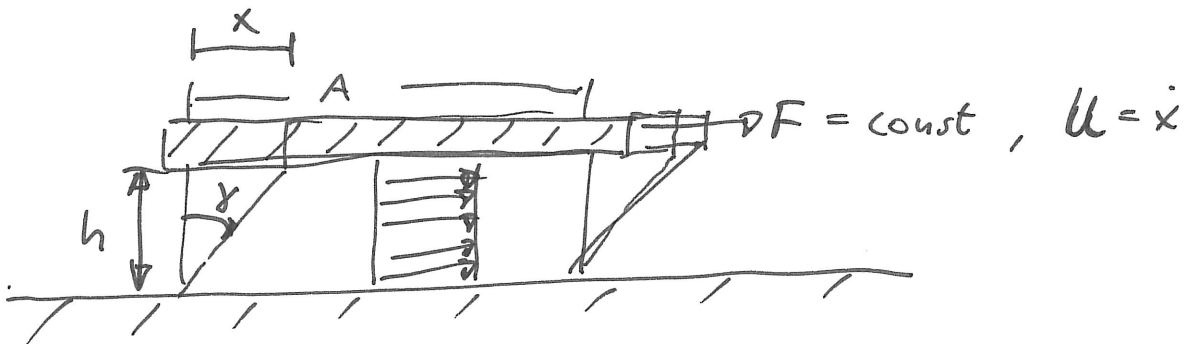


1. Definition und Eigenschaften von Flüssigkeiten

SUM 13.04.10

- Eine Flüssigkeit ist definiert als ein Stoff, der sich unter einer scheren Belastung unbeschränkt deformiert
- Bei einem Festkörper bewirken Scherspannung eine endliche Deformation im Gleichgewicht

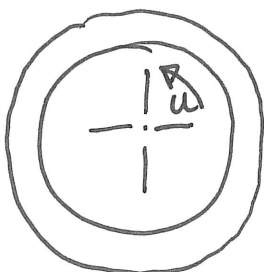
Scherversuch



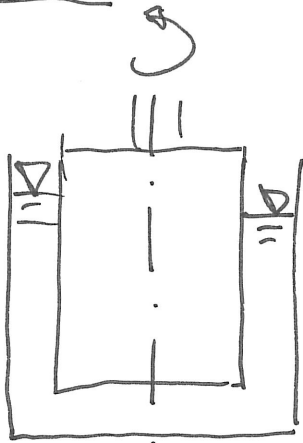
Scherspannung $\tau = \frac{F}{A}$

Scherwinkel $\varphi = \frac{x}{h}$ für kleine Auslenkungen

Scherrate $\dot{\varphi} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{\dot{x}}{h} = \frac{u}{h}$

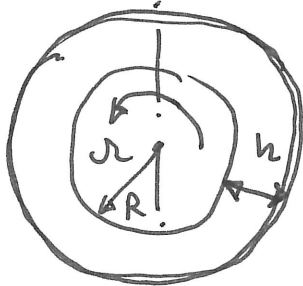


Tatsächlich



Messgröße: Drehzahl n bei gegebenem Moment M

$\dot{\gamma} \sim n \sim \frac{M}{\tau}$ für newtonsche Flüssigkeit



$u = \omega R$

Materialgesetz

Newtonsches Material: $\tau \sim \dot{\gamma}$

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

$\eta =$ Viskosität (dynamisch)

$\{\eta\} = \text{Pa sec}$

$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ mPa sec}$

Bei Gasen steigt die Viskosität mit zunehmender Temperatur.

Grund: Je höher die Temperatur, desto besser der Impulsaus-tausch

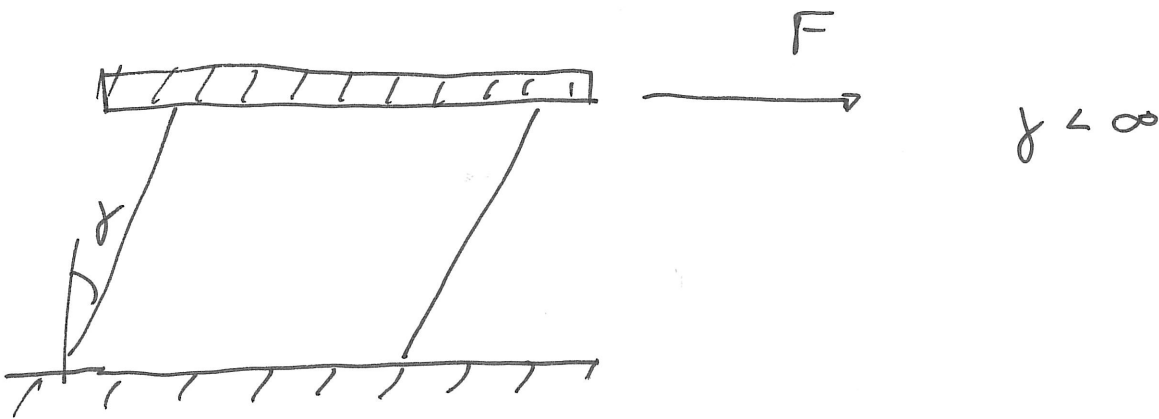
Bei Flüssigkeiten sinkt die Viskosität mit steigender Temperatur.

$$\eta = \eta_0 \exp\left(-\frac{E_A}{kT}\right)$$

Arrheniusansatz

E_A : Aktivierungsenergie für das Abgleiten

Festkörper



$$\gamma \sim \tau$$

Hooke'scher Festkörper

$$\gamma G = \tau$$

G : Schubmodul

$$\{G\} = \text{Pa}$$

Duale Medien

→ viskoelastische Medien

$$\tau + \lambda \dot{\tau} = G\gamma \quad \text{Maxwellsches Materialmodell}$$

λ : Relaxationszeit

→ Binghammedien

$$\tau = G\gamma, \text{ wenn } \tau < \tau_0$$

$$\tau = \tau_0 + \eta \dot{\gamma}, \text{ wenn } \tau \geq \tau_0$$

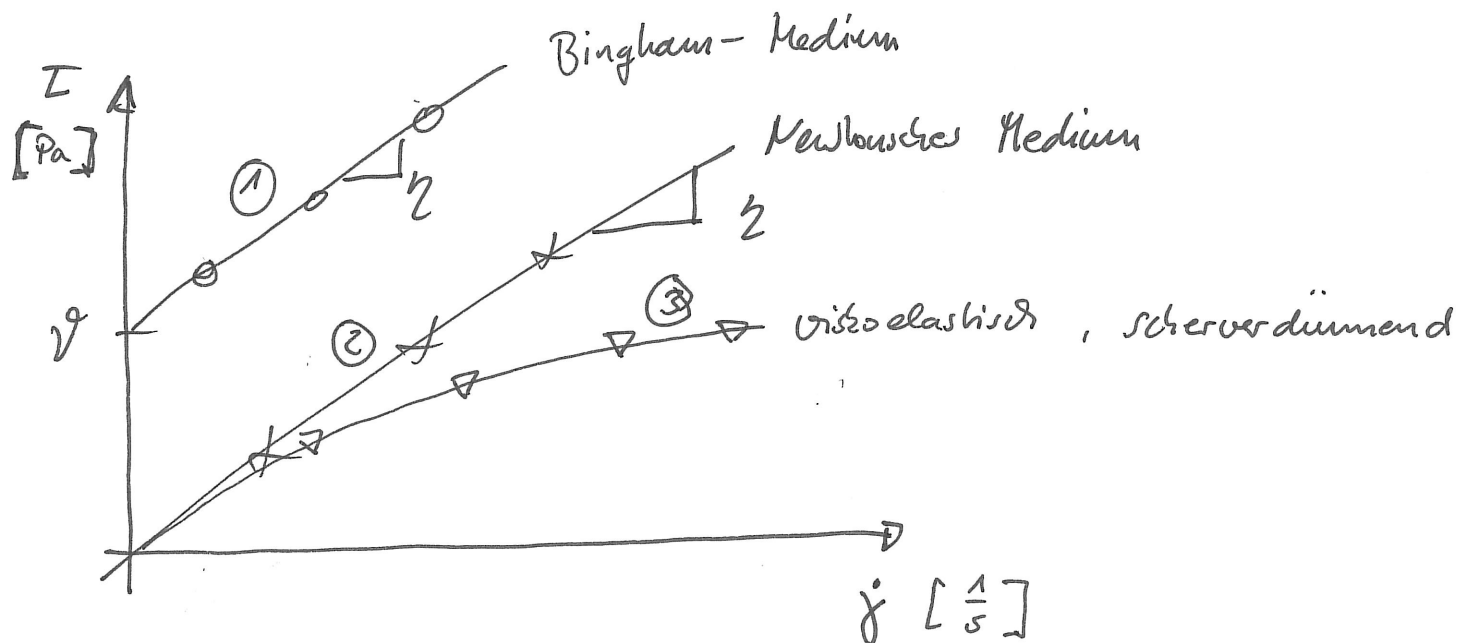
Bsp für viscoelastische Medien

- Kunststoffe
- Kochäse
- Silikonöle
- Langmolekulare Stoffe

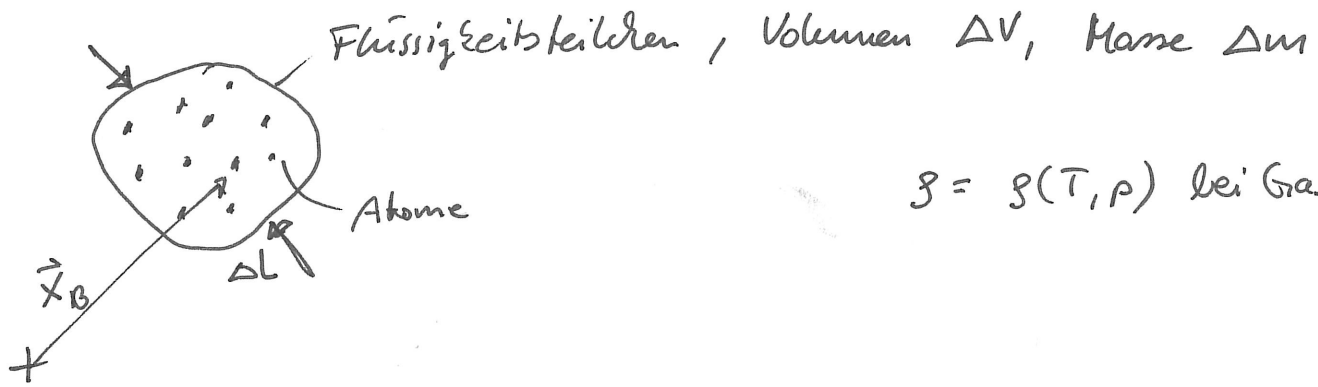
Bsp für Bingham-Medien

- Fette
- Nutella
- Zahnpasta
- Suspensionen

Fließgesetz



Dichte einer Flüssigkeit ρ



$\rho = \rho(T, p)$ bei Gasen

$$\rho(\vec{x}_B) = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

freie Weglänge der Atome \ll als die typische Länge des Objektes (Kundsonzahl)

Kinematische Viskosität ν

$$\nu := \frac{\eta}{\rho}$$

$$[\nu] = L^2 T^{-1}$$

$$\{\nu\} = \frac{m^2}{s}$$

$\nu_{Luft} > \nu_{Wasser}$

Zur Dichte:

Dichtänderungen sind bei einem Strömungsprozessvorgang dann vernachlässigbar, wenn:

$$\textcircled{1} u^2 \ll a^2$$

$$\textcircled{2} \left(\frac{f}{L_2}\right)^{2-1} \ll a^2$$

a : Schallgeschw. $a := \left. \frac{\partial p}{\partial \rho} \right|_s$

$\textcircled{3}$ Bei Temperaturänderungen des Gases ist die Dichte nicht konstant