

Festkörperreibung

b) Gleitreibung: $v = \text{konstant}$

$F_R \quad F = F_R$

Reibungszahl μ_G

Reibflächenpaarung		
Stahl	– Stahl	0,05
Stahl	– Gusseisen	0,12
Bremsbelag	– Gusseisen	0,4
Reifen	– Asphalt (trocken)	0,6
Reifen	– Asphalt (nass)	0,25
Reifen	– Eis	0,05

Reibung (Wdh. Kfz1)

Coulomb'sches Reibungsgesetz

- Reibungskraft ist proportional der Normalkraft

$$F_R = \mu_R \cdot F_N$$

Indices der Reibungszahl μ :

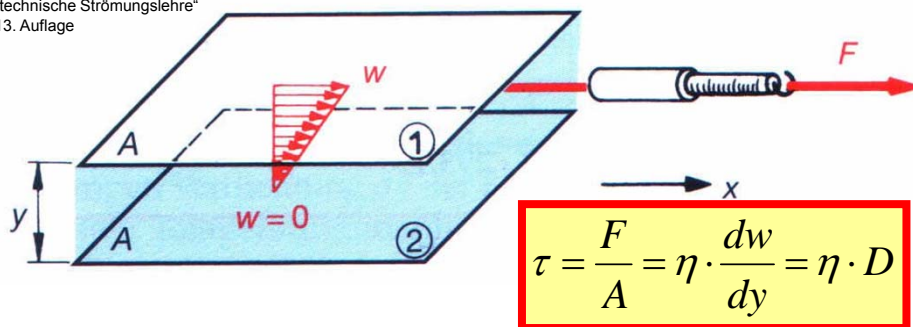
- μ_R : allg. Reibung
- μ_G : Gleitreibung (hier)
- μ_H : Haftreibung ($v = 0$)
- μ_R : auch Roll-Reibung

Quelle: Westermann-Verlag
„Kraftfahrzeugtechnik“ 6. Auflage

ThermoFluiD **Blatt 65**
Vorlesung Prof. Koch-Gröber
 H. Koch-Gröber Fakultät T1
 HSHN ASEB Automotive Systems Engineering

Viskosität – Prinzip

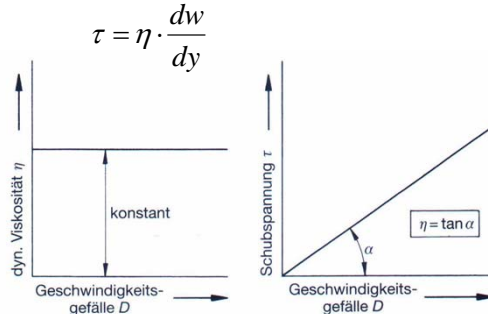
Bildquelle:
Bohl/Elmendorf
„technische Strömungslehre“
13. Auflage



Viskosität (η = dynamische Viskosität)

- Schubspannung einer bewegten Fläche im Kontakt mit einem Fluid ist proportional des Geschwindigkeitsgradienten und der Fluideigenschaft Viskosität
- Haftbedingung gilt: Fluidteilchen am Rand sind fest auf Oberfläche des Rohres oder umströmten Körpers

Stoffeigenschaft Viskosität



Bildquelle: Bohl/Elmendorf
„technische Strömungslehre“ 13. Auflage

Viskosität

- Für viele **Fluide** beim Kfz ist die Viskosität in erster Näherung unabhängig vom Geschwindigkeitsgefälle $D = dw/dy$
 - ⇒ Wasser, Öl
 - ⇒ Luft
- Fluide mit $\eta = \text{konst}$ nennt man „Newton'sche Fluide“
- In anderen Anwendungen (z.B. Verfahrenstechnik) gibt es auch „nicht-Newton'sche Fluide“ (z. B. Pasten)

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

Dynamische Viskosität η (sprich äta)

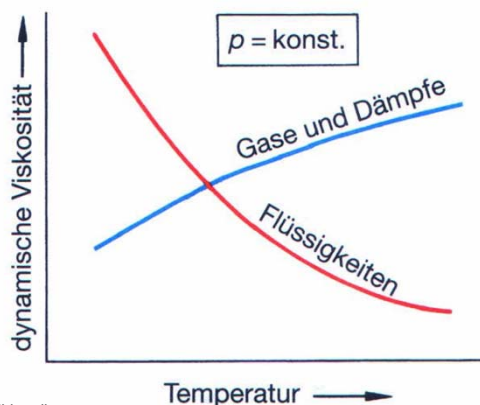
⇒ Einheit $\text{Pa} \cdot \text{s}$ (ältere Einheit $\text{cp} = \text{centipoise}$ ungültig)

kinematische Viskosität ν („ny“, sprich nü)

⇒ Einheit m^2 / s

- Bei vielen Messverfahren wird ν als Ergebnis gewonnen und tabelliert

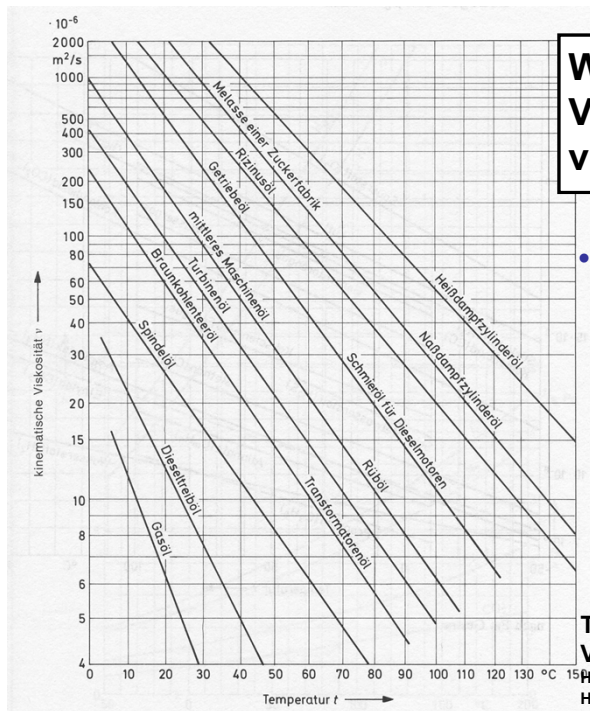
Temperaturabhängigkeit der dyn. Viskosität



Bildquelle:
Bohl/Elmendorf
„technische Strömungslehre“
13. Auflage

Temperaturfunktion der Viskosität η

- Bei **Flüssigkeiten sinkt** η mit **steigender Temperatur**
 - ⇒ Motorkaltstart: „zähes Öl“
 - ⇒ erhöhte Reibung
 - ⇒ erhöhter Verbrauch
 - ⇒ Schaltbarkeit Getriebe kalt
- Bei **Gasen steigt** η mit **steigender Temperatur**
 - ⇒ Wandreibung im Abgasstrang
 - ⇒ Reibungsverlust in Turbine ATL
- Grund: Eigenbewegung der Gasmoleküle steigt mit der Temperatur
=> vergrößerte Wechselwirkung zwischen den Molekülen
- beachte Abnahme der Dichte mit steigender Temperatur
 - ⇒ kin. Viskosität steigt noch stärker



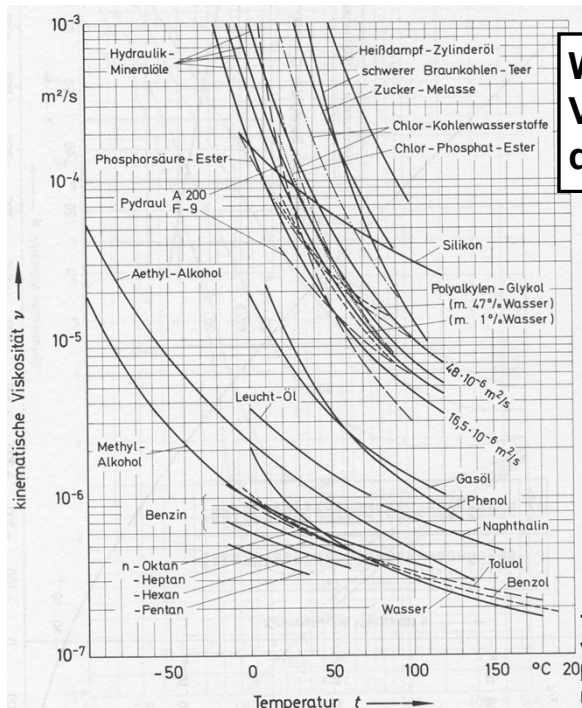
Werte kinematischer Viskosität verschiedener Öle

- „Dieseltreiböl“ = Dieselkraftstoff

Größenordnung beachten:
Werte in $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$!

Bildquelle: Bohl/Elmendorf
„technische Strömungslehre“ 13. Auflage

ThermoFluid **Blatt 69**
Vorlesung Prof. Koch-Gröber
H. Koch-Gröber **Fakultät T1**
HSN ASEB Automotive Systems Engineering



Werte kinematischer Viskosität verschiedener Flüssigkeiten

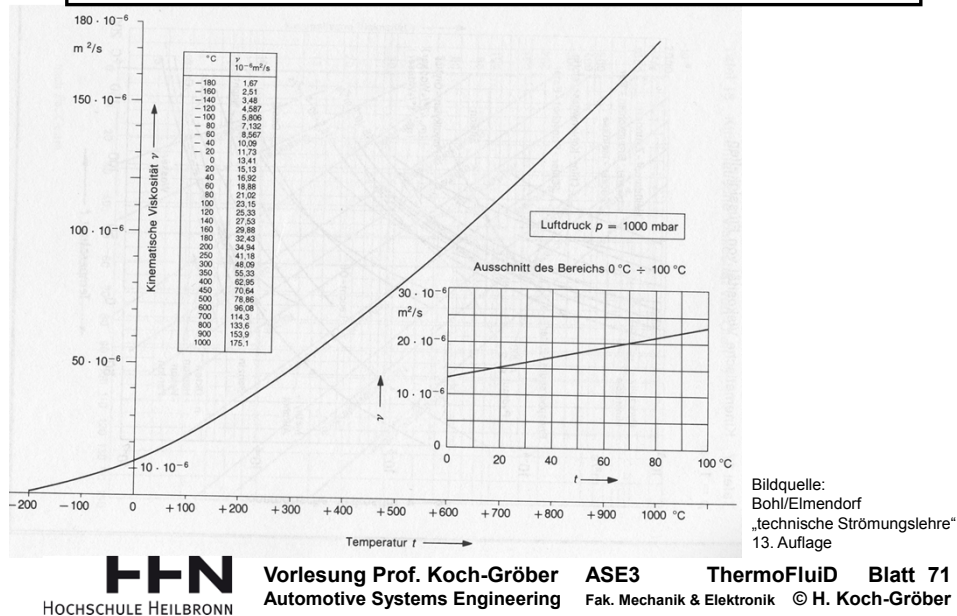
- Bei $p = 1 \text{ bar}$

Größenordnung beachten:
Werte in $10^{-x} \text{ m}^2 / \text{s}$!

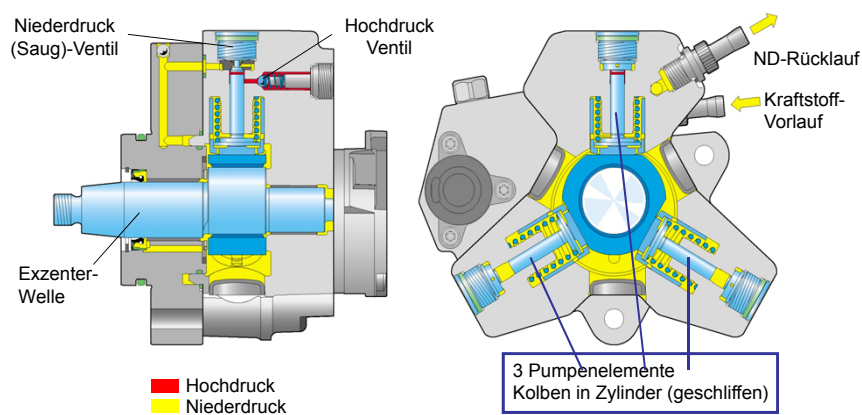
Bildquelle: Bohl/Elmendorf
„technische Strömungslehre“ 13. Auflage

ThermoFluid **Blatt 70**
Vorlesung Prof. Koch-Gröber
H. Koch-Gröber **Fakultät T1**
HSN ASEB Automotive Systems Engineering

Werte kinematischer Viskosität Luft



Aufgabe 21: Schmierspalt Hochdruck-Pumpe

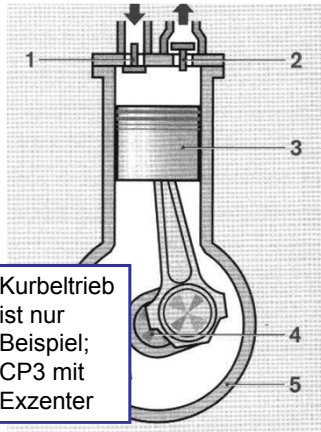


- Hochdruckpumpe (Bosch „CP3“) für Diesel Common Rail System mit 1600 bar

Quelle: Robert Bosch GmbH, DS/ENC J. Hammer: Vorlesung „Einspritztechnik“ IVK, Uni Stuttgart

Aufgabe 21: Schmierspalt Hochdruck-Pumpe

Prinzip Pumpe mit ND- und HD-Ventil



Die CP3 ist auf der Nockenwelle montiert und ist durch Dieselkraftstoff geschmiert. Ihre Elemente haben $\varnothing=8$ mm, sind 20 mm hoch und machen 6 mm Hub, so dass sie bei maximaler Motordrehzahl von 5000 min^{-1} eine mittlere Kolbengeschwindigkeit von $0,25 \text{ m/s}$ erreichen.

Aufgaben:

- Welche Kraft wirkt bei diesen Bedingungen der Kolbenbewegung entgegen, wenn der Schmierspalt gleichmäßig $1 \mu\text{m}$ beträgt?
- Fall a: Kaltstart: Kraftstoff bei 0°C
- Fall b: Heißbetrieb: Kraftstoff bei 120°C

Bildquelle: Bosch / Vieweg, „Dieselmotor-Management“, 4. Auflage

HHN
HOCHSCHULE HEILBRONN

Vorlesung Prof. Koch-Gröber
Automotive Systems Engineering

ASE3

Fak. Mechanik & Elektronik

ThermoFluid

Blatt 73

© H. Koch-Gröber