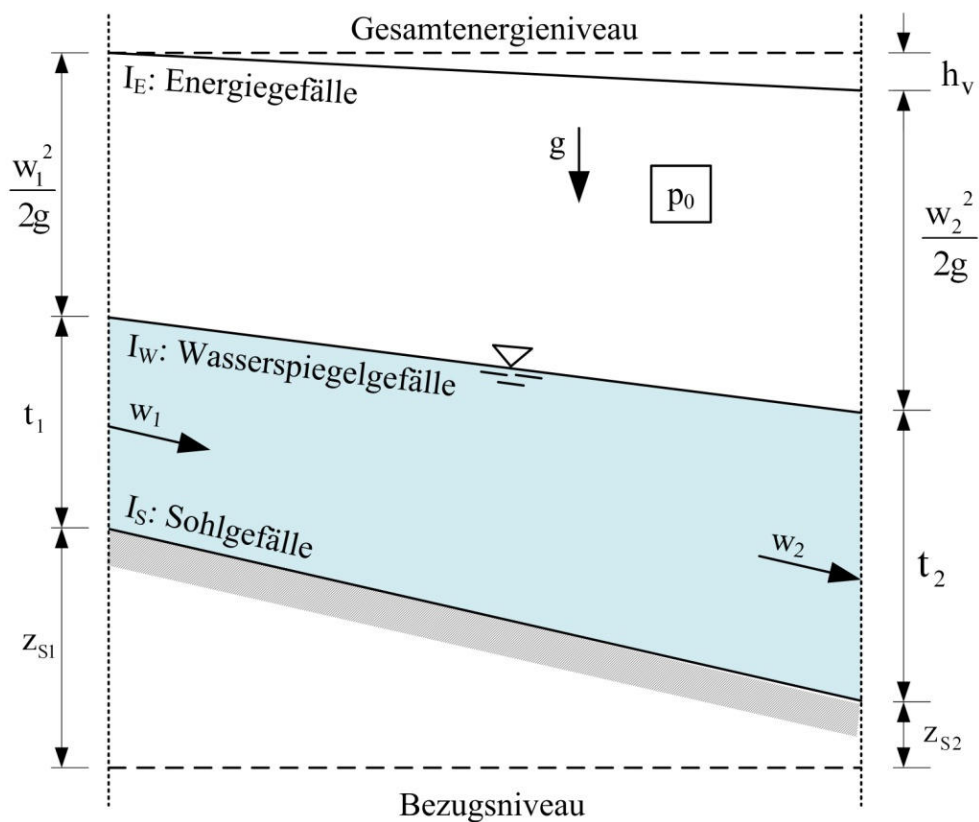


GERINNESTRÖMUNG

	Rohrströmung (Druckabfluss)		Gerinneströmung (Freispiegelabfluss)
Fläche	A = konst.		A (t)= veränderlich
Fließgeschwindigkeit	w = konst. $w_m = Q / A$		w (t) = veränderlich $w_m (t) = Q / A(t)$
Druck	p = veränderlich		$p = p(z) = p_0 + \rho \cdot g \cdot z$
Hydraulischer Durchmesser Hydraulischer Radius	$d_h = 4 \frac{A}{U}$	$r_h = \frac{A}{U} = \frac{d_h}{4}$	$r_h = \frac{A}{U_b}$ $U_b = \text{benetzter Umfang}$
Reynoldszahl	$Re = \frac{w_m \cdot D_h}{\nu}$	$Re = \frac{w_m \cdot R_h}{\nu}$	$Re = \frac{w_m \cdot R_h}{\nu}$
kritische Reynoldszahl	$Re_{krit} = 2300$	$Re_{krit} = 580$	$Re_{krit} = 600$

ENERGIESATZ FÜR OFFENE GERINNESTRÖMUNGEN



$$\frac{w_2^2}{2g} + t_2 + z_{S2} = \frac{w_1^2}{2g} + t_1 + z_{S1} - h_v$$

mit:

w	:	Fließgeschwindigkeit [m/s]
t	:	Fließtiefe [m]
z_s	:	Sohlenhöhe [m]
$h_v = \varphi_{12}/g$:	Verlusthöhe [m]

Sonderfall: verlustfreie Strömung:

$$\frac{w^2}{2g} + t + z_s = H = konst.$$

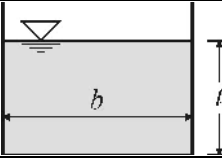
mit: H : Gesamtenergiehöhe [m]

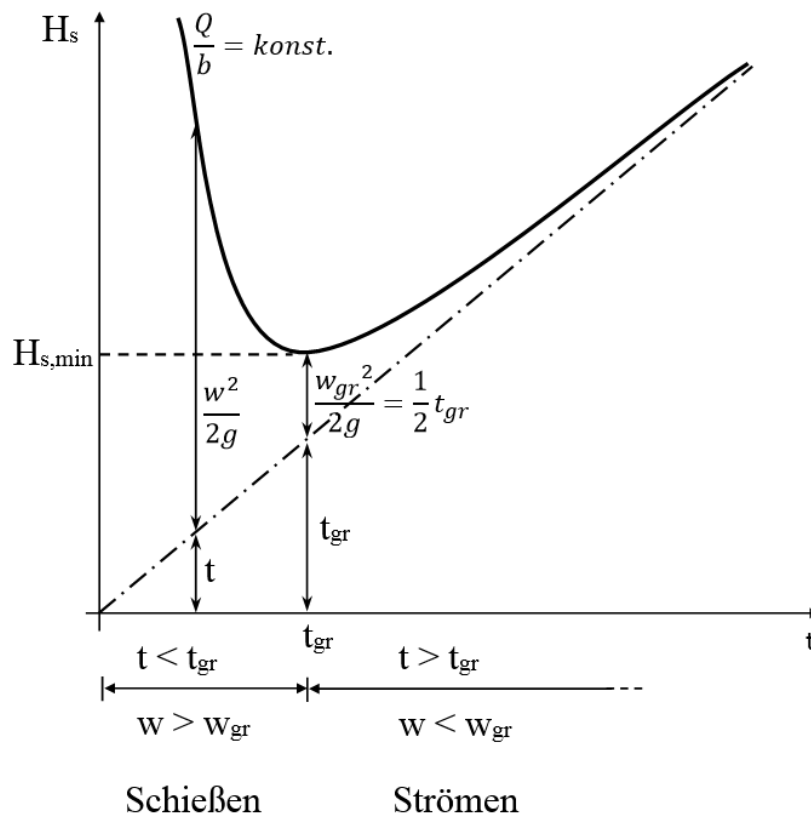
DIAGRAMM DER SPEZIFISCHEN HÖHE: $H_s(t)$

Allgemeine Definition der Spezifischen Höhe der Gerinneströmung

$$H_s(t) = \frac{w^2}{2g} + t$$

Beispiel Rechteckquerschnitt ($Q/b = \text{konst.}$)

Querschnitt:		$w(t) = \frac{Q}{A(t)}$ $A(t) = b \cdot t$
Spezifische Höhe:	$H_s(t) = t + \frac{w(t)^2}{2g} = t + \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{b}\right)^2 \frac{1}{t^2}$	
Grenzzustand:	$t_{gr} = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \cdot \left(\frac{Q}{b}\right)^2}$	
	$w_{gr} = \frac{Q}{b \cdot t_{gr}} = \sqrt{g \cdot t_{gr}}$	
	$H_{s,min} = t_{gr} + \frac{w_{gr}^2}{2g} = \frac{3}{2} \cdot t_{gr}$	



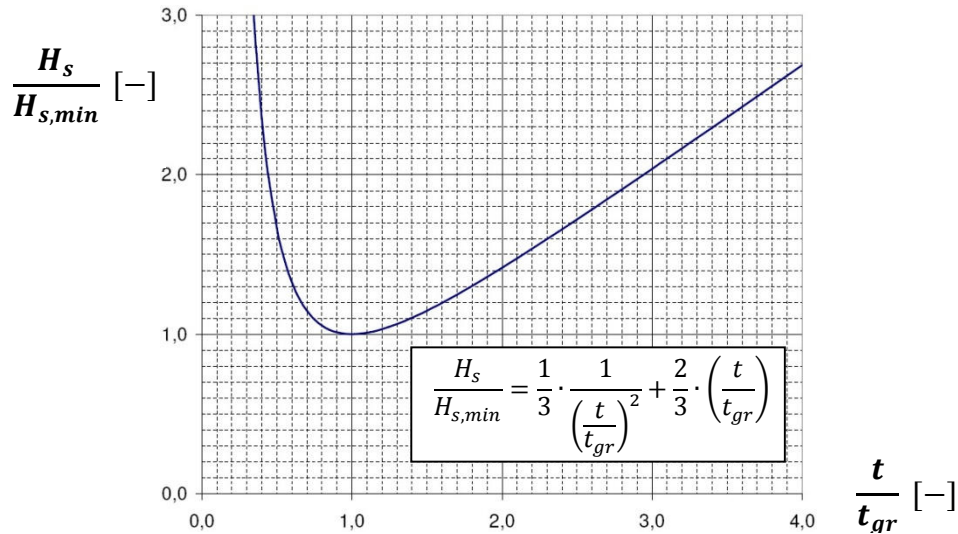
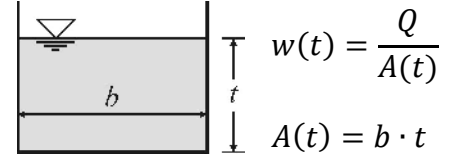
DIMENSIONSLOSE DARSTELLUNG DER SPEZIFISCHEN HÖHE:

$$\frac{H_s}{H_{s,min}} = f\left(\frac{t}{t_{gr}}\right)$$

a) Beispiel: Rechteckquerschnitt ($Q/b = \text{konst.}$)

Spezifische Höhe: $H_s(t) = t + \frac{w(t)^2}{2g} = t + \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{b}\right)^2 \frac{1}{t^2}$

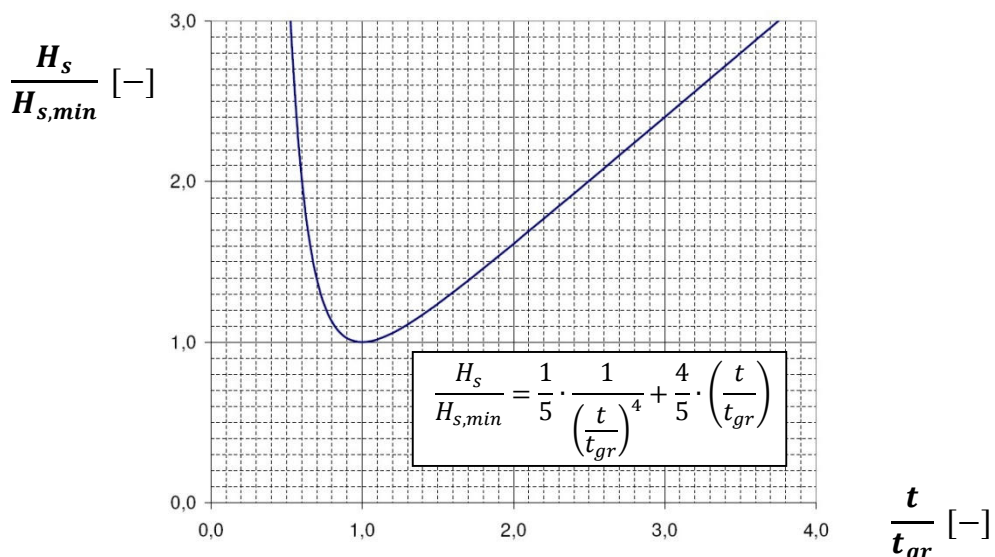
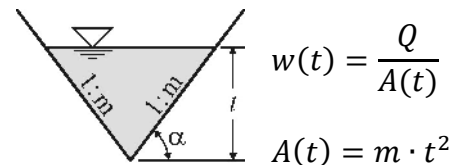
Grenzzustand: $H_{s,min} = \frac{3}{2} \cdot t_{gr} = \frac{3}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{g} \cdot \left(\frac{Q}{b}\right)^2}$



b) Beispiel: Dreieckquerschnitt ($Q/m = \text{konst.}$)

Spezifische Höhe: $H_s(t) = t + \frac{w(t)^2}{2g} = t + \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{m}\right)^2 \frac{1}{t^4}$

Grenzzustand: $H_{s,min} = \frac{5}{4} \cdot t_{gr} = \frac{5}{4} \cdot \sqrt[5]{\frac{2}{g} \cdot \left(\frac{Q}{m}\right)^2}$



FLIEßFORMEL FÜR STATIONÄR GLEICHFÖRMIGE FLIEßBEWEGUNG

Definition: **Normalabflusszustand** $\rightarrow I_E = I_W = I_S$

$t_n = konst.$ bzw. $H_{s,n} = konst.$

FLIEßGESCHWINDIGKEIT BEI NORMALABFLUSS

Fließformel nach **Darcy-Weisbach**:

$$w = \sqrt{2 \cdot g \cdot I_S} \cdot \sqrt{d_h / \lambda}$$

mit: $\lambda = f(Re; \frac{k_s}{d_h})$

k_s = Sandkornrauigkeit [m]

$d_h = 4 \cdot \frac{A}{U_b}$ Hydraulischer Durchmesser [m]

U_b = benetzter Umfang [m]

A = durchflossener Querschnitt [m²]

I_S = Sohlgefälle

Fließformel nach **Manning-Strickler**:

$$w = k_{St} \cdot r_h^{2/3} \cdot I_E^{1/2}$$

mit: k_{St} = Manning-Strickler-Beiwert [m^{1/3}/s]

$r_h = \frac{A}{U_b}$ Hydraulischer Radius [m]

I_E = Energiegefälle

FROUDEZAHL

Allgemeine Definition der Froudezahl:

$$Fr = \sqrt{\frac{\text{Trägheitskraft}}{\text{Schwerkraft}}} [-] = \sqrt{\frac{M * \frac{L}{T^2}}{M * g}} = \sqrt{\frac{1}{g * L} \left(\frac{L}{T}\right)^2} = \sqrt{\frac{v^2}{g * L}}$$

mit :
 Masse: [M] = kg
 Länge: [L] = m
 Zeit: [T] = s

$Fr = \frac{w}{\sqrt{g \cdot L}}$

 wobei w und L Abhängig von der Geometrie

Froudezahl in der Gerinneströmung:

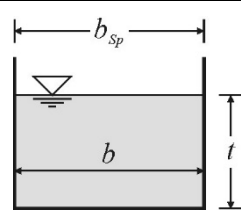
$w = \frac{Q}{A}$: mittlere Fließgeschwindigkeit im Gerinnequerschnitt [m/s]

$L = \frac{A}{b_{sp}}$: charakteristische Länge der Strömungsberandung [m]

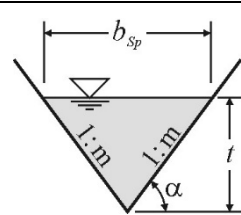
mit: Q : Volumenstrom [m³/s]
 A : Fließfläche [m²]
 b_{sp} : Spiegelbreite [m]

Fließzustand	Fließtiefe t	Fließgeschw. w	Gefälle I	Froude-Zahl Fr
Strömen	$t > t_{gr}$	$w < w_{gr}$	$I < I_{gr}$	$Fr < 1$
Grenzzustand	t_{gr}	w_{gr}	I_{gr}	$Fr = 1$
Schießen	$t < t_{gr}$	$w > w_{gr}$	$I > I_{gr}$	$Fr > 1$

a) Beispiel: Rechteckquerschnitt (Q/b = konst.)

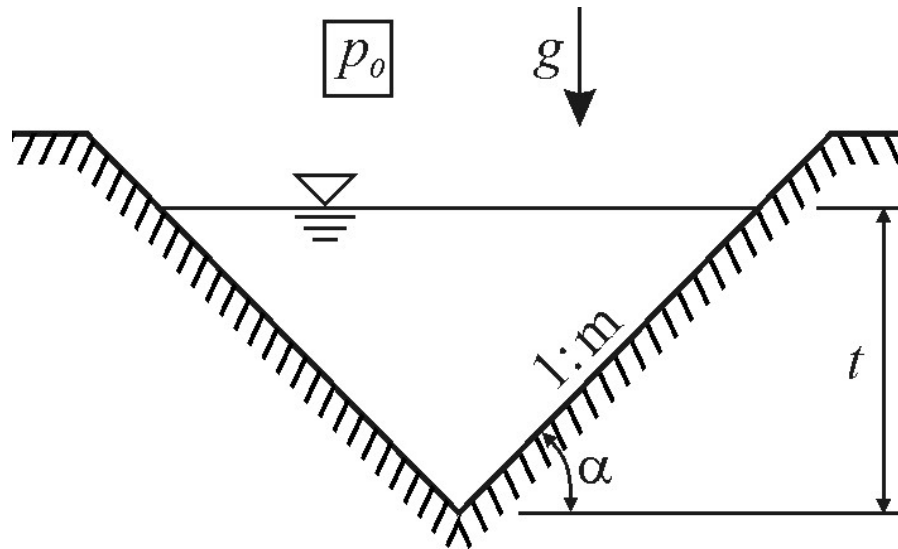
	$w = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{b \cdot t}$	$Fr = \frac{w}{\sqrt{g \cdot t}}$
	$L = \frac{A}{b_{sp}} = \frac{b \cdot t}{b} = t$	

b) Beispiel: Dreiecksquerschnitt (Q/m = konst.)

	$w = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{m * t^2}$	$Fr = \frac{w}{\sqrt{\frac{1}{2} \cdot g \cdot t}}$
	$L = \frac{A}{b_{sp}} = \frac{m * t^2}{2 * m * t} = t$	

GERINNE MIT REIECKSQUERSCHNITT

Ein offenes Gerinne mit der Querschnittsform eines gleichschenkligen Dreiecks (Steigung 1:m, Neigung α) transportiert ein Fluid mit einem Volumenstrom Q bei einem Gefälle von I_s in Fließrichtung.



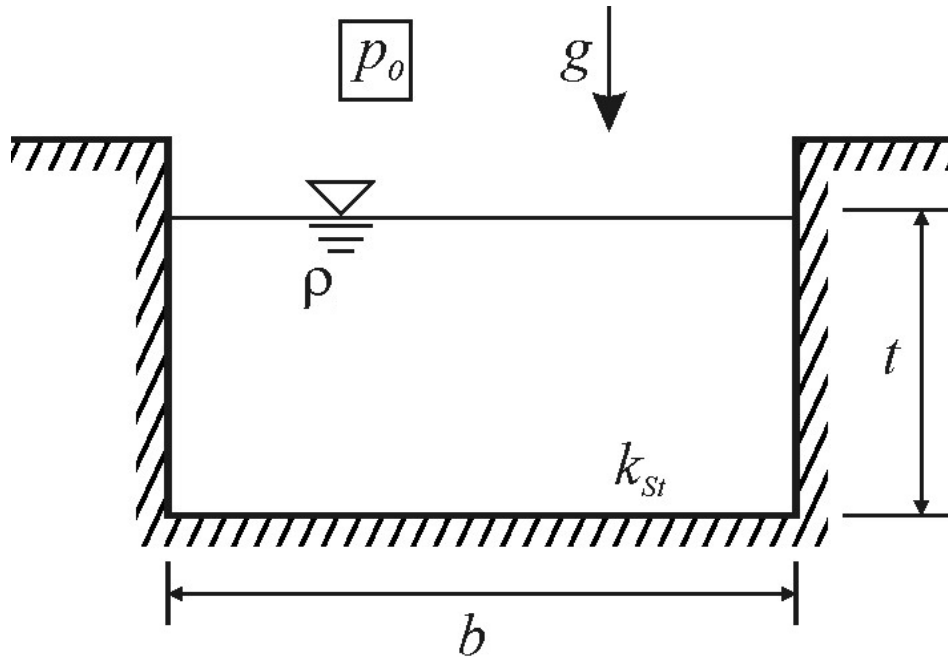
- Welche Wassertiefe t_2 ergibt sich bei reibungsfreier Strömung nach einem Fließweg von 10 m bei einer Wassertiefe von $t_1 = 1,25$ m am Ausgangspunkt?
- Berechnen Sie Fließtiefe und Fließgeschwindigkeit im Grenzzustand.

Gegeben: $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ $m = 1,0$ $I_s = 3,5 \%$

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

GERINNE MIT ECHTECKQUERSCHNITT

In einem offenen Kanal ist ein Fluid mit einem Volumenstrom Q abzuführen. Der Gerinnequerschnitt hat die Form eines Rechteckquerschnittes mit der Breite b . Das Längsgefälle der Sohle beträgt I_s und der Manning-Strickler-Beiwert der Gerinnewand k_{St} .



- Ermitteln Sie die zugehörige Normalabflusswassertiefe.
- Ordnen Sie den Fließzustand mittels der Froude-Zahl ein.

Gegeben: $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$ $b = 1,0$ $I_s = 0,9 \%$ $k_{St} = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
 $\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ $g = 9,81 \text{ m}/\text{s}^2$
