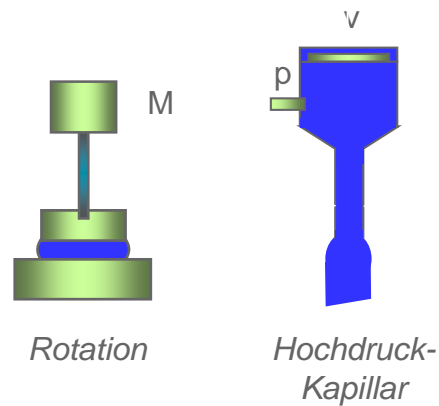


## Viskositätsmessungen in der Qualitätssicherung – Worauf muß man achten?

*Torsten Remmler, Malvern Panalytical GmbH*

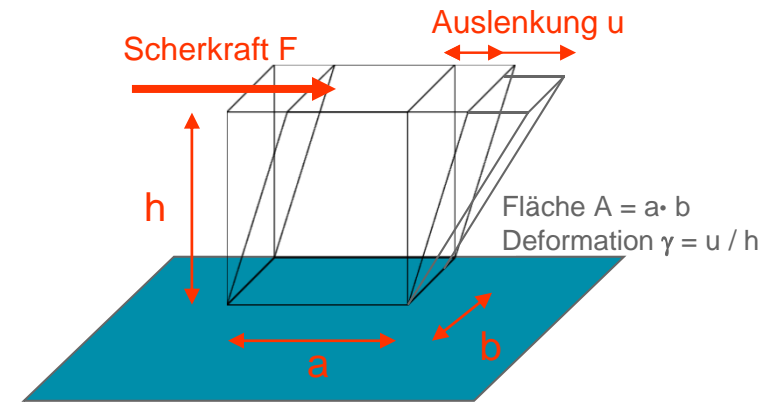


# Überblick

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

# Fließeigenschaften in Scherung: Grundbegriffe

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



Dynamische Scherviskosität\*:

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

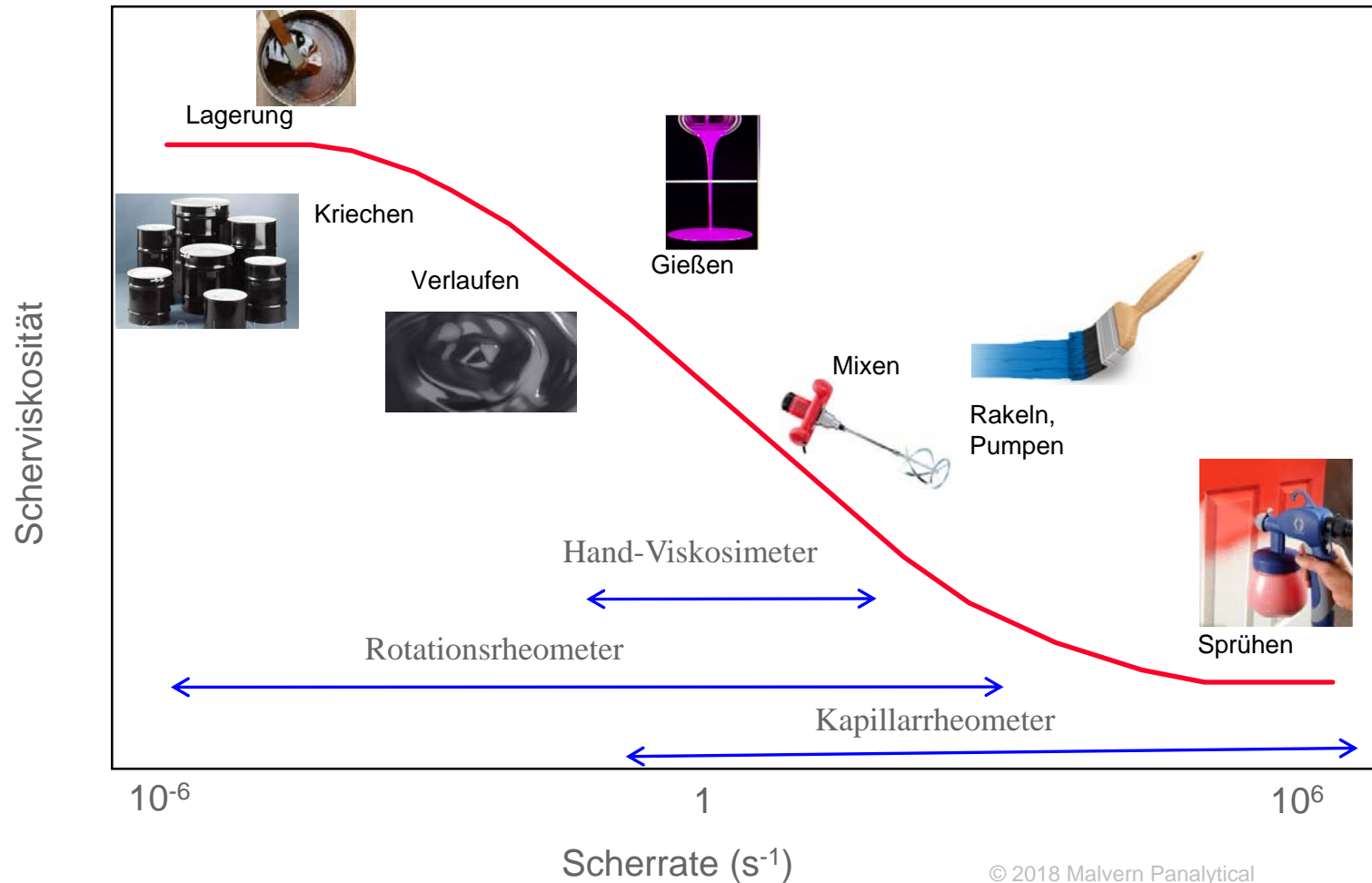
Einheit:  $[\eta] = 1 \text{ Pas}$

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

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

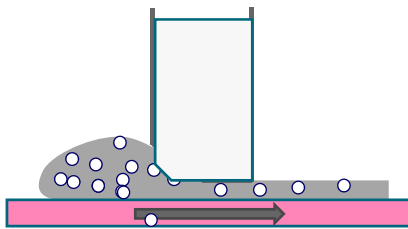
\* Isotherme, isobare, stationäre dynamische Scherviskosität eines inkompressiblen, isotropen Fluids

# Typische Scherbeanspruchungen



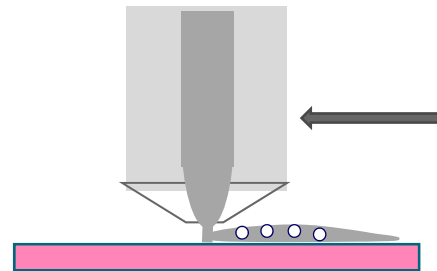
# Abschätzung der Scherrate

Rakelauftrag,  
Streichen



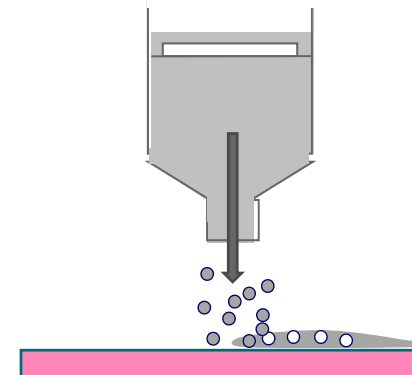
$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h}$$

Schlitzdüsen-  
Beschichtung



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

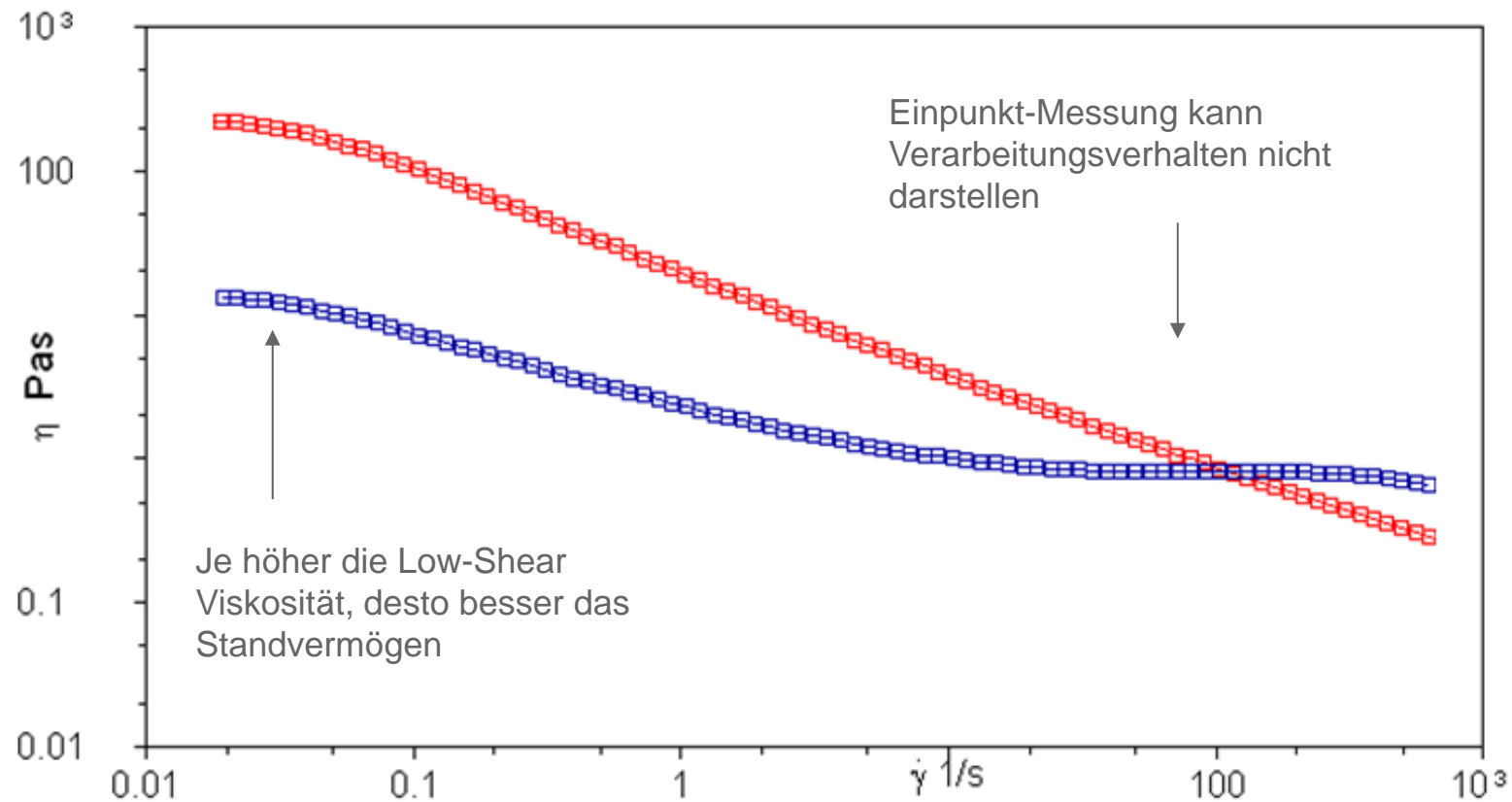
Sprühauftrag



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

*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



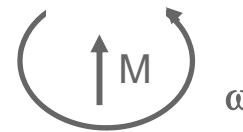
Schubspannungsvorgabe (CS)  
Deformationsvorgabe (CR)

Anregung /  
Detektion

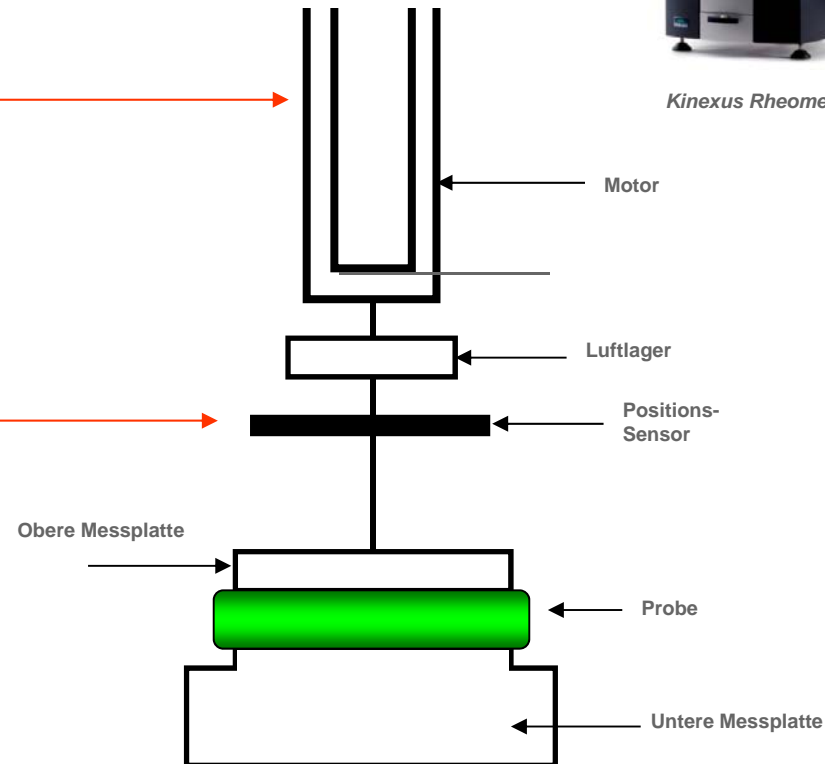
Antwort /  
Vorgabe

## Anwendungen:

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



Kinexus Rheometer



# Auswahl des Messgerätes: Hochdruck-Kapillarrheometer

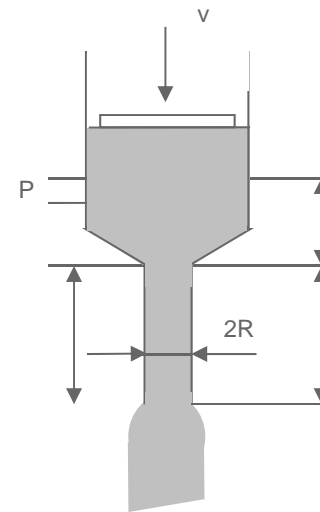
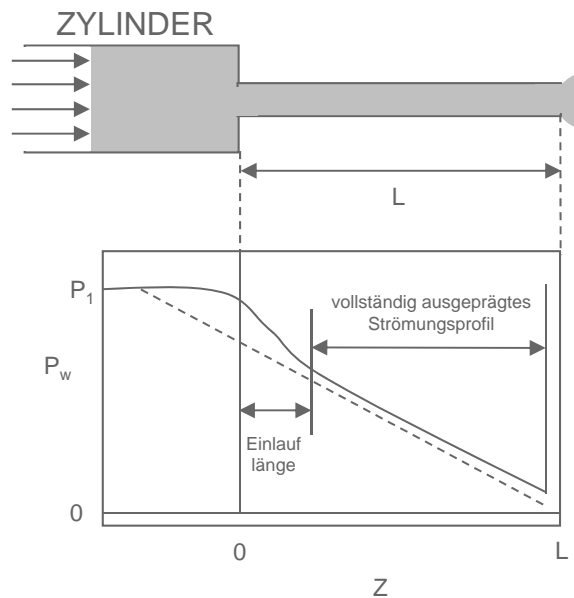
Vorgabe: Stempelgeschwindigkeit  $\Rightarrow$  Wandscherrate  
 Meßgröße: Gesamtdruckabfall  $\Rightarrow$  Wandschubspannung



RH2000



RH10-D



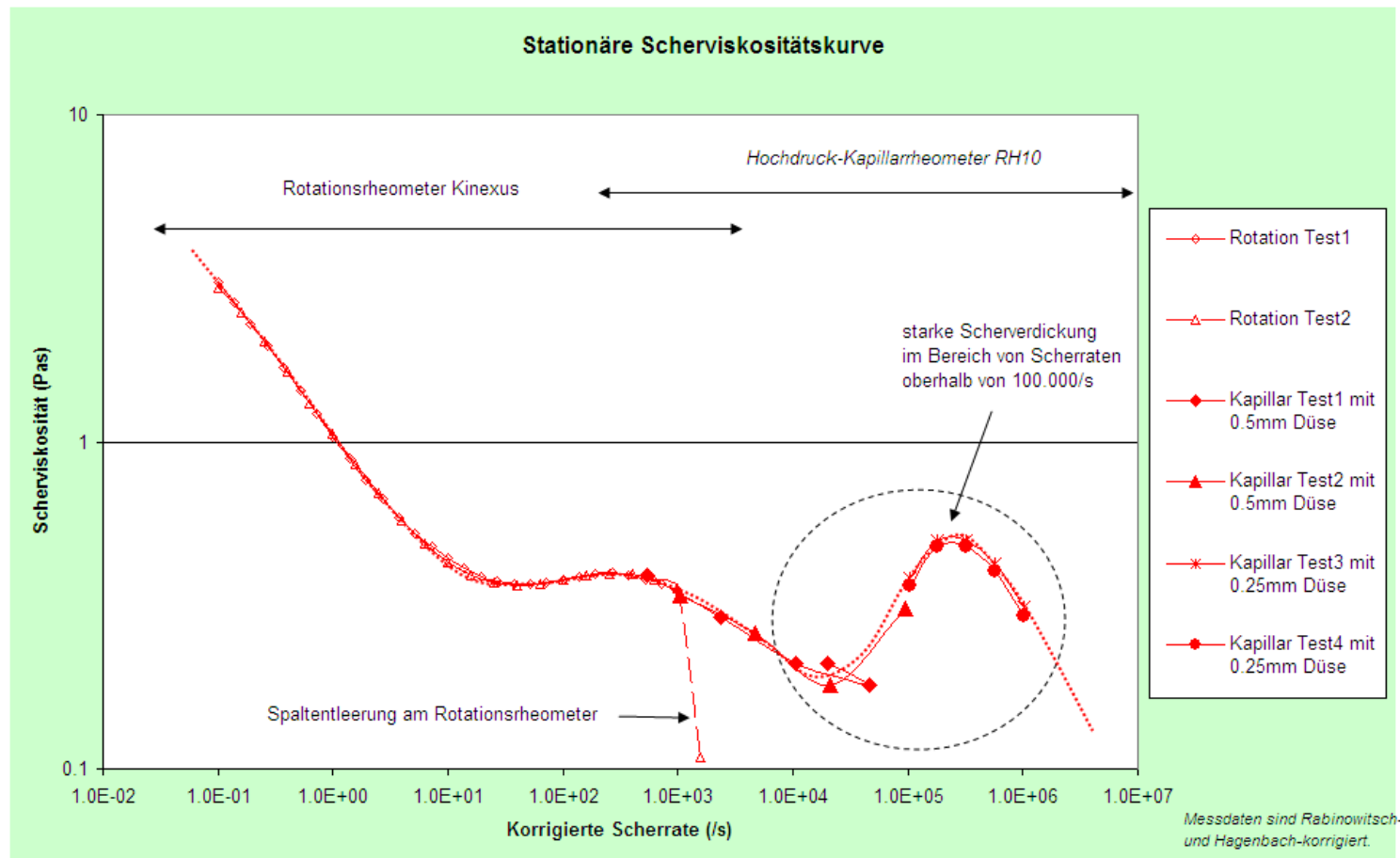
$$\begin{aligned} &\text{Gemessener} \\ &\text{Gesamtdruckverlust} \\ &= \\ &\text{Einlaufdruckverlust} \\ &+ \\ &\text{Scherdruckverlust} \end{aligned}$$

**Anwendungen:**

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



# Anwendungsbeispiel



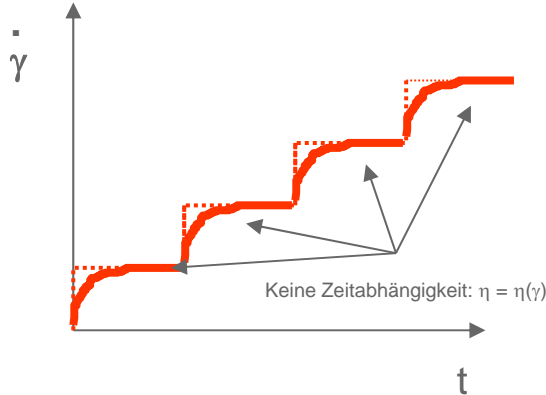
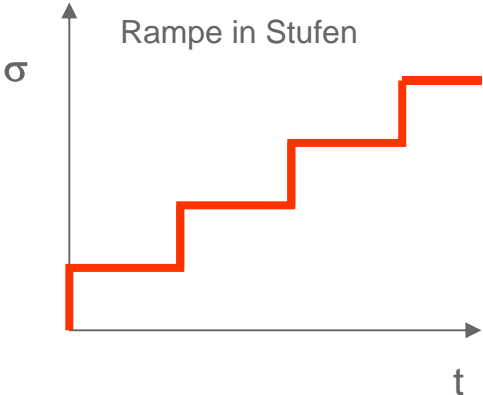
- ⇒ Komplexes Fließverhalten (Scherverdünnung / Scherverdickung) abhängig vom Scherratenbereich
- ⇒ Scherverdickung kann zu Düsenverstopfung beim Sprühauftrag führen

# Messtechnische Aufnahme einer Scherviskositätskurve

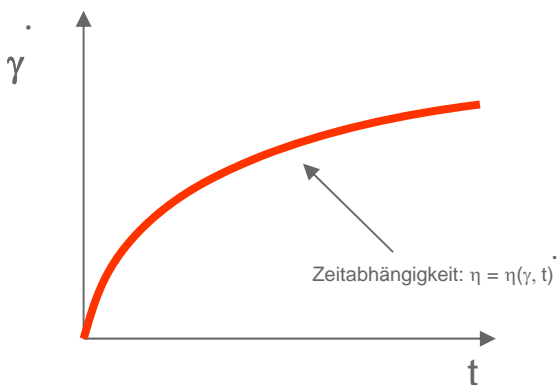
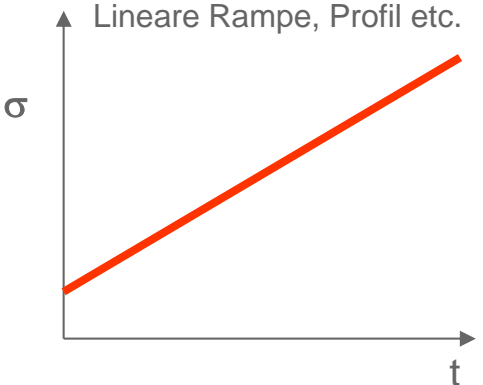


Schubspannungs-oder Scherraten-Vorgabe: Stationäre und instationäre Messroutine

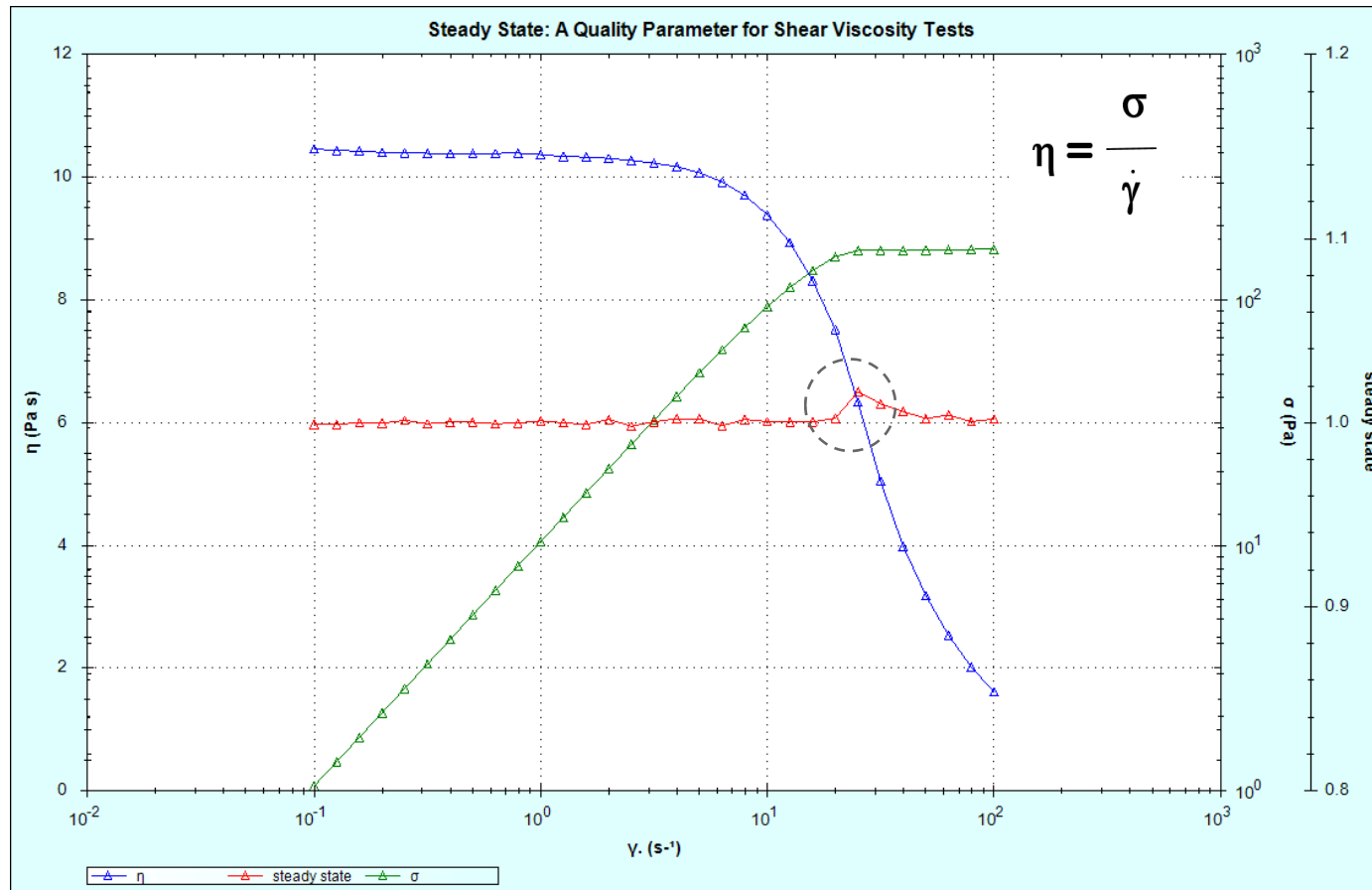
Stationär :



Instationär :



# Stationarität als wichtiges QC-Kriterium



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



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

*Weitere Informationen zu rheologischen Fragestellungen finden Sie auf*

[www.malvernpanalytical.de](http://www.malvernpanalytical.de)

*Email: [torsten.remmler@malvernpanalytical.com](mailto:torsten.remmler@malvernpanalytical.com)*

© 2018 Malvern Panalytical