

KLAUSUR WASSERBAU

Formelsammlung

Kontinuität

$$Q = v \cdot A$$

Manning-Strickler-Gleichung

$$v = k_m \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I} \text{ mit } R = \frac{A}{U}$$

Darcy-Weisbach-Gleichung

$$v_m = \sqrt{1/\lambda} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I_E} \text{ und } r_{hy} = \frac{A}{U}$$

Bernoulli-Gleichung

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + h_{v_{1..2}} = H$$

Verlusthöhen

$$h_v = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ bzw. } h_v = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Verlustbeiwert λ (hydraulisch rau)

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,14 - 2,0 \cdot \log\left(\frac{k_S}{D}\right)$$

h_{gr} Rechteckgerinne

$$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b^2}} \text{ und } H_{\min} = 1,5 \cdot h_{gr}$$

Froude-Zahl

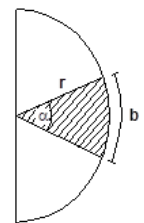
$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

v_{gr} Rechteck

$$v_{gr} = Fr \cdot \sqrt{g \cdot h_{gr}}$$

Kreissegment

$$U = b = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180} \quad A = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \alpha}{360}$$



Konjugierte Tiefe

$$h_{2,erf} = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{8Fr_1^2 + 1} - 1 \right)$$

Toricelli

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{1 + \Sigma \zeta}}$$

Überfallformel

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_u^{1,5}$$

Leistung einer Turbine

$$N_T = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Wirkungsgrad

$$\eta_{gesamt} = \eta_v \cdot \eta_m \cdot \eta_h$$

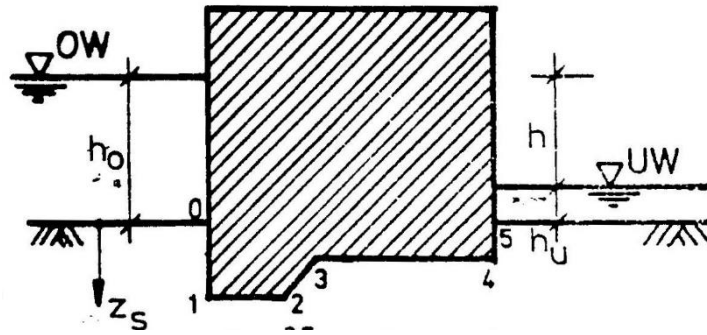
Sohlschubspannungen

$$\tau_{w,vorh} = \rho \cdot g \cdot I \cdot h$$

Kin. Zähigkeit

$$\nu = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$$

KLAUSUR WASSERBAU

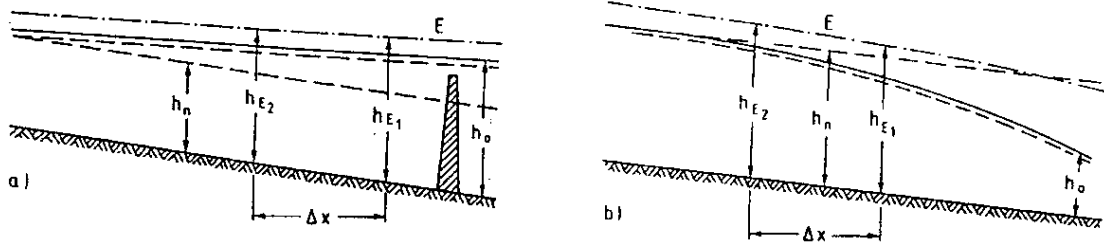


Nach DIN 19702: $L_{ges} = 3 \cdot \Sigma L_V + \Sigma L_H$

$$\frac{p_s(i)}{\rho \cdot g} = h_0 + z_S(i) - h \cdot \frac{L(i)}{L_{ges}}$$

Gerinneform	Fläche A	Grenz- tiefe h_{gr}	Grenz- geschwindigkeit v_{gr}	Minimum der Energiehöhe H_{min}
<p>Rechteck</p>	$B \cdot h$	$\sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b^2}}$	$\sqrt{g \cdot h_{gr}}$	$\frac{3}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b^2}} = \frac{3}{2} h_{gr}$
<p>Trapez</p> <p>$b' = 2b/(m+n)$</p>	$b \cdot h \cdot \left(1 + \frac{m+n}{2 \cdot b} \cdot h\right)$ $= b \cdot h \cdot \left(1 + \frac{h}{b'}\right)$	nur implizit: $\left[\frac{h_{gr}}{b'}\right]^3 \cdot \frac{(1+h_{gr}/b')^3}{1+2 \cdot h_{gr}/b'}$ $= \frac{Q^2}{g \cdot b^2 \cdot b'^3}$	$\sqrt{g \cdot h_{gr} \cdot \frac{1+h_{gr}/b'}{1+2 \cdot h_{gr}/b'}}$	$\frac{3+5 \cdot h_{gr}/b'}{2(1+2 \cdot h_{gr}/b')} \cdot h_{gr}$
<p>Dreieck</p>	$\frac{h^2}{2} \cdot (m+n)$	$\sqrt[5]{\frac{8 \cdot Q^2}{g \cdot (m+n)^2}}$	$\sqrt{g \cdot \frac{h_{gr}}{2}}$	$\frac{5}{4} \cdot h_{gr}$
<p>Parabel</p> <p>$h = aB^2$</p>	$\frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{h^3}{a}}$	$\sqrt[4]{\frac{27 \cdot a \cdot Q^2}{8 \cdot g}}$	$\sqrt{\frac{2}{3} \cdot g \cdot h_{gr}}$	$\frac{4}{3} \cdot \sqrt[4]{\frac{27 \cdot a \cdot Q^2}{8 \cdot g}}$

KLAUSUR WASSERBAU



(x = Stau- bzw. Senkungsweite; h_n =Wassertiefe bei stationär-gleichförmiger Bewegung; $y_0=h_0/h_n$, mit h_0 = Wassertiefe im Anfangsprofil; $y=h_x/h_n$, mit h_x =Wassertiefe im Abstand x vom Anfangsprofil;

μ berücksichtigt die Geschwindigkeitshöhe; ist Q nicht bekannt, wird $\mu=1$ gesetzt.

Bei der Stauberechnung beträgt $y=1,01$ (1% Abweichung von h_n), bei der Bestimmung der Senkungsweite gilt $y=0,995$.

Parabelquerschnitt (Tolkmitt)

$$\mu = 1 - (h_{gr} / h_n)^4$$

$$x = \frac{h_n}{I_{So}} [y_0 - y + \mu(f(y) - f(y_0))] \text{ in m}$$

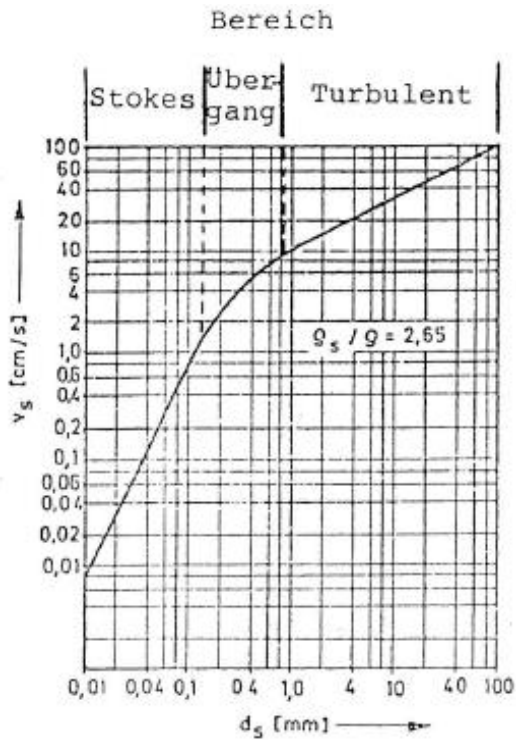
Rechteckquerschnitt (Rühlmann)

$$\mu = 1 - (h_{gr} / h_n)^3$$

$$x = \frac{h_n}{I_{So}} [y_0 - y + \mu(F(y) - F(y_0))] \text{ in m}$$

y	$F(y)$	$f(y)$	y	$F(y)$	$f(y)$	y	$F(y)$	$f(y)$
10,0	0,9119	0,7857	1,44	1,1893	0,9101	1,09	1,6195	1,2005
9,6	0,9131	0,7859	1,43	1,1944	0,9132	1,08	1,6555	1,2264
8,0	0,9147	0,7861	1,42	1,1997	0,9164	1,07	1,6969	1,2563
7,0	0,9171	0,7864	1,41	1,2052	0,9198	1,06	1,7451	1,2913
6,0	0,9208	0,7869	1,40	1,2108	0,9232	1,05	1,8027	1,3333
5,0	0,9270	0,7881	1,39	1,2166	0,9268	1,045	1,8362	1,3578
4,5	0,9317	0,7891	1,38	1,2228	0,9305	1,04	1,8738	1,3855
4,0	0,9384	0,7906	1,37	1,2290	0,9344	1,037	1,8988	1,4039
3,5	0,9481	0,7932	1,36	1,2355	0,9385	1,036	1,9076	1,4103
3,0	0,9633	0,7978	1,35	1,2422	0,9427	1,035	1,9167	1,4170
2,9	0,9674	0,7991	1,34	1,2491	0,9471	1,030	1,9665	1,4537
2,8	0,9719	0,8007	1,33	1,2564	0,9517	1,025	2,0256	1,4975
2,7	0,9769	0,8025	1,32	1,2639	0,9565	1,020	2,0983	1,5514
2,6	0,9826	0,8045	1,31	1,2718	0,9615	1,015	2,1926	1,6215
2,5	0,9890	0,8070	1,30	1,2800	0,9668	1,010	2,3261	1,7210
2,4	0,9963	0,8098	1,29	1,2885	0,9723	0,995	2,552	1,889
2,3	1,0047	0,8132	1,28	1,2974	0,9781	0,99	2,319	1,714
2,2	1,0143	0,8173	1,27	1,3067	0,9842	0,98	2,085	1,536
2,1	1,0255	0,8222	1,26	1,3165	0,9906	0,97	1,946	1,431
2,0	1,0387	0,8282	1,25	1,3267	0,9973	0,96	1,847	1,355
1,95	1,0462	0,8317	1,24	1,3375	1,0045	0,95	1,769	1,296
1,90	1,0543	0,8357	1,23	1,3488	1,0121	0,94	1,705	1,246
1,85	1,0634	0,8401	1,22	1,3607	1,0200	0,93	1,650	1,204
1,80	1,0731	0,8450	1,21	1,3733	1,0285	0,92	1,602	1,166
1,75	1,0840	0,8506	1,20	1,3867	1,0375	0,91	1,559	1,133
1,70	1,0961	0,8570	1,19	1,4009	1,0471	0,90	1,521	1,103
1,65	1,1096	0,8643	1,18	1,4159	1,0574	0,85	1,367	0,980
1,60	1,1248	0,8727	1,17	1,4320	1,0685	0,80	1,253	0,887
1,55	1,1421	0,8824	1,16	1,4492	1,0803	0,75	1,159	0,808
1,50	1,1617	0,8938	1,15	1,4677	1,0932	0,70	1,078	0,739
1,49	1,1660	0,8963	1,14	1,4877	1,1071	0,65	1,006	0,676
1,48	1,1704	0,8988	1,13	1,5093	1,1223	0,60	0,939	0,617
1,47	1,1749	0,9015	1,12	1,5329	1,1389	0,50	0,819	0,506
1,46	1,1796	0,9043	1,11	1,5589	1,1571	0,40	0,789	0,402
1,45	1,1844	0,9072	1,10	1,5875	1,1776			

KLAUSUR WASSERBAU

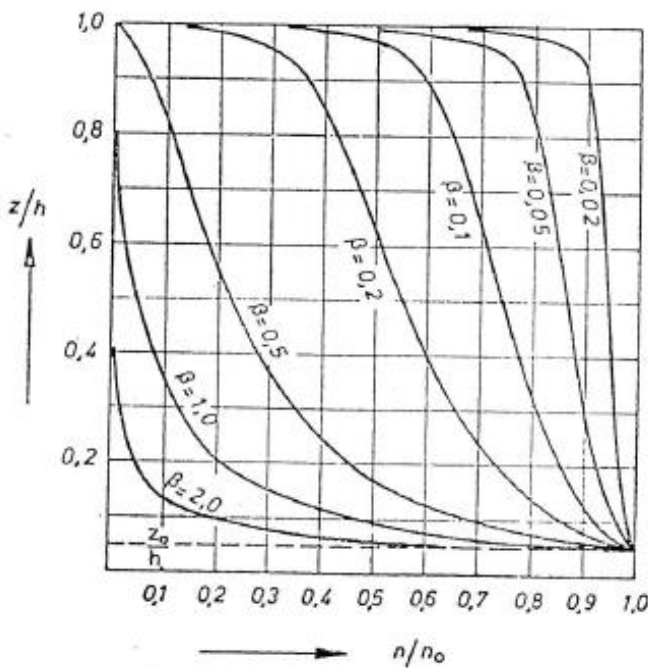


$$v_s = \frac{g}{18} \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \frac{d_s^2}{\nu}$$

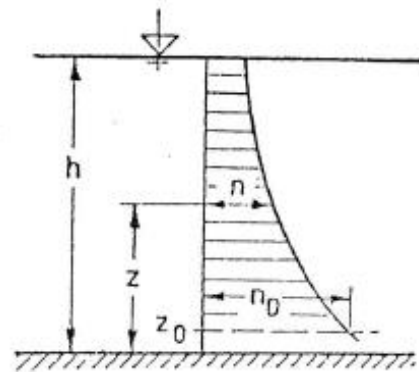
Schleichströmung

$$v_s = \sqrt{\frac{2g}{3f} \frac{\rho_s - \rho}{\rho} d_s}$$

turbulente Umströmung



Teilchenkonzentration n über die Höhe z



$$n = n_0 \left(\frac{z}{z_0} \frac{h - z_0}{h - z} \right)^{-\beta} \quad (3.12)$$

mit $\beta = \frac{v_s}{m\sqrt{g h J}}$ und $m = 0,52$.

Konzentrationsverteilung n des Schwebstoffes über der Höhe

Die Größe $z_0 \approx \delta_{lam}$ wird manchmal mit $2d_s$ abgeschätzt, häufig aber $z_0 = h/20$ gewählt.