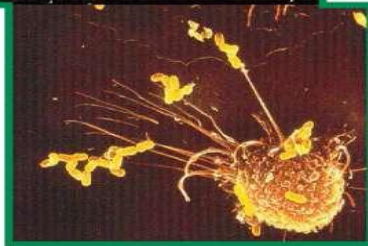
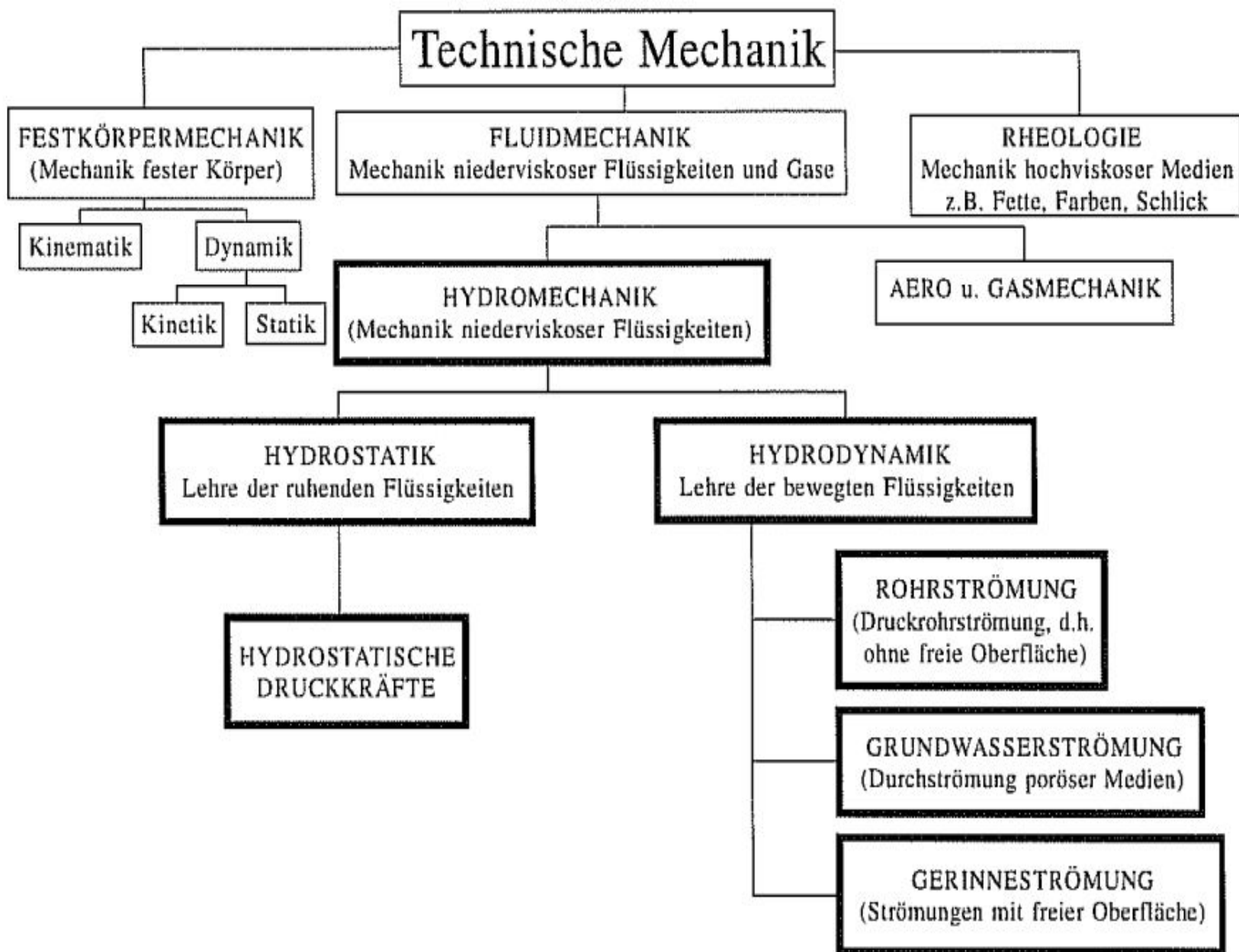


# Hydraulik I









**STRÖMUNGSLEHRE**  
= Mechanik der flüssigen und gasförmigen Körper

Inkompressible Flüssigkeit mit großer Zähigkeit

Inkompressible Flüssigkeit mit vernachlässigbarer Zähigkeit

Kompressible gasförmige Körper

a

c

a

b

c

d

f

e

g

Hydraulik

klassische Hydromechanik

Hydro- und Aeromechanik

Gasdynamik

Theoretische Meteorologie

- a Erfahrungswissenschaft
- b Theorie ohne Berücksichtigung der Zähigkeit
- c Theorie mit Berücksichtigung der Zähigkeit
- d Theorie ohne Berücksichtigung der Kompressibilität
- e Theorie mit Berücksichtigung der Kompressibilität
- f für Geschwindigkeiten in der Nähe und oberhalb der Schallgeschwindigkeit
- g für große Höhendifferenzen

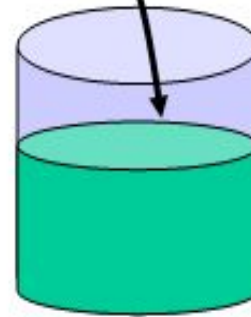
- **MECHANIK:** Lehre von den Kräften und ihre Wirkung auf die Körper
- 
- **HYDROMECHANIK:** eine auf den Wasserbau angewandte Strömungslehre
- 
- **HYDRAULIK:** auf die praktischen Gegebenheiten transformierte Hydromechanik



- Flüssigkeiten und Gase – Was ist der Unterschied?

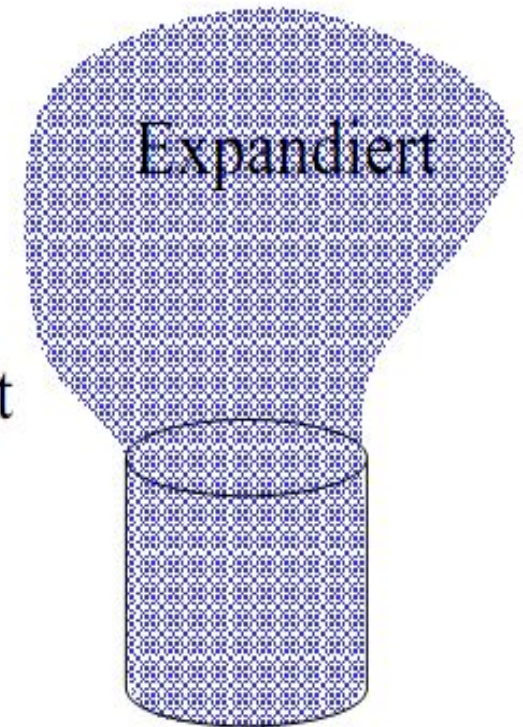
- **Flüssigkeit**: grosse Dichte, starke Anziehungskräfte, behält Volumen bei, bildet freie Oberfläche aus

Freie Oberfläche



Flüssigkeit

- **Gas**: Schwache Anziehungskräfte, füllt den ganzen zur Verfügung stehenden Raum aus, bildet keine Oberfläche aus



# Hydrostatik

Fliessgeschwindigkeit = 0

# Hydrodynamik

Fliessgeschwindigkeit  $> 0$

Ideale Fluide

Zähigkeit = 0

Reale Fluide

Zähigkeit  $> 0$

# EIGENSCHAFTEN VON FLÜSSIGKEITEN

$$\text{Dichte: } \rho = \frac{dm}{dV} \text{ in } \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{rel} = \frac{\rho_x}{\rho_{H_2O}}$$

- Masse pro Volumen

- Wasser (4°C)  $\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

- Quecksilber  $\rho_{\text{Hg}} = 13500 \text{ kg/m}^3$

- Luft (20 °C, 1 atm)  $\rho_{\text{Luft}} = 1.22 \text{ kg/m}^3$

- Dichte von Gasen nimmt mit Druck zu (Kompressibilität)

- Dichte von Flüssigkeiten ist nahezu konstant (inkompressibel) bei konstanter Temperatur

# Spezifisches Gewicht

$$\gamma = \rho g \quad [\text{N} / \text{m}^3]$$

- Gewicht pro Volumen (z. B. bei 20 °C, 1 atm)

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{Wasser}} &= (998 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2) \\ &= 9790 \text{ N/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{Luft}} &= (1.205 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2) \\ &= 11.8 \text{ N/m}^3 \end{aligned}$$

# Volumenänderung $dV$ infolge Temperaturänderung $dT$

- *thermische Ausdehnungskoeffizient:*

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT}$$

- *Für Wasser :*

$$\beta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$$

# Volumenänderung $dV$ infolge Druckänderung $dp$

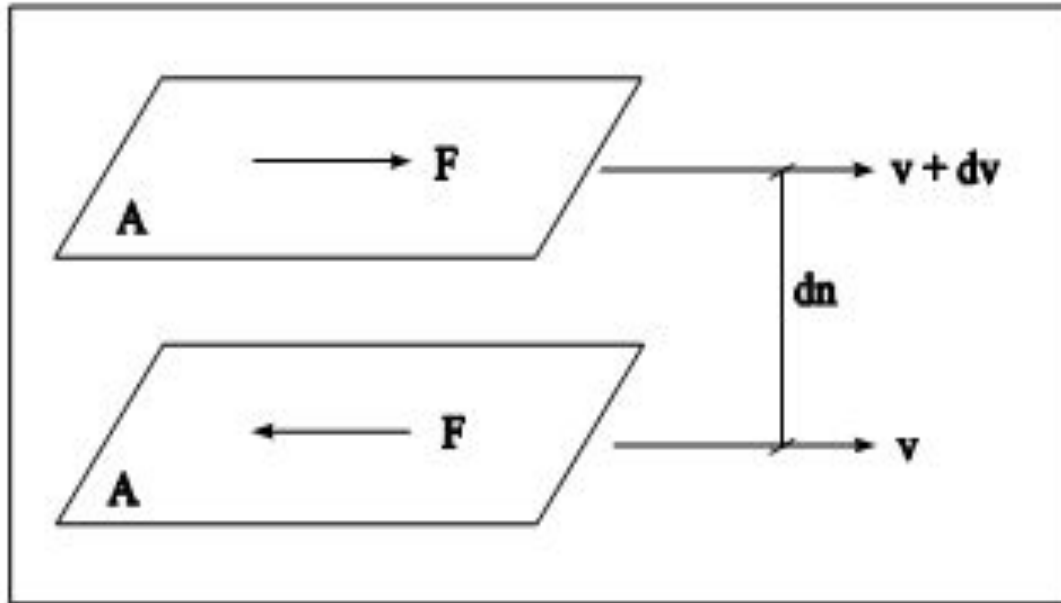
*Kompressibilität*  $k = \frac{1}{E_{H_2O}} = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp}$

Elastizitätsmodul  $E_{H_2O} = 2,06 * 10^9 \text{ N/m}^2$  [bei 20°C]

- Die Viskosität oder Zähigkeit ist eine Folge der „inneren Reibung“, benachbarte Schichten bewegen sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit.



# Viskosität oder Zähigkeit



$$F = \eta \cdot A \frac{dv}{dn}$$

- Newton'sche Satz für die
- Schubspannung (Laminarbewegung)
- die bei der Bewegung einer zähen Flüssigkeit
- auftritt

$$\tau = \frac{F}{A} = \eta \cdot \frac{dv}{dn}$$

- $\tau$  = Schubspannung

Dynamische Zähigkeit  $\eta$  auch  $\mu$  ( $\frac{Ns}{m^2} = Pa \cdot s$ )

kinematische Zähigkeit  $\nu = \frac{\eta}{\rho}$  ( $m^2/s$ )

# Druckflüssigkeiten (Hydraulikflüssigkeiten)

- Die Druckflüssigkeit ist ein wesentliches Konstruktionselement jeder Hydraulikanlage. Die spezifischen Eigenschaften der Druckflüssigkeiten beeinflussen die
- Funktionsfähigkeit,
- Betriebssicherheit und
- Umweltverträglichkeit hydraulischer Systeme.

- **Eine Hydraulikflüssigkeit** ist ein Fluid, das zur Übertragung von Energie (Volumenstrom, Druck) in Hydrauliksystemen in der Fluidtechnik benötigt wird.
- *Der Gesamtmarkt der Hydrauliköle stellt nach den Motorenölen den zweitgrößten Bereich der Schmiermittel dar. In Deutschland werden jährlich etwa 150.000 t verbraucht, davon etwa 60.000 t bei mobilen Anwendungen.*

Die Aufgaben einer Druckflüssigkeit sind sehr vielfältig und führen zu einem komplexen Anforderungsprofil. Neben den prinzipbedingten Hauptaufgaben

- Leistungsübertragung, verbunden mit Druck- und Bewegungsübertragung,
- Herstellen und Aufrechterhalten der Verbindung zwischen Primär- und Sekundäreinheit,
- -Übertragung von Signalen für Steuerungs- und Regelungszwecke sind weitere funktionswichtige Nebenaufgaben zu erfüllen:

- Schmierung von Gleit- und Wälzkontakten zur Verminderung von Reibung und Verschleiß,
- Abführen von Wärmeenergie vom Entstehungsort zum Wärmetauscher, i. Allg. zum Behälter,
- Transport von Fremdstoffen (z.B. Verschleißpartikeln) zum Filter,
- Schutz von Oberflächen vor chemischem Angriff, insbesondere vor Korrosion.

# Funktionalität und Zuverlässigkeit

- Parametern, vor allem einer hohen Leistungsdichte und geringen Verlusten
- Voraussetzung dafür sind: gute **Schmierfähigkeit**
- gutes Benetzungsvermögen für die Reibpartner
- angemessene Viskosität und eine geringe Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur
- - Filtrierbarkeit, d.h., kein flüssigkeitsbedingter Störeinfluss auf die Filterstandzeit



# Ökonomie

- - hohe Alterungsbeständigkeit und thermische Stabilität, dadurch lange Einsatzdauer und lange Wechselzyklen
- - günstiger Anschaffungspreis

# Sicherheit

- - schwer entflammbar bzw. in bestimmten Einsatzfällen nicht entflammbar
- - keine chemische Aggressivität gegenüber allen Werkstoffen, mit denen die Druckflüssigkeit in Berührung kommt
- - gutes Luftabscheidevermögen, denn freie Luft stellt in Hydraulikanlagen einen Mangel und unter Umständen ein erhebliches Gefährdungspotential dar

# Verträglichkeit für Umwelt und Menschen

- - keine Schädigung der Umwelt, insbesondere des Wassers
- - keine toxische oder allergene Wirkung auf den Menschen

# Druckflüssigkeiten

Wasser	Mineralöle	schwerentflammbare Druckflüss.	biologisch schnell abbaubare DF	elektroreologische Flüss.
<ul style="list-style-type: none"><li>- Klarwasser (Leitungswasser)</li><li>- mit Zusätzen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- unlegiert (ohne Additive)</li><li>- legiert (additiviert)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- wasserhaltig</li><li>- nicht wasserhaltig</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- nativ (natürlich)</li><li>- synthetisch</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Scherungstyp (shear-mode)</li><li>- Strömungstyp (flow-mode)</li></ul>
3 %	74 %	9 %	14 %	Prototypen
<ul style="list-style-type: none"><li>• Lebensmittel-, Pharma-industrie</li><li>• brand- und explosionsgefährdete Bereiche (Bergbau)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• „konventionelle“ Anwendung</li><li>• Stationärhydraulik hoher Leistung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• brandgefährdete Bereiche</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Umwelt- und Wasserschutz</li><li>• Freilandanwendungen, Mobilhydraulik</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dämpfungselemente</li><li>• Kupplungen</li><li>• Getriebe</li><li>• Sensoren</li></ul>

# ISO-Viskositätsklassifikation nach ISO 3448 und DIN 51519

Viskositätsklasse	ISO	ISO	ISO	ISO	ISO	ISO	ISO
ISO 3448	VG	VG	VG	VG	VG	VG	VG
Mittelpunktviskosität bei 40 °C	10	15	22	32	46	68	100
	10	15	22	32	46	68	100
	<i>mm/s</i>						
Grenzen der kine- matischen Viskosität bei 40 °C	9,0	13,5	19,8	28,8	41,1	61,2	90,0
	11,0	16,5	24,2	35,2	50,6	74,8	110,0
	<i>mm/s</i>						