Reynoldszahl laminar < 2320 < turbulent

$$Re = \frac{d_h \cdot w}{\nu} \qquad Re_{krit.} = 2320$$

$w = Strömungsgeschwindigkeit$
$\nu = kinematische Viskosität$
$d_h = Hydraulischer Durchmesser$

Hydraulischer Durchmesser

$$d_h = \frac{4 \cdot A}{u}$$

$A = Querschnittsfläche$
$u = benetzter Umfang$

Druckabfall in Rohren

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

$\lambda = Rohrreibungszahl$
$l = Länge$
$d = Durchmesser$

λ **laminar** $= \dfrac{64}{Re}$

λ **turbulent** S.124 –125 , für hydraulisch glatte, rauhe und im Übergangsgebiet liegende Rohre

Druckabfall Drosselgeräte

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

$\zeta = Widers \tan dszahl$

w bezieht sich meistens auf die Austrittsgeschwindigkeit

Volumenstrom

$$\dot{V} = A \cdot w$$

Kontinuitätsgleichung (Stetigkeitsgleichung)

$$\dot{V} = A_1 \cdot w_1 = A_2 \cdot w_2 \Rightarrow d_1^2 \cdot w_1 = d_2^2 \cdot w_2$$

Ausflussformel von Toricelli
(konstanter Wasserspiegel)

$$w = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Bernoulli-Gleichung

$$\rho \cdot g \cdot h + p_{hydro.} + \frac{\rho}{2} \cdot w^2 = konst$$

Schweredruck

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Dynamischer Druck

$$p_{dyn.} = \frac{\rho}{2} \cdot w^2$$

Hydrostatischer Druck

$$p = \frac{F}{A}$$

Kraftübersetzung

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

Wegübersetzung

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

Volumenstrom

$$\dot{V} = \frac{V}{t} = w \cdot A = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

Massenstrom

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot w$$

Auftrieb

$$F_A = \rho \cdot g \cdot V$$

$\rho =$ Dichte des Fluids

$V =$ verdrängtes Volumen

Impulskraft

$$I_K = \dot{m} \cdot w = A \cdot w^2 \cdot \rho = A \cdot 2 \cdot g \cdot h \cdot \rho = \rho \cdot \dot{V} \cdot w$$

Druckkraft

$$F_D = p_ü \cdot A$$

Schraubenkraft, Summe der Impulskraft und Druckkraft

$$F_s = I_K + F_D = A \cdot (p_ü + \rho \cdot w^2)$$

Resultierende Kraft eines Rohrkrümmers,
bei gleichem Durchmesser und ohne Ausfluss ins Freie

$$R = 2 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \left(p + \rho \cdot w^2\right) \cdot \sin\frac{\theta}{2}$$

$\theta =$ Winkel des Krümmers

Mittlere Strömungsgeschwindigkeit

$$w = \frac{\dot{V}}{A}$$

Dynamische Viskosität

$$\eta = \frac{\tau}{D}$$

$\tau = Schubspannung$

$D = Schergeschwindigkeitsgefälle$

$$D = \frac{\Delta v}{s}$$

$\Delta v = Geschwindigkeitsdifferenz$

$s = Schichtdicke$

Kinematische Viskosität

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

Erweiterte Bernoulli Gleichung bei Druckverlust

$$\rho \cdot g \cdot h_1 + p_1 + \frac{\rho}{2} \cdot w_1^2 = \rho \cdot g \cdot h_2 + p_2 + \frac{\rho}{2} \cdot w_2^2 + \Delta p$$

$\Delta p = Druckverlust$

Dichte **(Gase)**

$$\rho = \frac{p}{R \cdot T} \quad ; \quad \rho = \frac{m}{V}$$

Spezifisches Volumen

$$v = \frac{1}{\rho}$$

Gaskonstante

$$R = \frac{p \cdot v}{T} = \frac{p}{\rho \cdot T}$$

Dichte (Luft)

$$\rho_{fe} = \rho_{tr} \cdot \left(1 - 0377 \cdot \varphi \cdot \frac{p_d}{p}\right)$$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

Reibungswiderstand umströmter Flächen, Flächenwiderstand

$$F_W = c_F \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w_\infty^2 \cdot A_K$$ A_K = umströmte Fläche

Reibungswiderstand angeströmter Stirnflächen, Luftwiderstand

$$F_W = c_w \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w_\infty^2 \cdot A_{St.}$$ $A_{St.}$ = Stirnfläche

Kanalgefälle

$$J = \frac{\Delta z}{l} = \frac{\lambda \cdot \bar{w}^2}{2 \cdot g \cdot d_h} = \sin\alpha$$

Δz = Höhendifferenz

l = Kanallänge

Arbeit

$$W = p \cdot V$$

Leistung

$$P = \dot{V} \cdot p \qquad P = F \cdot w = \frac{c_w \cdot A_{St.} \cdot \rho \cdot w^3}{2}$$

Aufwärts gerichtete Druckkraft

$$F = \rho \cdot g \cdot V$$ V = Verdrängungsvolumen, oberhalb der gedrückten Fläche

Mach – Zahl

$$Ma = \frac{w}{a}$$

Maschen-Winkel

$$\sin\alpha = \frac{1}{Ma}$$

Schallgeschwindigkeit

$$a = \sqrt{p \cdot v \cdot \chi} = \sqrt{\chi \cdot R \cdot T}$$; v = spezifisches Volumen

χ = Isentropenexponent

$$a = \sqrt{\frac{p \cdot \chi}{\rho}}$$

$$a = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}} \qquad E_v = \frac{1}{\beta_T}$$

E_v = Volumenelastizitätsmodul

β_T = Isothermer Kompressibilitätskoeffizient

Seitendruckkraft

$$F = \rho \cdot g \cdot h_s \cdot A_{proj.}$$

$A_{proj.}$ = Projizierte Fläche

$h_s = Flächenschwerpunkt$

Bodendruckkraft

$$F = \rho \cdot g \cdot V$$

Druck gegen gekrümmte Wände

$$F = p_ü \cdot A_{proj.}$$

Ausflussformel von Toricelli
(Wasserspiegel nicht konst.)

$$w = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{1 - \left(\frac{A_A}{A_B}\right)^2}}$$

A_A = Ausflussquerschnitt A_B = Behälterquerschnitt

Geschwindigkeitsbeiwert φ

$$w = \varphi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{1 - \left(\frac{A_A}{A_B}\right)^2}}$$

Ausflusszahl μ

$$\dot{V} = \mu \cdot A_a \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{1 - \left(\frac{A_A}{A_B}\right)^2}} \quad ; \; A_a = Austrittsquerschnitt$$

Ausströmgeschwindigkeit aus Druckbehältern

$$w = \sqrt{\frac{2 \cdot p_ü}{\rho}} \quad ; \qquad w = \varphi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \left(g \cdot h + \frac{p_ü}{\rho}\right)}{1 - \left(\frac{A_A}{A_B}\right)^2}} \quad ; \qquad \dot{V} = \mu \cdot A_a \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \left(g \cdot h + \frac{p_ü}{\rho}\right)}{1 - \left(\frac{A_A}{A_B}\right)^2}}$$

$p_ü$ = Überdruck

Abstand zwischen Schwerpunkt und Druckmittelpunkt Flächenträgheitsmomente

$$e = h_d - h_s = \frac{I_s}{A \cdot h_s}$$

$I_s = Flächenträgheitsmoment$

$h_s = HöheSchwerpunkt$

$d_d = HöheDruckmittelpunkt$

Verschiebesatz von Steiner (Flächenträgheitsmoment)

$$I_X = I_S + A \cdot y^2$$

Flächenträgheitsmoment

$$I = \int_A r^2 \cdot dA$$

Fluid translatorisch beschleunigt, horizontal

$$\tan\alpha = \frac{a}{g} \qquad \alpha = \arctan\frac{a}{g}$$

Fluid in Rotationsbewegung (ohne Überlaufen),

Rotationsparaboloid

$$z = \frac{\omega^2 \cdot r^2}{2 \cdot g} + z_{\min} = h + \frac{\omega^2}{4 \cdot g} \cdot \left(2 \cdot r^2 - r_0^2\right)$$

z_{min} = Scheitelpunkthöhe
z_{max} = Steighöhe am Rand
h = Flüssigkeitspegel im Ruhezustand
= Winkelgeschwindigkeit

$$z_{\min} = h - \frac{\omega^2 \cdot r_0^2}{4 \cdot g} \; ; \quad z_{\max} = h + \frac{\omega^2 \cdot r_0^2}{4 \cdot g} \qquad n = \frac{\omega}{2 \cdot \pi}$$

Fluid in Rotationsbewegung (mit Überlaufen) $h_B = z_{\max}$

$$z_{\min} = 2 \cdot h - h_B - \frac{2 \cdot \Delta V}{\pi \cdot r^2}$$

h_B = Höhe des Behälters

Für $\Delta V = 0 \Rightarrow z_{\min} = 2 \cdot h - h_B$

Neigungswinkel der Tangente vom Rotationsparaboloid

$$\tan\alpha = \frac{dz}{dr} = \frac{r \cdot \omega^2}{g}$$

Isotherme Schichtung

Barometrische Höhenformel

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0 \cdot g}{p_0} \cdot z} = p_0 \cdot e^{-\frac{g}{R \cdot T_0} \cdot z}$$