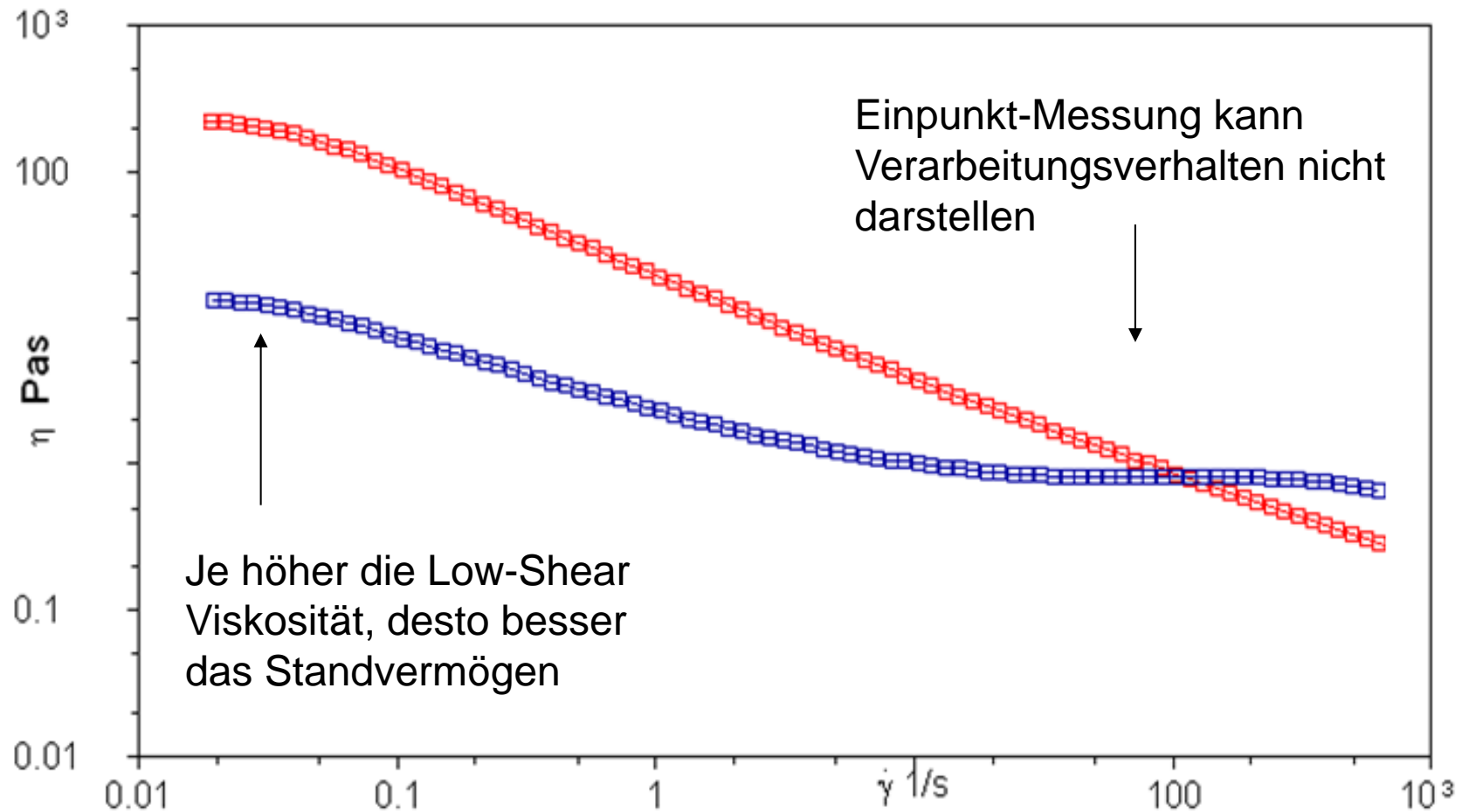
Sprühauftrag



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

$Q$  = 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

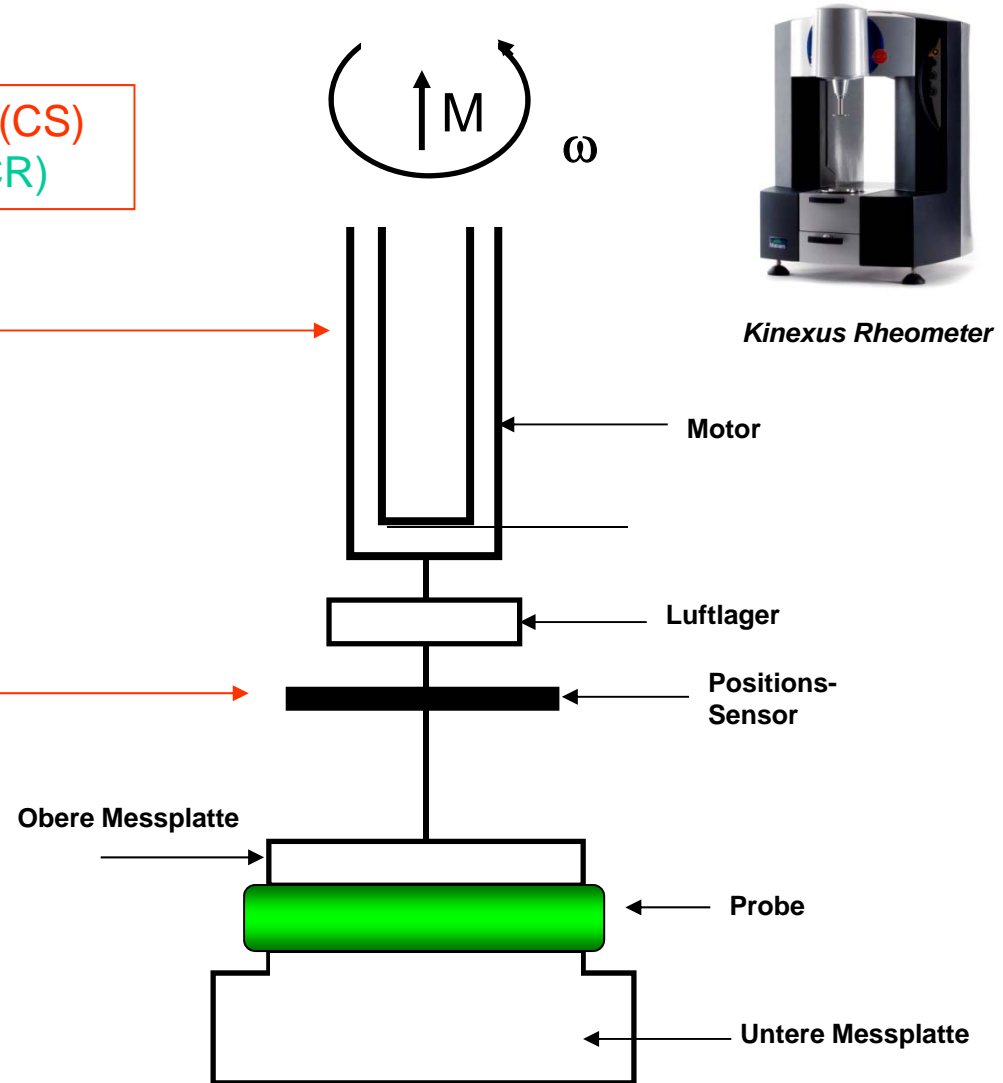
Schubspannungsvorgabe (CS)  
Deformationsvorgabe (CR)

Anregung /  
Detektion

Antwort /  
Vorgabe

## Anwendungen:

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



# Auswahl des Messgerätes: Hochdruck-Kapillarrheometer

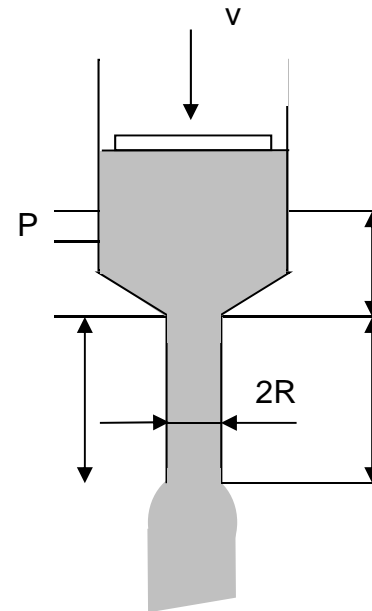
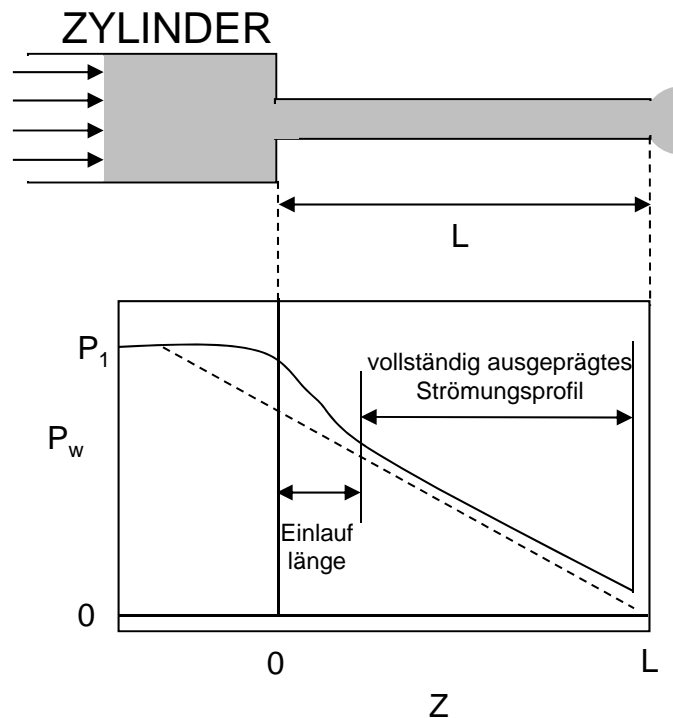
Vorgabe: Stempelgeschwindigkeit  $\Rightarrow$  Wandscherrate  
 Meßgröße: Gesamtdruckabfall  $\Rightarrow$  Wandschubspannung



RH2000



RH10-D



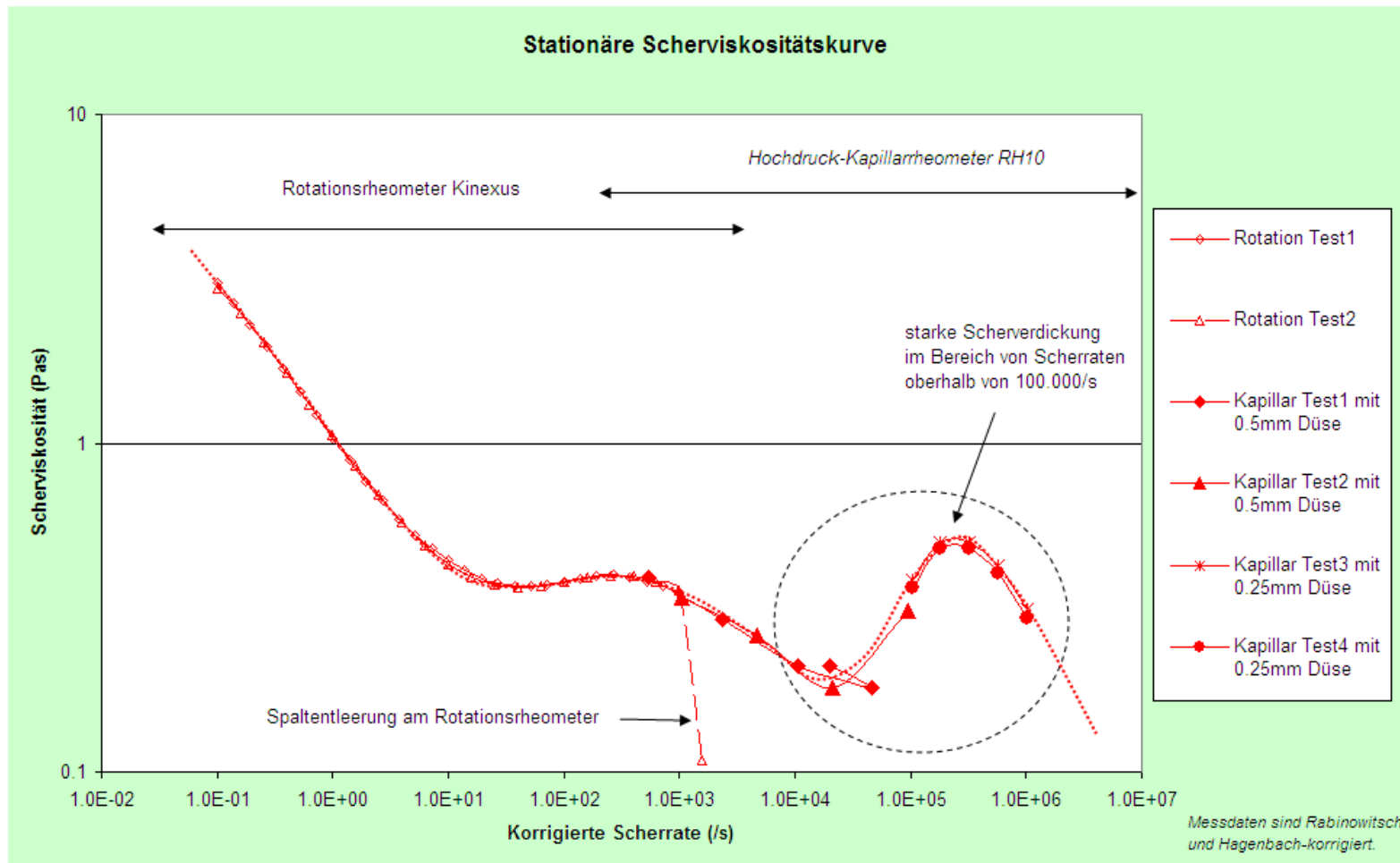
$$\begin{aligned} &\text{Gemessener} \\ &\text{Gesamtdruckverlust} \\ &= \\ &\text{Einlaufdruckverlust} \\ &+ \\ &\text{Scherdruckverlust} \end{aligned}$$

## Anwendungen:

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



# Anwendungsbeispiel: Dispersions-Klebstoff



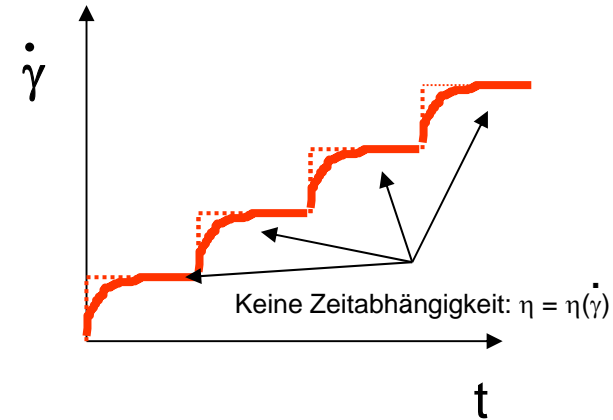
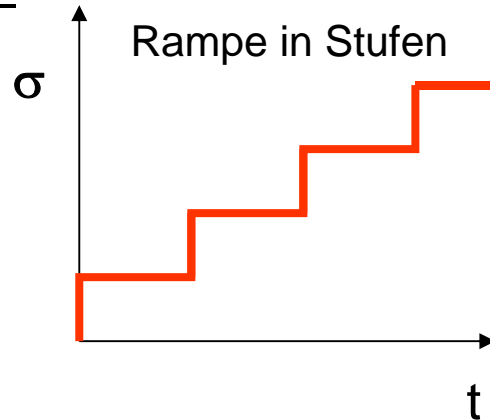
⇒ Komplexes Fließverhalten (Scherverdünnung / Scherverdickung)  
abhängig vom Scherratenbereich

⇒ Scherverdickung kann zu Düsenverstopfung beim Sprühauftrag führen

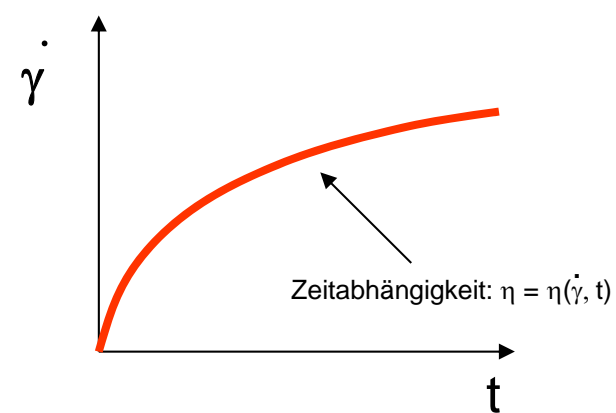
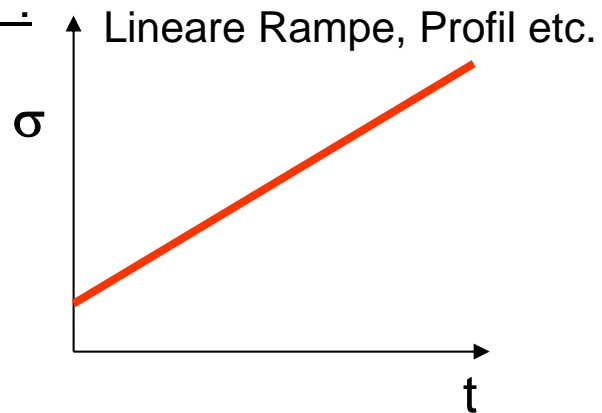
# Messtechnische Aufnahme einer Scherviskositätskurve

*Schubspannungs-oder Scherraten-Vorgabe: Stationäre und instationäre Messroutine*

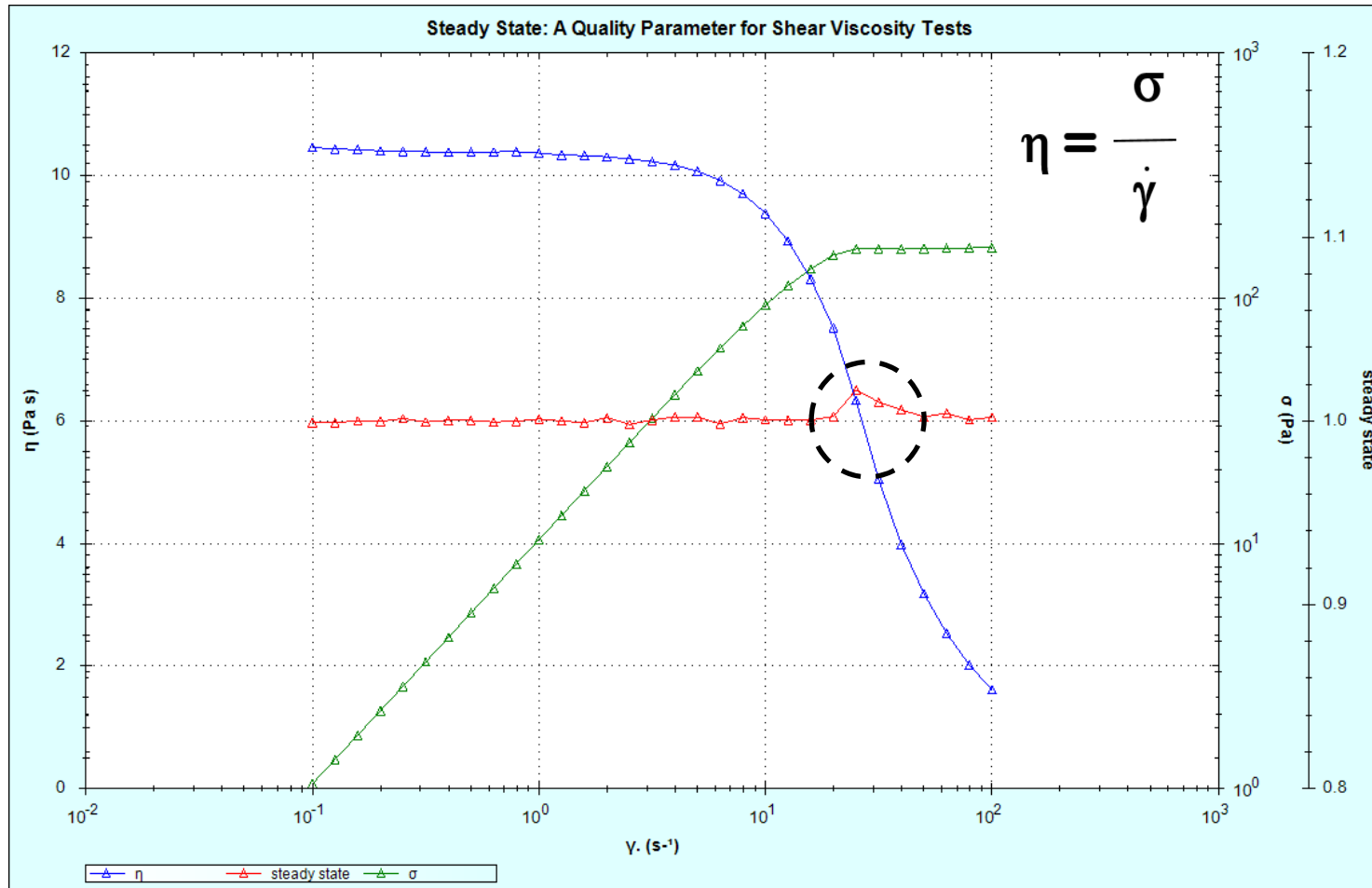
Stationär :



Instationär :



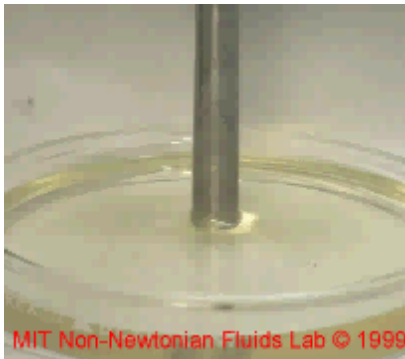
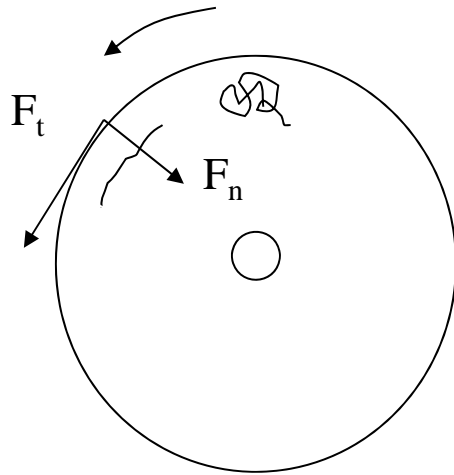
# Stationarität als wichtiges QC-Kriterium



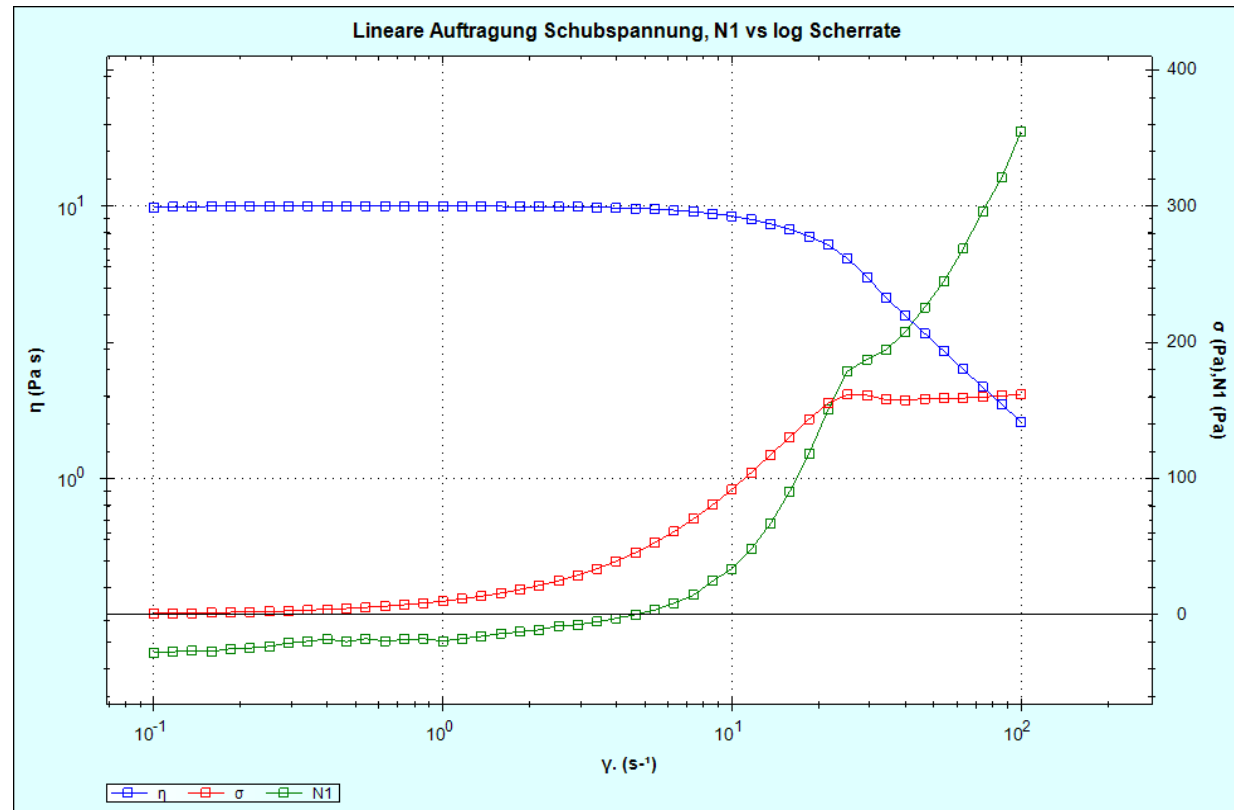
⇒ Stationarität weicht vom Idealwert 1 ab -> Messfehler!!

⇒ 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](http://www.malvern.de)