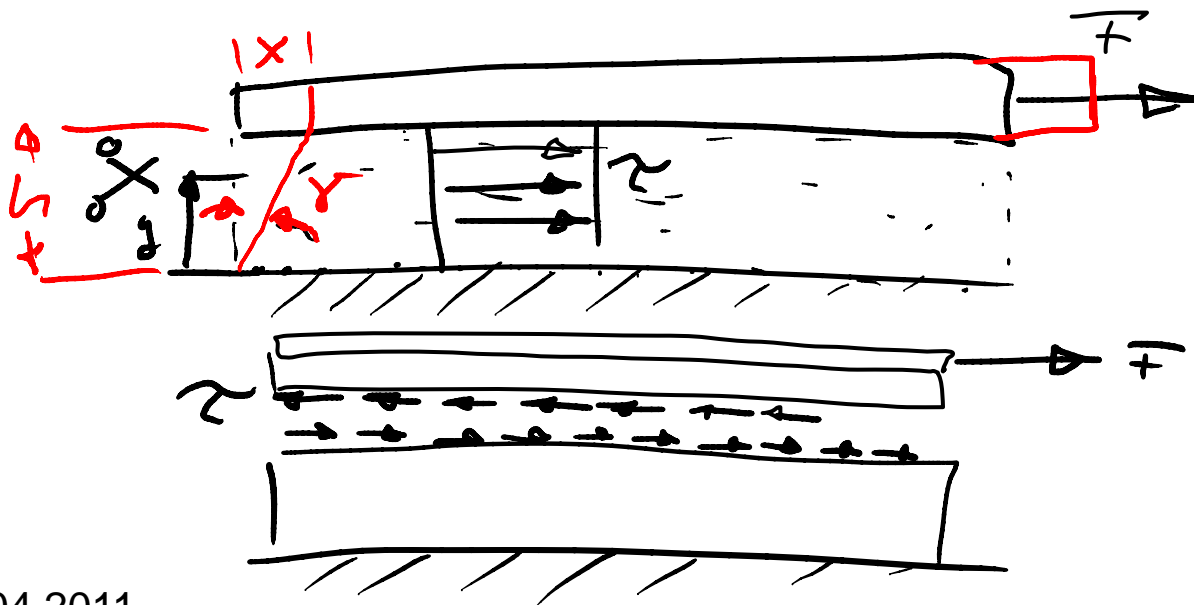


# Einführung

Was ist eine Flüssigkeit

Df.: Flüssigkeit ist dadurch gekennzeichnet, dass sie sich unbegrenzt unter einer Schubbelastung deformiert.



Schubwinkel  
 $\gamma = \frac{x}{h}$   
 $\gamma \rightarrow \infty$   
 $x \rightarrow \infty$   
 für eine Flüssigkeit.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2011  
Grundlagen der Turbo-  
maschinen und Fluidsysteme  
Vorlesung 2



# Flüssigkeit

Schubspannung  $\tau$  ist eine  
Funktion der zeitlich Änderung der  
Scherwinkel  $\gamma$

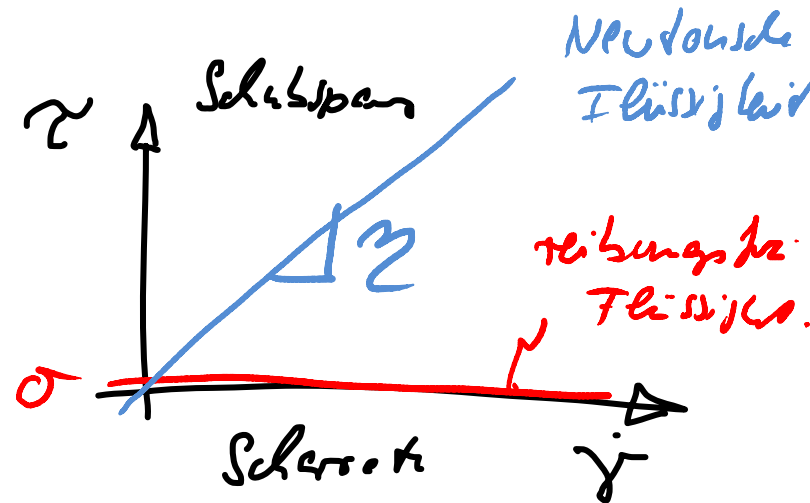
$$\frac{d\gamma}{dt} = \dot{\gamma} \quad \text{Scherrate}$$

$$\tau = \tau(\dot{\gamma})$$

$$\tau \sim \dot{\gamma}$$

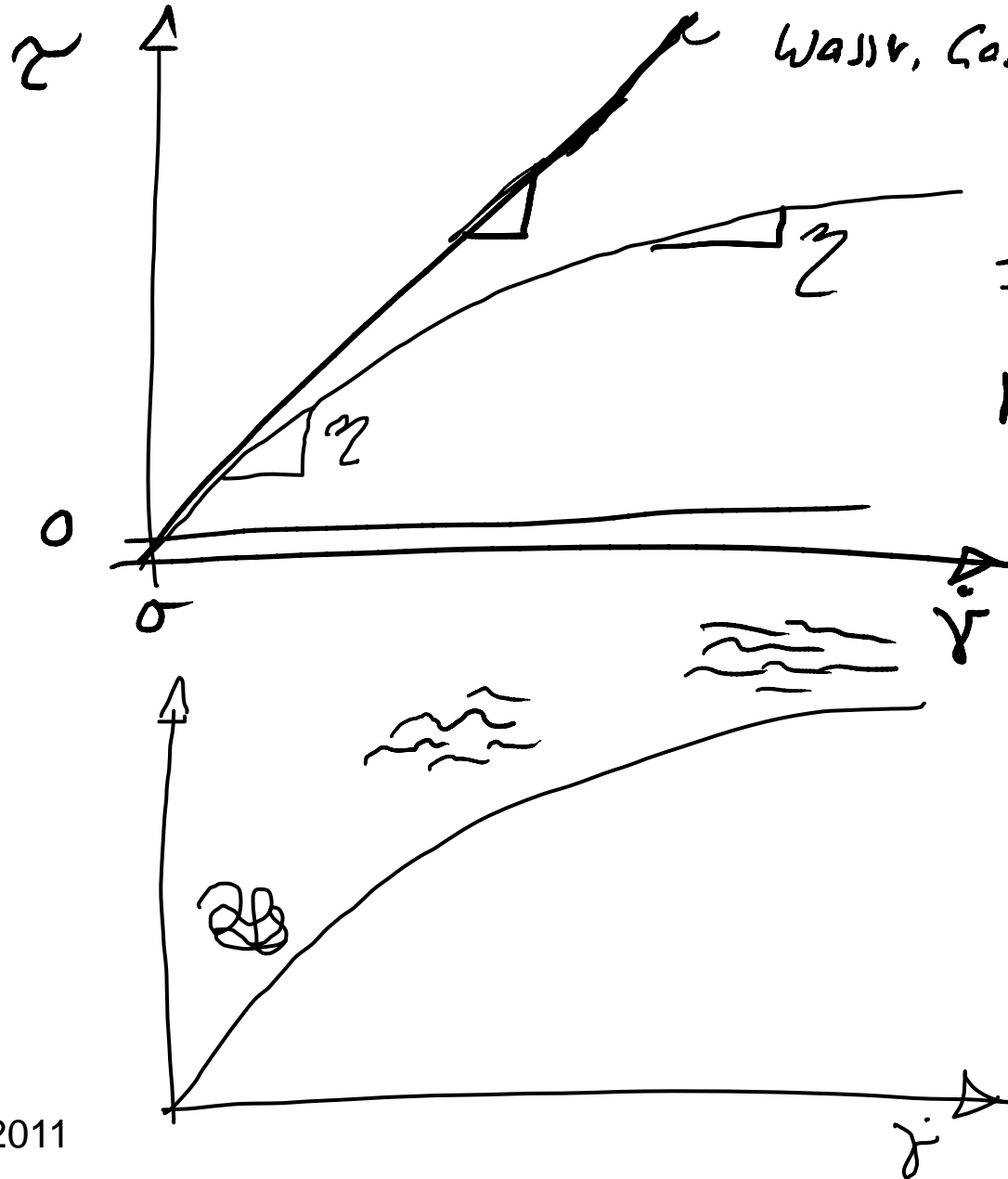
$$\tau = \eta \dot{\gamma}$$

$\eta$  dynamische Viskosität  
(engl.  $\mu$ )



Materialeigenschaft

# Schubspannungsdiagramm



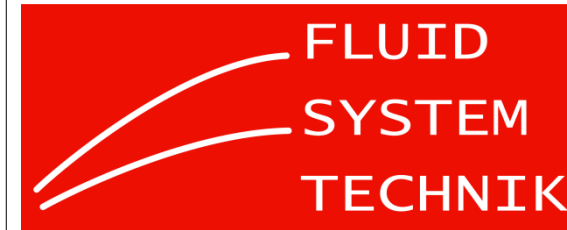
Newtonsche Flüssigkeiten  
Wasser, Gase, Honig, (Öl)

Scherverdünnende  
Flüssigkeiten

Materialien mit  
hohem Molekulargewicht



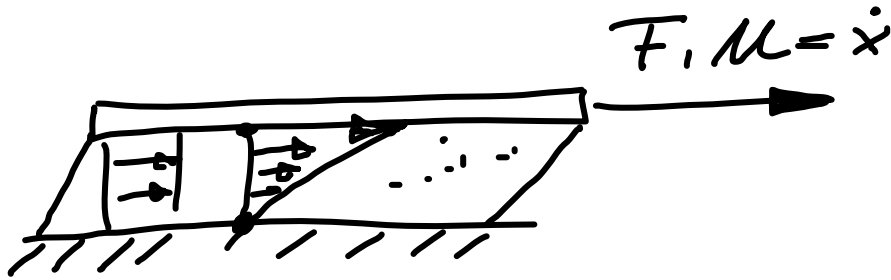
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2011  
Grundlagen der Turbo-  
maschinen und Fluidsysteme  
Vorlesung 2

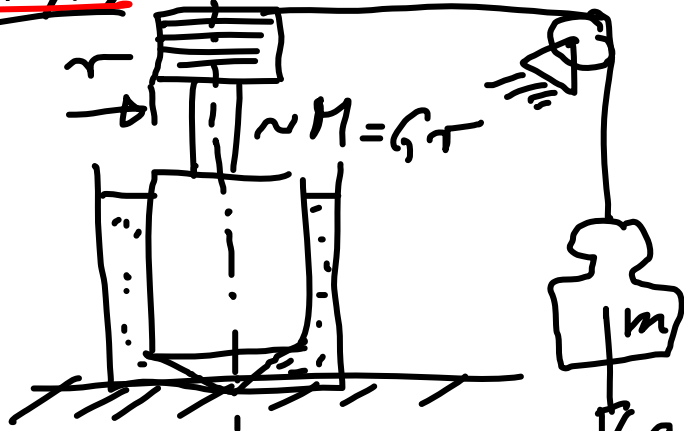


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2011  
Grundlagen der Turbo-  
maschinen und Fluidsysteme  
Vorlesung 2



Wahlgetriebe Versuch

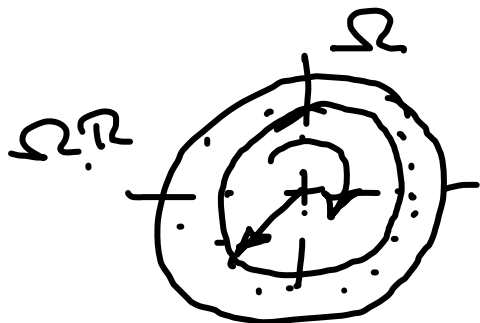
Urdrehmoment



Nutella  
Felle  
Paste = Suspension  
mit hohem  
Feststoffanteil.

$\sim \Omega$

$$\xi = \frac{m}{M}$$

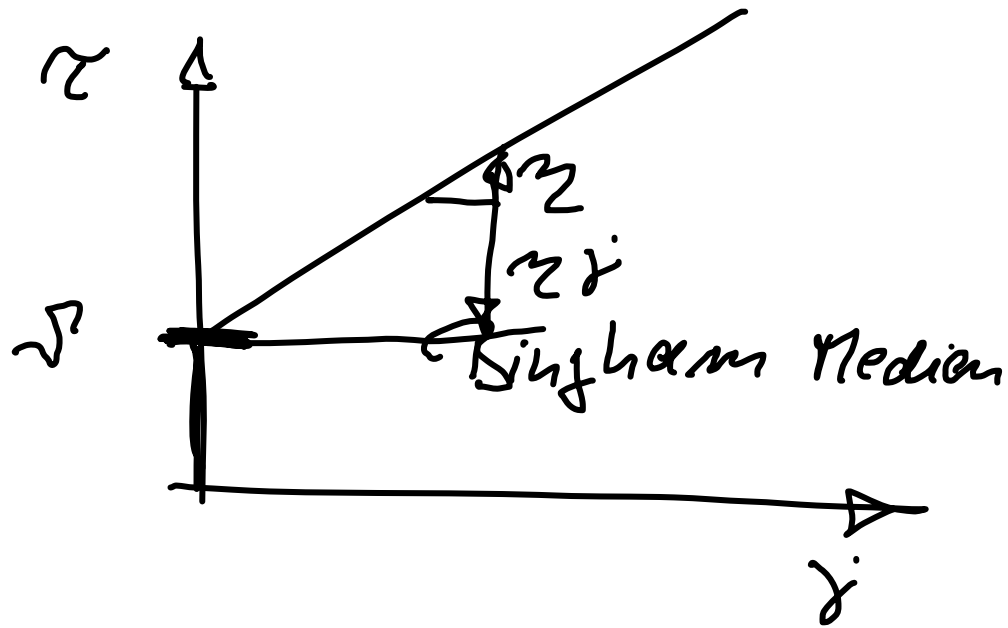


3m

2m

m

$$\Omega = 2\pi n \sim \dot{\varphi}$$



Festkörper

für

$$\tau \leq \tau_0$$

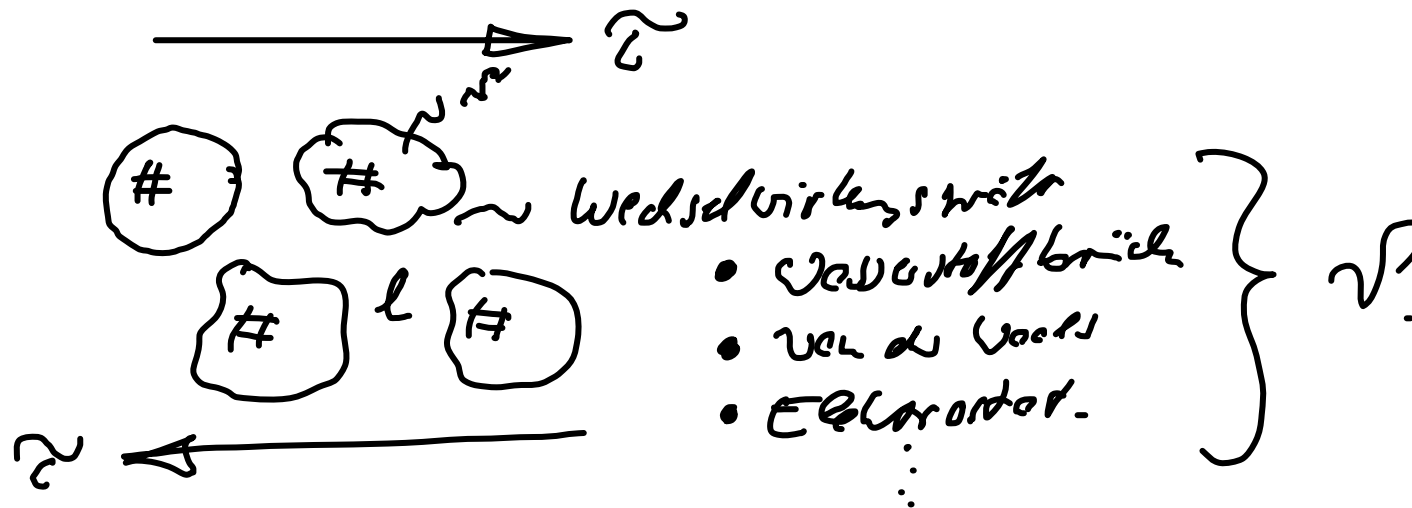
$$\tau = G \gamma \text{ Hookesches Festkörper.}$$

Flüssigkeit

für  $\tau > \tau_0$

$$\tau = \tau_0 + G \gamma$$

Fließwenzel  $\tau_0$  ist bedingt durch Adhäsionskräfte zwischen Teilchen.



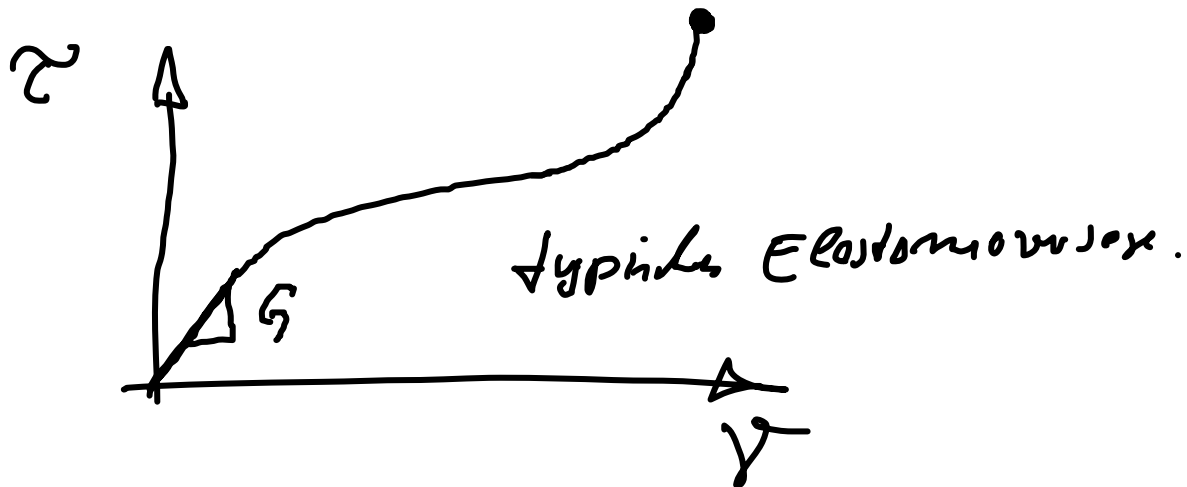
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2011  
Grundlagen der Turbo-  
maschinen und Fluidsysteme  
Vorlesung 2

# Festkörper

$$\tau = \tau(\gamma)$$

$\gamma \equiv 0$  für den starreren Festkörper

$\tau = \eta \dot{\gamma}$  für den Newton'schen Festkörper





Duale Medien zeichnen sich durch  
 ein Verhalten „Schotte“ aus.

1. Bingham Medium  $\begin{matrix} \updownarrow \\ \text{G} \end{matrix}$

$$\tau \leq \tau_0 \quad \tau = \tau_0 \quad \text{„Sch“}$$

$$\tau > \tau_0 \quad \tau = \tau_0 + \mu \dot{\gamma} \quad \text{„el“}$$

$$\begin{matrix} \updownarrow \\ \tau_0 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \updownarrow \\ \mu \end{matrix}$$

Smear-Materialien haben die  
 Eigenschaft, dass  $\tau_0$  einstellbar ist.



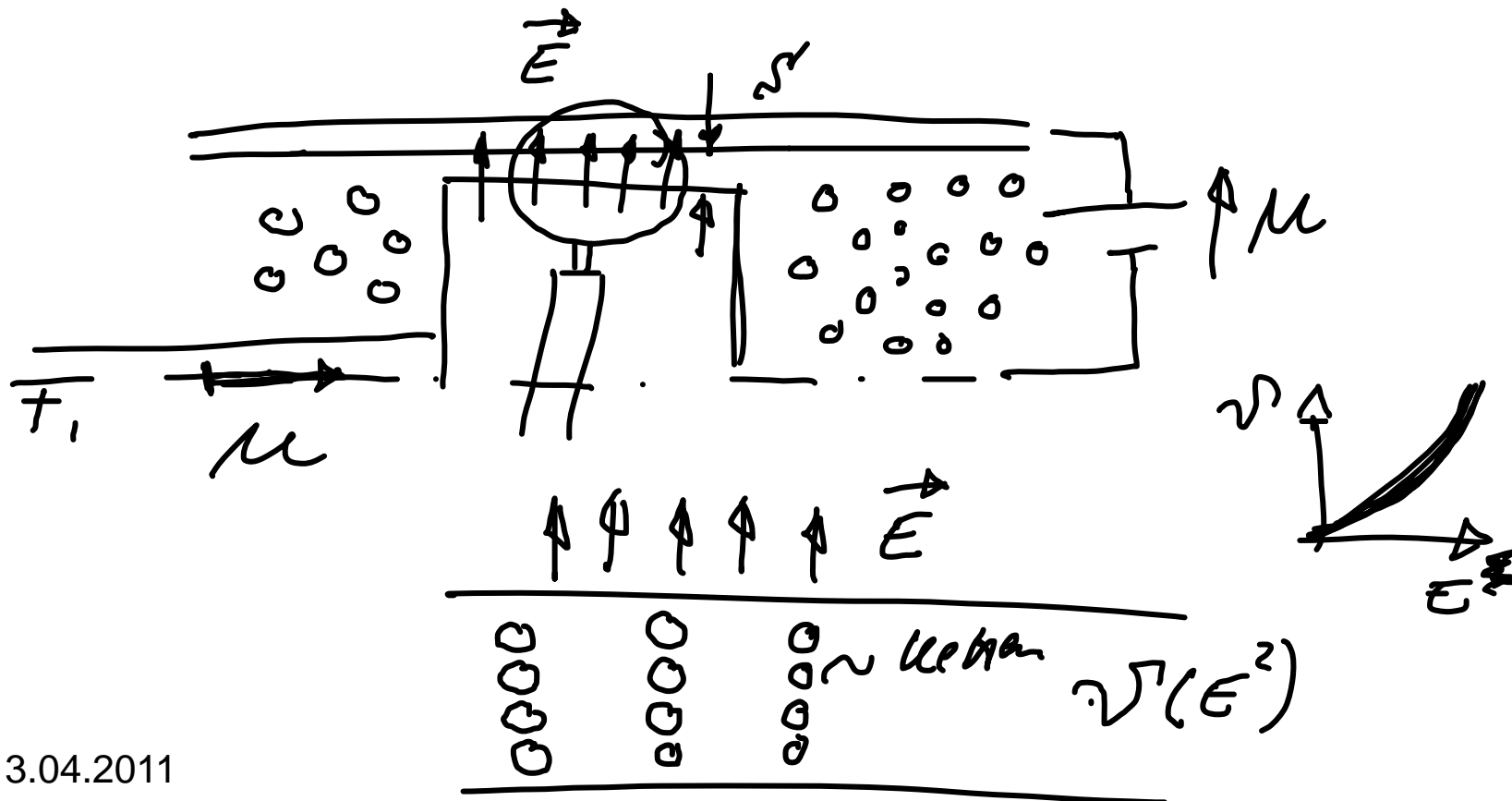
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
 Sommersemester 2011  
 Grundlagen der Turbo-  
 maschinen und Fluidsysteme  
 Vorlesung 2



$$\nu = \nu(E^2), \text{ mit } E = |\vec{E}|$$

Elektrohydrodynamik  
Flüssigkeit

||  
elektrische  
Feldstärke.



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2011  
Grundlagen der Turbo-  
maschinen und Fluidsysteme  
Vorlesung 2

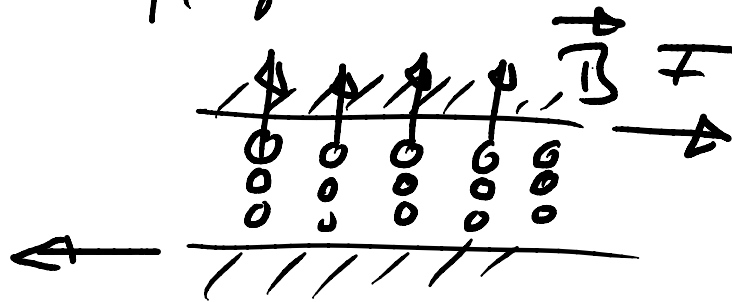




$$\sigma = \sqrt{(\tau^2)}$$

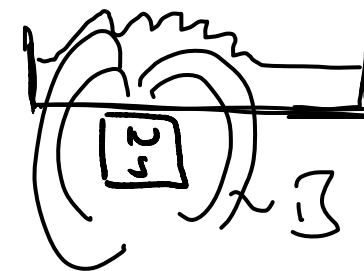
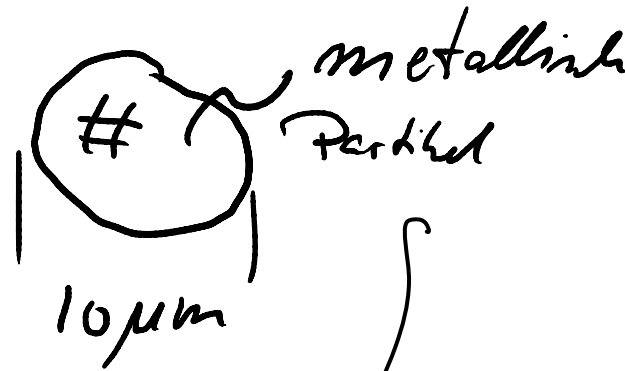
$$\tau = |\vec{\tau}|$$

Magnetorheologische Flüssigkeiten

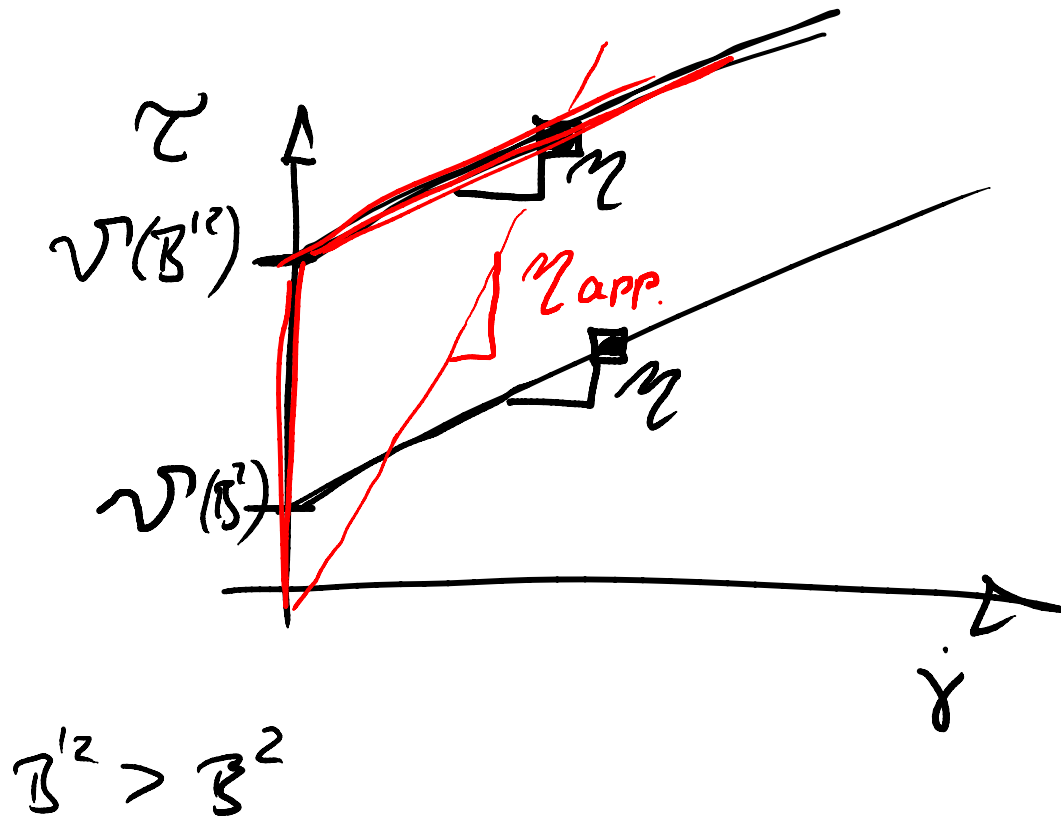


$F > \sigma A$  losbrech.  
 $F < \sigma A$  halten.

Ferrofluid



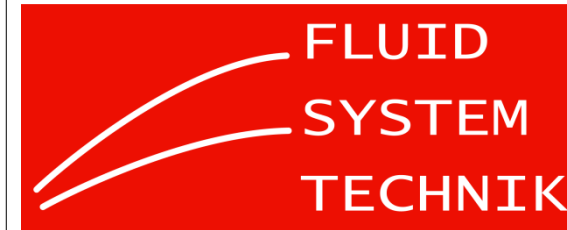
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2011  
Grundlagen der Turbo-  
maschinen und Fluidsysteme  
Vorlesung 2



$\eta_{app}$  kleinere  
 // Viskosität  
 apparent



TECHNISCHE  
 UNIVERSITÄT  
 DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
 Sommersemester 2011  
 Grundlagen der Turbo-  
 maschinen und Fluidsysteme  
 Vorlesung 2



## 2. viskoelastische Medien

Flüssigkeit

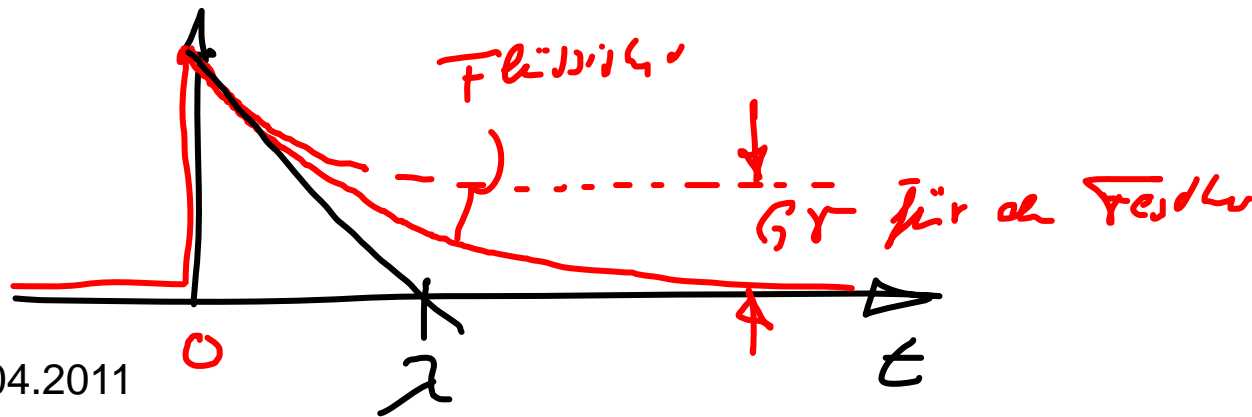
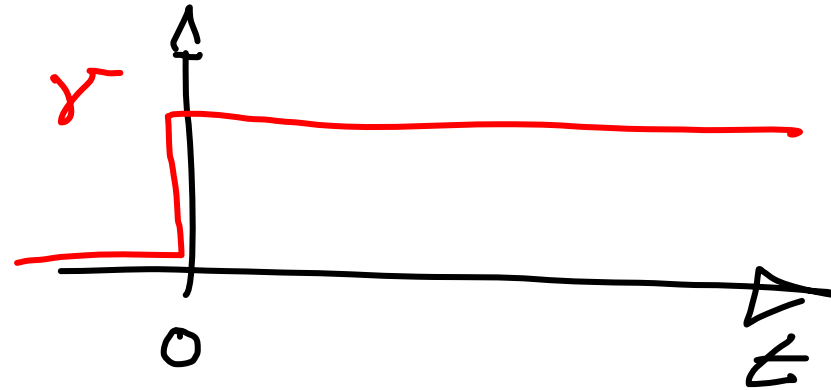
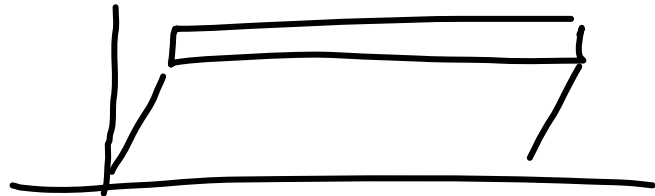
Belastungszeit  $T \gg$  Relaxationszeit  $\lambda \sim M^{3/4}$   
des Mediums  
Moleküle

Festkörper

Belastungszeit  $T \ll$  Relaxationszeit  $\lambda$



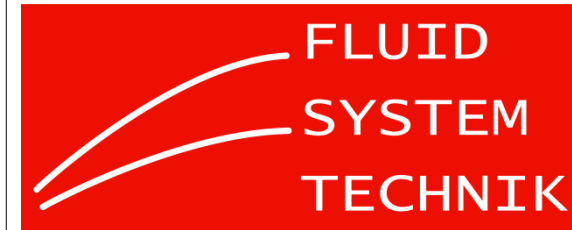
# Experimentelle Bestimmung der Relaxationszeit.



13.04.2011



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

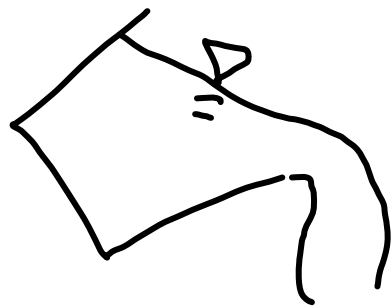


Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2011  
Grundlagen der Turbo-  
maschinen und Fluidsysteme  
Vorlesung 2

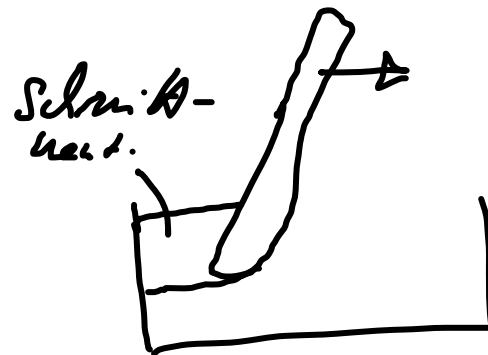
# Viskodynamische Notationen

- Modkese

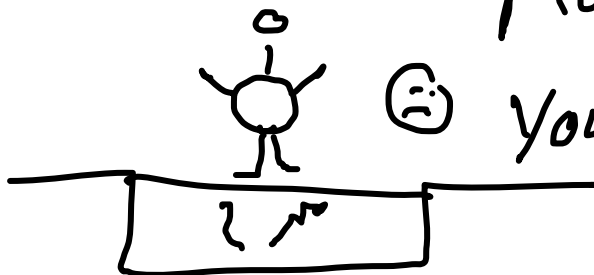
$$T \gg \lambda$$



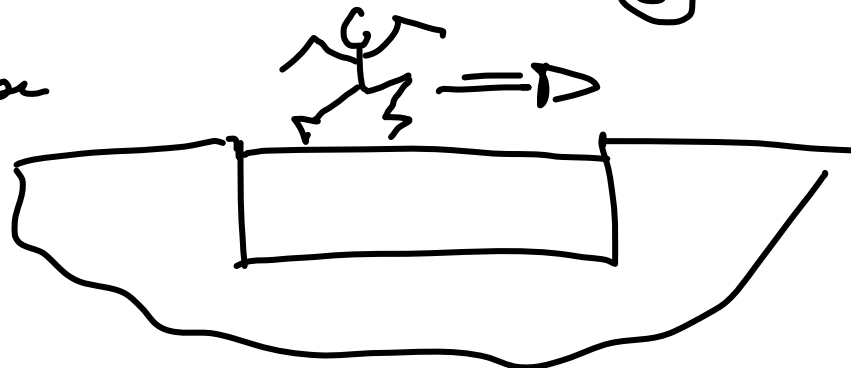
$$T \ll \lambda$$



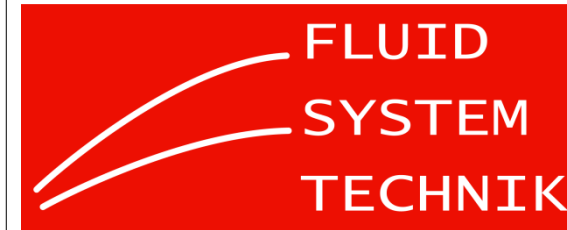
- Maisstärke + Wasser



Youtube



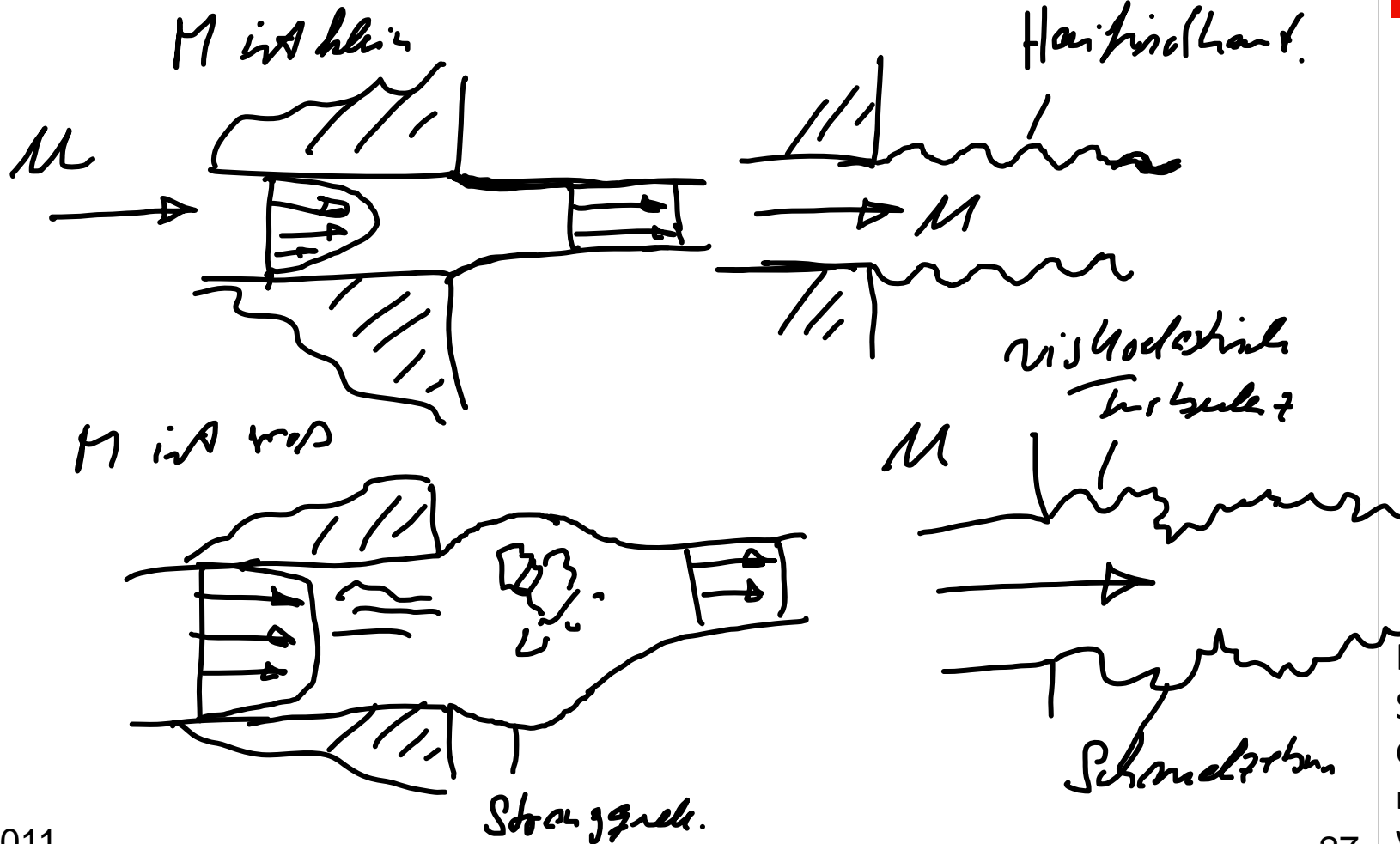
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2011  
Grundlagen der Turbo-  
maschinen und Fluidsysteme  
Vorlesung 2

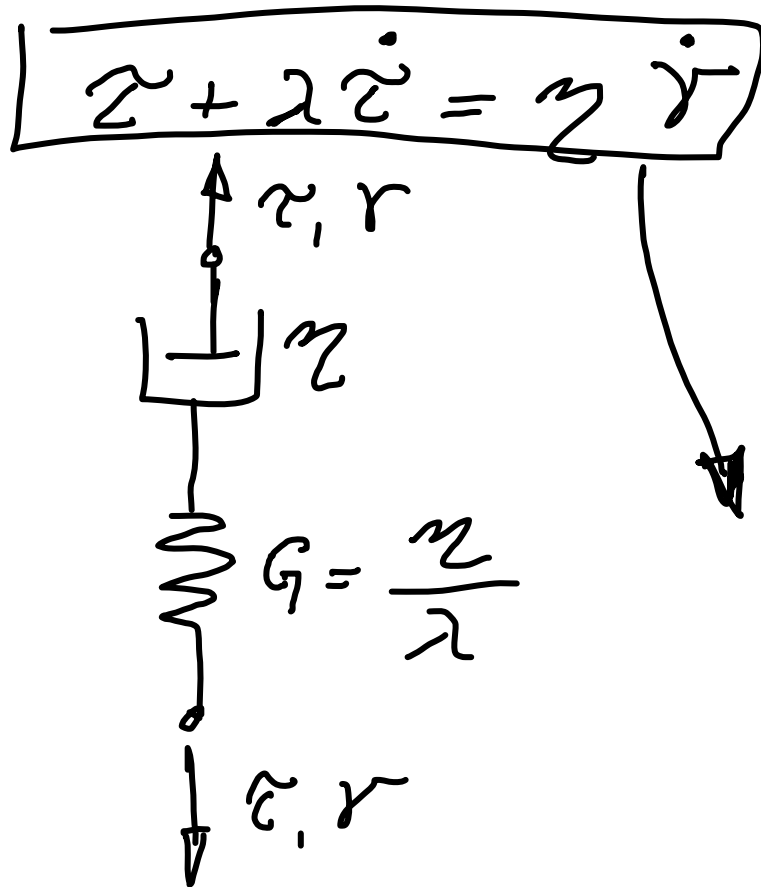
- Polymerverarbeitung

## 2.1. Extrusion





Einfachste Materialgesetz für  
viskoses Material

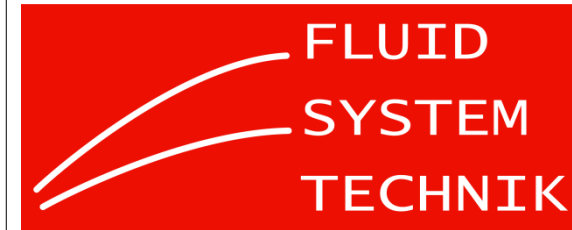


Maxwellsches  
Materialgesetz.

⊖ Moment  
sehr anfällig  
bei Strömungsverzögerung,  
da der Momenten-  
Speicher durch  
die Differential-  
gleichung bestimmt ist.



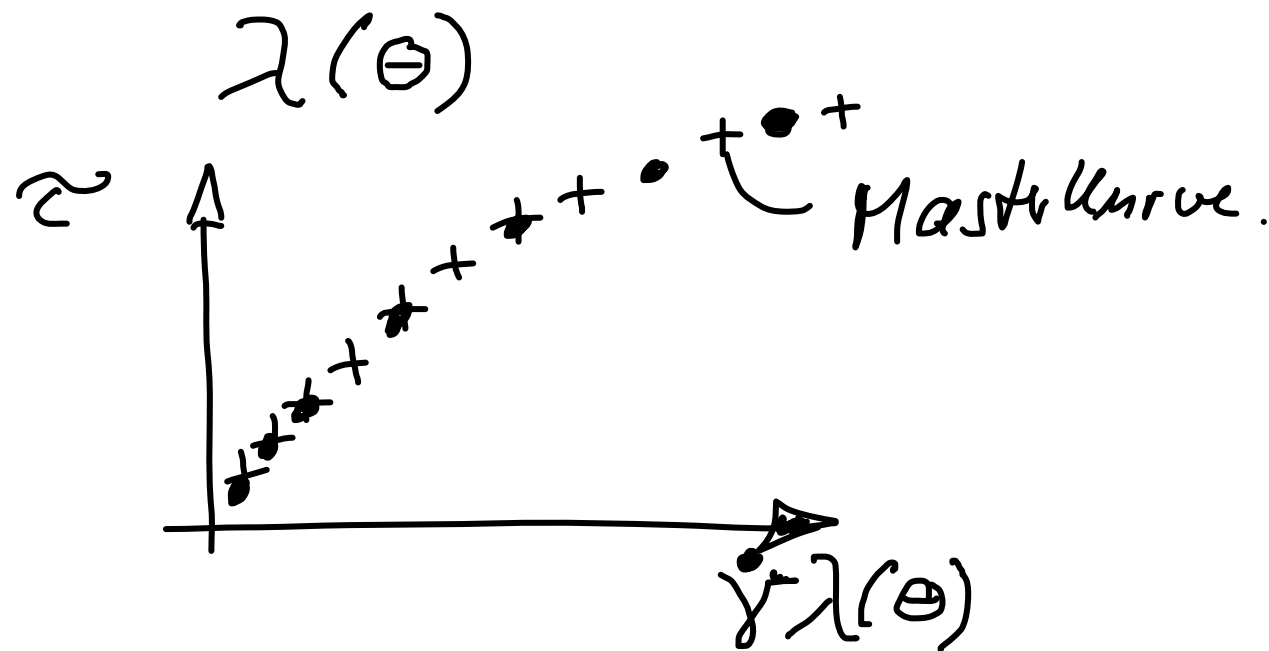
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



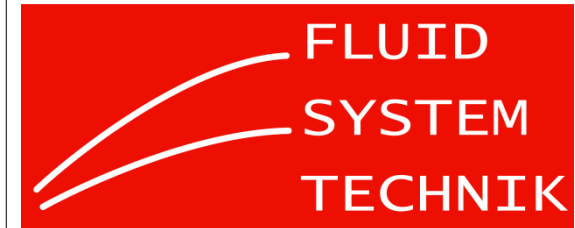
Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2011  
Grundlagen der Turbo-  
maschinen und Fluidsysteme  
Vorlesung 2

Frey: Wie das viskositäts-Verhalten  
mit der Temperatur

Je größer die Temperatur,  $\Theta$   
desto größer die Relaxierzeit



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Prof. Dr. Ing. Peter Pelz  
Sommersemester 2011  
Grundlagen der Turbo-  
maschinen und Fluidsysteme  
Vorlesung 2