

01 Wasserkraft

Montag, 23. August 2021 13:51

**UMRECHNUNGSTABELLE
UMRECHNUNG
LEISTUNGSEINHEITEN**

	W	kW	kcal/s	kcal/h	kp m/s	PS
1 W=Nms=J/s	1	0,001	2,39*10⁻⁴	0,860	0,102	0,00136
1 kW =	1000	1	0,239	860	102	1,36
1 kcal/s =	4190	4,19	1	3600	427	5,69
1 kcal/h =	1,16	0,00116	0,00028	1	0,119	0,00158
1 kp m/s =	9,81	0,00981	0,00234	8,43	1	0,0133
1 PS =	736	0,736	0,176	623	75	1

(Auszug aus dem INDUSTRIETECHNIK-KATALOG der Firma HUG-Industrietechnik Ergolding)

abitur.nrw Vorgaben 2023 Technik

Grundkurs

Technische Innovation	Automatisierungstechnik	Versorgung mit elektrischer Energie	Entwicklungsfelder neuer Technologien
Konzepte innovativer Technologien	Digitale Sensoren und Aktoren	Regenerative und nichtregenerative Energieträger – Wasserkraft	Bionik – Statik bestimmter ebener Stabtragwerke
Einfluss von Grundlagenforschung auf die Produkt- und Anwendungsentwicklung	Logik-Bausteine, Speicher und Zähler – Monoflops, RS-, D-, JK-Flipflops – Asynchrone Zähler 7-Segment-Anzeige	Energiewirtschaft und Kraftwerkseinsatz	Elektromobilität und Verkehr – Brennstoffzellentechnologie
Auswirkungen von Innovation auf Gesellschaft und Wirtschaft	Optimierungsmöglichkeiten digitaler Schaltungen Speicherprogrammierbare Systeme	Systemanalyse und Effizienz von Kraftwerken	

11 Wasserkraft

11.1 Nutzung von Wasserkraft

Wasserkraftwerke sind bei entsprechender Verfügbarkeit eine wartungsarme und langlebige Möglichkeit der Energieversorgung mit einem breiten Leistungsspektrum. Sie können je nach Typ zur Deckung von Grund-, Mittel- und Spitzenlast verwendet werden, wodurch sie einen wichtigen Beitrag zu einer kontinuierlichen Energieversorgung leisten.

Zwei wichtige Kenngrößen von Wasserkraftwerken sind die Höhendifferenz (Fallhöhe in m) und die Wassermenge, die pro Sekunde durch die Turbine fließt (Volumenstrom in m³/s).

11.2 Turbinentypen

Nach der Fallhöhe und dem zu erwartenden Wasserdurchfluss werden unterschiedliche Turbinentypen eingesetzt.

Die **Kaplan-Turbine** wird bei einer geringen Fallhöhe und einem großen Volumenstrom eingesetzt.

Der Turbinenaufbau ähnelt einer Schiffschraube, wobei aber hierbei die Laufschaufeln beweglich sind und somit zu schwankenden Wassermengen angepasst werden können. Auch durch den Leitapparat kann die Durchflussmenge reguliert werden.

Dieser Turbinentyp wird in Laufwasserkraftwerken mit großen und schwankenden Wassermengen eingesetzt.

Die **Francisturbine** wird bei mittleren Fallhöhen von 20 m bis 700 m eingesetzt und ist der am meisten eingesetzte Turbinentyp.

Über die spiralförmige Zuleitung (Spiralleitung) fließt das Wasser an den beweglichen Leit-schaufeln vorbei zum Leitrad. Die Wassermenge wird über die beweglichen Leit-schaufeln reguliert.

Dieser Turbinentyp wird häufig bei Speicherkraftwerken mit gering schwankenden Wassermengen eingesetzt.

Die **Pelton-turbine** wird bei großen Fallhöhen zwischen 50 m und 1500 m und kleinen Wassermengen eingesetzt.

Über Düsen gelangt das Wasser auf die becherförmigen Schaufeln des Laufrades. Die Wassermenge wird über die beweglichen Nadeldüsen reguliert.

Dieser Turbinentyp wird in Speicherkraftwerken mit kleinen Volumenstrom und großen Fallhöhen eingesetzt.

Zur Ermittlung der am besten geeigneten Turbine für einen bestimmten Einsatzzweck kann ein Kennlinienfeld genutzt werden (Bild 3, S. 196).

11.3 Wasserkraftwerksarten

11.3.1 Laufwasserkraftwerk

In einem Laufwasserkraftwerk wird das Gefälle in einem Flusslauf genutzt, indem der Fluss durch ein Staubauwerk angestaut wird. Dadurch entsteht ein Höhenunterschied zwischen Oberwasser und Unterwasser. Das Wasser fließt kontinuierlich durch die Turbine (Bild 2).

Laufwasserkraftwerke liefern damit dauerhaft elektrische Energie und speisen in den Grundlastbereich ein.

Um den Schiffsverkehr weiterhin zu ermöglichen, sind Schleusenanlagen notwendig. Fischtreppen ermöglichen Fischen, die z. B. zum Laichen in die Oberläufe von Flüssen ziehen, die Überwindung des Staubauwerks.

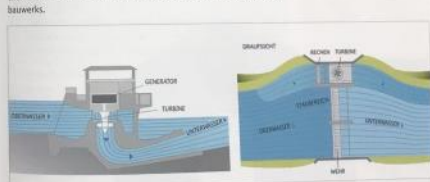


Bild 2: Laufwasserkraftwerk (schematische Aufsicht)

11.3.2 Speicherkraftwerke

Bei diesem Kraftwerkstyp wird das Wasser in einem Speichersee angestaut. Über Druckstollen oder Druckrohre wird das Wasser zu den Turbinen geleitet. Das Wasserschloss dient dem Druckausgleich, damit ein kontinuierlicher Druck in den Rohren zur Turbine herrscht (Bild 1 nächste Seite).




Bild 1: Wasserkraftwerk

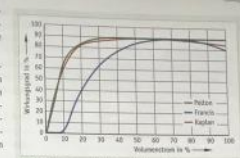


Bild 3: Wirkungsgrad in Abhängigkeit vom Volumenstrom



Bild 1: Speicherkraftwerk (schematischer Aufbau)

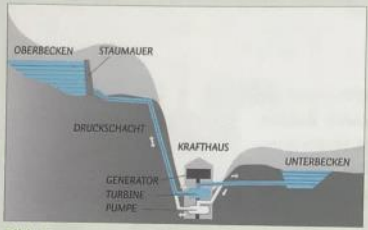


Bild 2: Pumpspeicherkraftwerk (schematischer Aufbau)

Speicherkraftwerke (Bild 1) können je nach verfügbarer Wassermenge ihre Energie in Mittellast- oder Spitzenlastzeiten in das Netz einspeisen. Sie stellen allerdings einen erheblichen Eingriff in die Umwelt dar. Mit dem Speichersee entsteht auf Kosten der vorherigen Tier- und Pflanzenwelt ein ganz neues Ökosystem mit positiven wie negativen Auswirkungen.

11.3.3 Pumpspeicherkraftwerke

In Spitzenlastzeiten ist es notwendig, in wenigen Sekunden bis Minuten die notwendige elektrische Leistung ins Netz einzuspeisen. Pumpspeicherkraftwerke übernehmen diese Aufgabe, da sie in Zeiten geringen Bedarfs die überschüssige Energie aus dem Verbundnetz speichern, indem Wasser aus einem Unterbecken in ein Oberbecken gepumpt wird (Bild 2). Steigt der Bedarf, kann das Wasser aus dem Oberbecken durch die Turbinen geleitet werden. Die umgewandelte elektrische Energie wird ins Netz zurückgespeist. Diese Kraftwerksart ermöglicht eine Speicherung von großen Mengen an elektrischer Energie aus Schwachlastzeiten für den Bedarf bei Tageshöchstlasten.

Die einzelnen Energieumwandlungen und Wirkungsgrade in einem Pumpspeicherkraftwerk zeigt die folgende Abbildung (Bild 3).

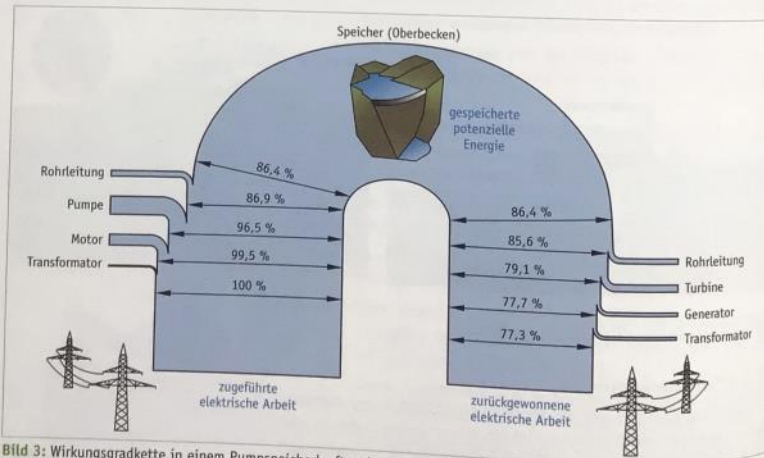


Bild 3: Wirkungsgradkette in einem Pumpspeicherkraftwerk

11.4 Die hydraulische Leistung und der Wirkungsgrad von Wasserkraftwerken

Die hydraulische Leistung eines Wassermassenstromes wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$P_{\text{hydraulisch}} = \dot{m} \cdot g \cdot \Delta h \rightarrow P_{\text{hydraulisch}} = \dot{V} \cdot \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

$$\eta_{\text{Gesamt}} = \frac{P_{\text{el, netto}}}{P_{\text{hydraulisch}}}$$

Installierte elektrische Nenn-Leistung P_{el} [W]

$$P_{\text{el, Nenn}} = P_{\text{hydraulisch}}, \text{ Auslegung (hydraulische Leistung unter Auslegungsbedingungen)}$$

$$\eta_{\text{Gesamt}} = P_{\text{hydraulisch}} \cdot \eta_{\text{Fallröhre}} \cdot \eta_{\text{Turbine}} \cdot \eta_{\text{Getriebe}} \cdot \eta_{\text{Generator}} \cdot \eta_{\text{Trafo}}$$

η_{Gesamt} : bis ca. 90% ($\eta_{\text{Getriebe}} \eta_{\text{Generator}} = \text{ca. } 95\%$)

$\eta_{\text{Gesamt, Jahr}}$: 70 ... 90% (50 ... 70% bei älteren Anlagen kleiner Leistung)

Elektrische Jahresenergie E_{el} [Wh/a]

$$E_{\text{el}} = P_{\text{el, Nenn}} \cdot b_N$$

b_N : Vollbenutzungsstunden, 4000 – 7500 h/a je nach Auslegung der Turbine und zeitlichem Verlauf des Wasserangebots

$$E_{\text{el}} = E_{\text{el, maximal}} \cdot f \quad f: \text{Auslastungsfaktor [\%]}$$

$$E_{\text{el, maximal}} = P_{\text{el}} \cdot 8760 \text{ h/a}$$

Beispielaufgabe

Berechnen Sie anhand der technischen Daten in der folgenden Tabelle die hydraulische Leistung, den Gesamtwirkungsgrad, die Vollbenutzungsstunden und den Auslastungsfaktor des Kraftwerks.

elektrische Nettoleistung	20 MW
Fallhöhe	7,5 m
elektrischer Eigenbedarf	4%
Volumenstrom	400 m ³ /s
Jahresarbeit	86 GWh

Tabelle 1: Technische Kraftwerksdaten

g Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²

Δh Höhenunterschied [m]

\dot{m} Massenstrom = Volumenstrom $V \cdot$ Dichte ρ [kg/s]



Bild 1: Walchenseekraftwerk, Bayern, 124 MW



Bild 1: Kahlenberg-Laufwasserkraftwerk, Mülheim an der Ruhr, 5 MW

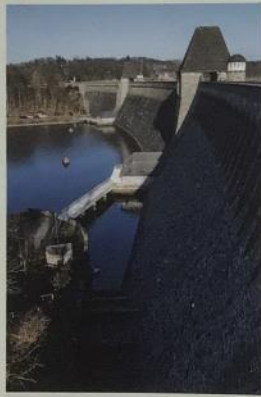


Bild 2: Möhnetalsperre, Kreis Soest, 7,04 MW

Aufgaben

- Informieren Sie sich über die auf Seite 195 (Bild 1 und 2) und auf dieser Seite (Bild 1 und 2) gezeigten Wasserkraftwerke. Recherchieren Sie alle relevanten Daten der Kraftwerke und stellen Sie sie vergleichend in einer Tabelle dar.
- Entnehmen Sie alle Informationen dem Kennlinienfeld unten (Bild 3).
 - Welcher Turbinentyp und welches Schluckvolumen sind bei einem Wasserkraftwerk mit 10 MW Nennleistung erforderlich, wenn die Fallhöhe 800 m (100 m, 7 m) beträgt?
 - Welcher Turbinentyp und welche Fallhöhe sind bei einem Wasserkraftwerk mit 50 MW Nennleistung erforderlich, wenn das Schluckvolumen $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($20 \text{ m}^3/\text{s}$, $400 \text{ m}^3/\text{s}$) beträgt?
- Ein Wasserkraftwerk hat eine Nennleistung von 5 MW, eine Fallhöhe von 90 m und ein Schluckvolumen von $7 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Jahresarbeit liegt bei 21 GWh/Jahr und der elektrische Eigenbedarf beträgt 5%. Berechnen Sie die hydraulische Leistung, den Gesamtwirkungsgrad, die Vollbenutzungsstunden und den Auslastungsfaktor.

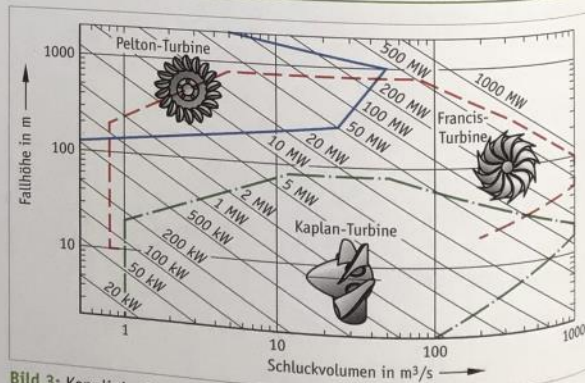


Bild 3: Kennlinienfeld für Wasserturbinen

Kaplanturbine:

- Geringe Fallhöhe 0-20m
- Schaufeln verstellbar (Wasserregulierung)
- Hoher Wirkungsgrad
- Wassereinlass regulierbar
- Großer Volumenstrom
- Schwankende Wassermenge

Francisturbine:

- Fallhöhe 20-700m
- Regulierung erfolgt über Leitschaufeln
- Benötigt keine konstanten Wassermengen
- Nicht auf stark schwankende Wassermengen ausgelegt
- Für Großwassermengen ausgelegt

Peltonturbine:

- Fallhöhe 50-1500m
- Nutzung bei kleinen Wassermengen
- Durchflussmenge wird durch eine Nadeldüse reguliert
- Zur optimalen Nutzung kann man das Kennlinienfeld nutzen
- Sehr hoher Wirkungsgrad

Laufwasserkraftwerk:

- Individuell einsetzbar

Speicherkraftwerk:

- Wasser wird im Speichersee gesammelt und nach Bedarf genutzt
- Mehr Ausnutzen der Natur („Berge versetzen“)

Pumpspeicherkraftwerke:

- Nicht genutzte Energie wird in andere benötigte Verfahren (Hochpumpen des Wassers) genutzt

Berechnung der hydraulischen Leistung:

$$P_{\text{hyd}} = V \times \rho \times g \times h = 400 \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 9,81 \text{ m}/\text{s}^2 \times 7,5 \text{ m}$$

$$P_{\text{hyd}} = 29,43 \text{ MW}$$

Wirkungsgrad:

$$= P_{\text{el}} / P_{\text{hyd}}$$

$$= 20 \text{ MW} / 29,43 \text{ MW} = 0,679 = 0,679 = 67,9\%$$

Klausur

Dienstag, 28. September 2021 07:42



Üben für
die Klausur

02 Leistung und Wirkungsgrad berechnen

Montag, 23. August 2021 13:49

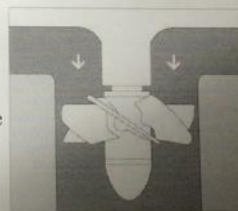
1. Bei einem Wasserkraftwerk fallen in einer Minute 8400 Liter Wasser auf die 150 Meter tiefer liegende Turbine. Nur ca. 80% der vom Wasser gelieferten Energie können als elektrische Energie in die elektrische Leitung eingespeist werden. Man sagt, der Wirkungsgrad der Anlage beträgt ca. 80%.

- Beschreibe alle Energieumwandlungen! Wo bleiben die „verlorenen“ 20% der Energie?
- Wie viel Energie liefert das fallende Wasser pro Minute?
- Wie groß ist die in die Leitung eingespeiste elektrische Leistung?

Pumpspeicherkraftwerk - Schema



Bild einer Turbine (Kaplan-Turbine)



2. Die elektrische Pumpe der Alsterfontäne in Hamburg befördert pro Stunde etwa 170 000 Liter Wasser auf eine Höhe von ca. 60m.

- Bestimme die pro Stunde erforderliche Energie für die Wasserfontäne!
- Welche elektrische Leistung muss die Pumpe bei einem Wirkungsgrad von etwa 85% haben?



Das große Tafelwerk

interaktiv 2.0

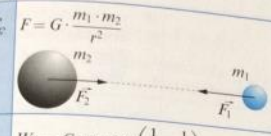
Formelsammlung für die
Sekundarstufen
I und II

Mathematik
Informatik
Astronomie
Physik
Chemie
Biologie

für das Abitur empfohlen



Cornelsen

Gravitation	
Gravitationsgesetz, Gravitationskraft F	$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ 
Arbeit W_G im Gravitationsfeld	$W_G = G \cdot m \cdot M \cdot \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ In der Nähe der Erdoberfläche gilt: $W_G = m \cdot g \cdot h$
Energie E_{pot} eines Körpers im Gravita- tionsfeld der Erde	$E_{\text{pot}} = -G \cdot \frac{m_E \cdot m}{r} \quad (\text{für } r > r_E)$
Potential V im Gravitationsfeld der Erde	$V = \frac{E_{\text{pot}}}{m} = -G \cdot \frac{m_E}{r}$
Gravitationsfeld- stärke g der Erde	$g = G \cdot \frac{m_E}{r^2} \quad (\text{für } r > r_E)$

- G Gravitationskonstante
- m_1, m_2 Massen der Körper
- r Abstand der beiden Massenmittelpunkte
- r_1, r_2 Abstände
- g Gravitationsfeldstärke
- $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$
- m_E Masse der Erde
- m Masse des Körpers
- r Abstand des Körpers vom Erdmittelpunkt
- r_E Radius der Erde
- m_E Masse der Erde
- r Abstand vom Erdmittelpunkt
- r_E Radius der Erde

Mechanische Arbeit

Mechanische Arbeit W	$W = \int_{s_1}^{s_2} F(s) ds \quad \text{wenn } F \neq \text{konst.}; \angle(\vec{F}; \vec{s}) = 0$ $W = F \cdot s \quad \text{wenn } F = \text{konst.}; \angle(\vec{F}; \vec{s}) = 0$ $W = F \cdot s \cdot \cos \alpha \quad \text{wenn } F = \text{konst.}; \angle(\vec{F}; \vec{s}) = \alpha$	F Kraft s Weg (bzw. Dehnung der Feder bzw. Hubhöhe bzw. ...) F_G Gewichtskraft m Masse g Fallbeschleunigung F_R Reibungskraft F_B beschleunigende Kraft a Beschleunigung F_E Kraft am Ende des Spannvorgangs D Federkonstante
Hubarbeit W_{Hub}	$W_{\text{Hub}} = F_G \cdot s = m \cdot g \cdot s = \Delta E_{\text{pot}}$	
Reibungsarbeit W_R	$W_R = F_R \cdot s$	
Beschleunigungs- arbeit W_B	$W_B = F_B \cdot s = m \cdot a \cdot s = \Delta E_{\text{kin}}$	
Federspannarbeit W_F	$W_F = \frac{1}{2} F_E \cdot s \quad W_F = \frac{1}{2} D \cdot s^2 = \Delta E_{\text{pot}}$ (Bedingung: Es gilt das Hooke'sche Gesetz.)	

Mechanische Energie

Potenzielle Energie (Lageenergie)	im erdnahen Gravitationsfeld: $E_{\text{pot}} = F_G \cdot h = m \cdot g \cdot h$ einer gespannten Feder: $E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} F_E \cdot s = \frac{1}{2} D \cdot s^2$	m Masse eines Körpers h Höhe des Körpers über dem Bezugspunkt g Fallbeschleunigung D Federkonstante (Federhärte) s Dehnung der Feder v Geschwindigkeit des Körpers J Trägheitsmoment ω Winkelgeschwindigkeit
Kinetische Energie (Bewegungsenergie)	für Translation: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ für Rotation: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2$	
Energieerhaltungssatz der Mechanik	In einem abgeschlossenen reibungsfreien mechanischen System gilt: $E_{\text{ges}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \text{konst.}$	



Elektrizitätslehre und Magnetismus – Größen, Einheiten, Werte

Größen und Einheiten der Elektrizitätslehre und des Magnetismus C 120-1

Größe	Formelzeichen	Einheiten		Beziehungen zwischen unterschiedlichen Einheiten
		Name	Zeichen	
Elektrische Arbeit Elektrische Energie	W E	Joule Wattsekunde Kilowattstunde Elektronvolt	J $W \cdot s$ $kW \cdot h$ eV	$1 J = 1 W \cdot s = 1 V \cdot A \cdot s$ $1 W \cdot s = 1 J$ $1 kW \cdot h = 3,6 MJ = 3,6 \cdot 10^6 W \cdot s$ $1 eV = 1,6022 \cdot 10^{-19} J$
Elektrische Feldstärke	E	Volt durch Meter	$\frac{V}{m}$	$1 \frac{V}{m} = 1 \frac{N}{C} = 1 \frac{kg \cdot m}{s^3 \cdot A}$
Elektrische Kapazität	C	Farad	F	$1 F = 1 \frac{C}{V} = 1 \frac{A \cdot s}{V}$
Elektrische Ladung	Q	Coulomb	C	$1 C = 1 A \cdot s$
Elektrische Leistung	P	Watt	W	$1 W = 1 V \cdot A = 1 \frac{J}{s}$
Elektrische Spannung Elektrisches Potenzial	U φ	Volt	V	$1 V = 1 \frac{W}{A} = 1 \frac{kg \cdot m^2}{s^3 \cdot A}$
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A	Basiseinheit
Elektrischer Widerstand	R	Ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \frac{V}{A}$
Induktivität	L	Henry	H	$1 H = 1 \frac{V \cdot s}{A} = 1 \frac{Wb}{A}$
Magnetische Flussdichte	B	Tesla	T	$1 T = 1 \frac{V \cdot s}{m^2} = 1 \frac{Wb}{m^2}$
Magnetischer Fluss	Φ	Weber	Wb	$1 Wb = 1 V \cdot s$
Permeabilität	μ_0	Henry durch Meter	$\frac{H}{m}$	$1 \frac{H}{m} = 1 \frac{V \cdot s}{A \cdot m}$
Permittivität	ϵ_0	Farad durch Meter	$\frac{F}{m}$	$1 \frac{F}{m} = 1 \frac{A \cdot s}{V \cdot m}$

Spezifische elektrische Widerstände C 120-2

Metalle	ρ in $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$	Kohle und Widerstandslegierungen	ρ in $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$	Halbleiter und Isolierstoffe	ρ in $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$
Aluminium	0,028	Bogenlampenkohle	60 ... 80	Bernstein	bis 10^{18}
Blei	0,21	Bürstenkohle	40 ... 100	Holz, trocken	$10^{11} \dots 10^{15}$
Eisen	0,10	Chromnickel	1,1	Kupferoxid	$10^3 \dots 10^8$
Gold	0,022	Eisen, legiert (4 Si)	0,5	Quarzglas	$10^{13} \dots 10^{15}$
Kupfer	0,0172	Konstantan	0,50	Polyethen PE	10^{12}
Quecksilber	0,96	Leitungskupfer	0,0178	Polyvinylchlorid PVC	$10^{14} \dots 10^{15}$
Silber	0,016	Manganin	0,43	Porzellan	bis 10^{15}
Wolfram	0,055	Nickelin	0,43	Silicium	$10^{-1} \dots 10^3$
Zinn	0,11	Stahlguss	0,18	Transformatoröl	$10^{12} \dots 10^{15}$

Rechnung Wasserkraftwerk

Donnerstag, 26. August 2021 12:46



Rechnung
Wasserkr...

Buch Wasserkraft

Donnerstag, 26. August 2021 12:48



Buch
Wasserkr...

Aufgaben 26.08.2021

Donnerstag, 26. August 2021 13:02



Aufgaben 26.08.2021

Aufgaben

1. Informieren Sie sich über die auf Seite 195 (Bild 1 und 2) und auf dieser Seite (Bild 1 und 2) gezeigten Wasserkraftwerke. Recherchieren Sie alle relevanten Daten der Kraftwerke und stellen Sie sie vergleichend in einer Tabelle dar.
2. Entnehmen Sie alle Informationen dem Kennlinienfeld unten (Bild 3).
 - a. Welcher Turbinentyp und welches Schluckvolumen sind bei einem Wasserkraftwerk mit 10 MW Nennleistung erforderlich, wenn die Fallhöhe 800 m (100 m, 7 m) beträgt?
 - b. Welcher Turbinentyp und welche Fallhöhe sind bei einem Wasserkraftwerk mit 50 MW Nennleistung erforderlich, wenn das Schluckvolumen $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($20 \text{ m}^3/\text{s}$, $400 \text{ m}^3/\text{s}$) beträgt?
3. Ein Wasserkraftwerk hat eine Nennleistung von 5 MW, eine Fallhöhe von 90 m und ein Schluckvolumen von $7 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Jahresarbeit liegt bei 21 GWh/Jahr und der elektrische Eigenbedarf beträgt 5%. Berechnen Sie die hydraulische Leistung, den Gesamtwirkungsgrad, die Vollbenutzungsstunden und den Auslastungsfaktor.

Aufgabe 1

8

Aufgaben 2

1. Bei einem Wasserkraftwerk fallen in einer Minute 8400 Liter Wasser auf die 150 Meter tiefer liegende Turbine. Nur ca. 80% der vom Wasser gelieferten Energie können als elektrische Energie in die elektrische Leitung eingespeist werden. Man sagt, der Wirkungsgrad der Anlage beträgt ca. 80%.

- a) Beschreibe alle Energieumwandlungen! Wo bleiben die „verlorenen“ 20% der Energie?
- b) Wie viel Energie liefert das fallende Wasser pro Minute?
- c) Wie groß ist die in die Leitung eingespeiste elektrische Leistung?

Pumpspeicherkraftwerk - Schema

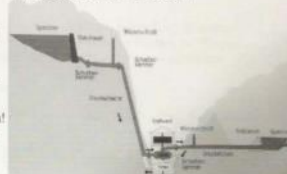


Bild einer Turbine (Kaplan-Turbine)



9

Aufgaben 3

2. Die elektrische Pumpe der Alsterfontäne in Hamburg befördert pro Stunde etwa 170 000 Liter Wasser auf eine Höhe von ca. 60m.

- a) Bestimme die pro Stunde erforderliche Energie für die Wasserfontäne!
- b) Welche elektrische Leistung muss die Pumpe bei einem Wirkungsgrad von etwa 85% haben?

