



VL0.20250307

Energiesysteme

6. Semester – Dr. A Fuchs, Dr. T Demiray

Autoren: Luca Loop

<https://github.com/Luca-ET/EnSys.git>

Inhaltsverzeichnis

1 Wasserkraft	1	1.4 Örtliche Energieverluste	1
1.1 Kontinuitätsgleichung für den Durchfluss	1	1.5 Reibungsverluste	1
1.2 Bernoulli-Druck-Gleichung für Speicherwasserkraftwerke	1	1.6 Verlusthöhe durch Reibung	1
1.3 Bernoulli-Höhen-Gleichung für Speicherwasserkraftwerke	1		

1 Wasserkraft

1.1 Kontinuitätsgleichung für den Durchfluss

$$Q = A \cdot v$$

[Q]	Durchflussrate	$\frac{m^3}{s}$
[A]	Querschnittsfläche	m^2
[v]	Fließgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$

1.2 Bernoulli-Druck-Gleichung für Speicherwasserkraftwerke

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z + p = \text{constant}$$

$\frac{1}{2}\rho v^2$	Kinetische Energie (je Kubikmeter)	$\frac{J}{m^3}$
$\rho g z$	Potentielle Energie	$\frac{J}{m^3}$
p	Druckenergie	$\frac{J}{m^3}$

1.3 Bernoulli-Höhen-Gleichung für Speicherwasserkraftwerke

$$H = z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2 \cdot g} + \sum H_v$$

[H]	Bruttogefälle	m
[z]	Höhenlage (potenzielle Energie)	m
[p]	Druck	$Pa = \frac{N}{m^2}$
[ρ]	Dichte des Wassers	$\frac{kg}{m^3}$
[g]	Erdbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$
[v]	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
$\left[\frac{p}{\rho g} \right]$	Druckhöhe	m
$\left[\frac{v^2}{2g} \right]$	Geschwindigkeitshöhe	m
$[\sum H_v]$	Hydraulische Energieverluste	m

1.4 Örtliche Energieverluste

$$h_v = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g}$$

[h _v]	Örtliche Energieverlusthöhe	m
[ζ]	Verlustbeiwert (dimensionslos)	–
[v]	Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
[g]	Erdbeschleunigung	$\frac{m}{s^2}$

1.5 Reibungsverluste

$$H_{vr} = \frac{v^2 \cdot L}{K^2 \cdot R_h^{4/3}}$$

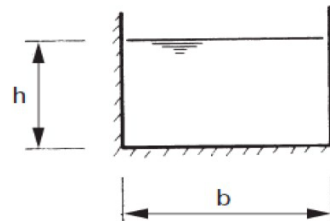
[H _{vr}]	Reibungsverlusthöhe	m
[v]	Strömungsgeschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
[L]	Länge der Strömungsstrecke	m
[K]	Rauigkeitsbeiwert nach Strickler	$m^{1/3}/s$
[R _h]	Hydraulischer Radius	m

1.5.1 Tabelle Rauigkeitsbeiwert K

Material	Zustand	K [m ^{1/3} /s]
Stahl	neu	75
Stahl	schlechter Zustand, verrostet, verkrustet	60
Beton	glatt	85
Beton	rauh	60
PE, PVC		100

1.5.2 Hydraulischer Radius

Rechteckqueerschnitt

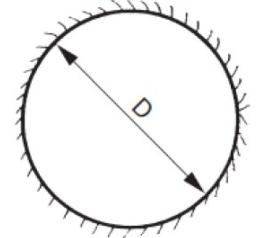


$$F = b \cdot h$$

$$P = b + 2 \cdot h$$

$$R_h = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$$

Kreisquerschnitt



$$F = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}$$

$$P = D \cdot \pi$$

$$R_h = \frac{D}{4}$$

1.6 Verlusthöhe durch Reibung

$$h_{v,r} = \lambda \cdot \frac{L}{d_{hy}} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$h_{v,r} = \lambda \cdot \frac{L}{d_i} \cdot \frac{8 \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_i^4}$$

$$h_{v,r} = \frac{8 \cdot \lambda \cdot L \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d_i^5}$$

[h _{v,r}]	Verlusthöhe durch Reibung	m
[L]	Länge	m
[v _m]	Mittlere Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$
[Q]	Durchfluss	$\frac{m^3}{s}$
[d _i]	Innendurchmesser	m
[d _{hy}]	Hydraulischer Durchmesser	m
[l _u]	Benetzter Umfang	m
[λ]	Verlustbeiwert	–

Zusammenhang des hydraulischen Durchmessers:

$$d_{hy} = d_{Kreistrohr} = d_i = 4R_{hy} = 4 \left(\frac{A}{l_u} \right)$$