

Zusammenfassung inkl. Übungsaufgaben

Der Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad eines Gerätes, einer Anlage oder eines Lebewesens gibt an, welcher Anteil der zugeführten Energie in nutzbringende Energie umgewandelt wird.

Formelzeichen: η

Einheit: 1 oder in Prozent (%)

Der Wirkungsgrad ist damit ein Maß für die Güte der Energieumwandlung bzw. ein Maß für den Grad der Nutzbarkeit der zugeführten Energie. Er ist immer kleiner als 1 bzw. kleiner als 100 %

Folgende Verluste treten hauptsächlich auf:

- Reibungsverluste des Wassers in der Zuleitung. Diese Verluste kommen in der Netto-Fallhöhe zum Ausdruck.
 - Die Turbine kann nicht alle Energie des Wassers in eine Drehbewegung umformen.
 - Der Generator kann nicht alle Energie der Drehbewegung in elektrische Energie umwandeln. Es ergeben sich Verluste in der Lagerung, in der Wicklung und im Eisen des Generators.
-
- Die Elektrischen Anlagen wie Wechselrichter, Laderegler, Batterien usw. sind mit Verlusten behaftet.

Der Wirkungsgrad ist deshalb auch abhängig von der Anwendung und kann in vielen Fällen nur abgeschätzt werden.

Beim Turbinenwirkungsgrad werden Werte ab 0.75 angegeben. Bei den Generatoren um die 0.8.

Für den Gesamtwirkungsgrad werden die einzelnen Werte miteinander Multipliziert

$$\eta_{\text{tot}} = \eta_{\text{Generator}} \cdot \eta_{\text{Turbine}} \cdot \eta_{\text{Umformer}} \cdot \dots$$

Schon mit den Werten vom Generator und der Turbine wird der Gesamtwirkungsgrad auf 0.6 reduziert. Mit all den noch nicht berücksichtigten Verlusten sollte man bei einem Picokraftwerk nicht mit einem Wirkungsgrad grösser 0.5 rechnen.

Wie funktioniert ein Laufwasserkraftwerk

Das Besondere der Anlage sind die Kaplan-turbinen. Sie gleichen Flugzeugpropellern Schiffpropellern. Das Wasser kommt aus maximal 25 Metern Höhe 50 Metern Höhe und treibt das Windrad Laufrad an. Über einen Generator wird Strom Wärme erzeugt. Damit es keine Spannungsschwankungen Stimmungsschwankungen gibt, wenn der Wasserpegel sich ändert, muss die Turbine immer eine unterschiedliche konstante Drehzahl haben. Deswegen sind die Schaufeln des Leittrads nicht verstellbar und regulieren so den Wasserstrom Windstrom, der auf die Flügel des Laufrades auftrifft. Auch diese können verstellt werden. Computer berechnen ständig die optimale Drehung Stellung für eine konstante Drehzahl.



Vorteile von Wasserkraft

Wasser ist ein regenerativer Rohstoff und schont die fossilen Energieressourcen. Zudem ist die Wasserkraft in der Regel zuverlässig und eine gute Ergänzung zu Wind und Sonne. Bei der Umwandlung in Strom sind die Verluste besonders gering. Das bedeutet, dass ein Großteil der Energie, die im Wasser vorhanden ist, auch in Strom umgewandelt werden kann. Zwar benötigt das Antreiben der Turbine auch Energie, doch dank neuer Technik sind diese Verluste minimiert worden. In Wasserkraftwerken mit modernen Turbinen werden rund 95 % der Energie zu Strom umgewandelt, ältere Turbinen erreichten hier nur 60 %.



Nachteile von Wasserkraft

Teilweise geschehen erhebliche Eingriffe in Natur und Umwelt, um die Stauseen zu errichten. Vor allem Großprojekte in Schwellenländern sorgen regelmäßig für Kritik. Denn Wasser anzustauen, kann das ökologische Gleichgewicht verändern. Beim Anlegen der Stauseen werden riesige Flächen geflutet. Ein Negativ-Beispiel ist der Dreischluchten-Damm am Jangtsekiang in China. Umweltschützer kritisieren auch, dass ein Stausee eine Barriere für Fische und Kleinstlebewesen ist. Sie können nicht mehr auf ihren gewohnten Routen wandern, und sterben, wenn sie in die Turbinen gesaugt werden. In weniger entwickelten Ländern kommt die Dammbuchgefahr hinzu. Auch weisen Flüsse im Jahresverlauf starke Schwankungen bei der Wassermenge auf.

Unabhängig, welche Turbine später gewählt wird, die Grundformel ist wie folgt:

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

P: Leistung in Watt [W]

g: Fallbeschleunigung (Naturkonstante ~9.81)

Q: Volumenstrom in [m³/s] (Wie viel Wasser passiert in einer Sekunde einen bestimmten Punkt)

ρ: Dichte in [kg/m³] (Wasser = 1000kg/m³)

H: Fallhöhe in Meter [m]

η: Wirkungsgrad (ohne Einheiten)

Wasserdruck

Die Umrechnung vom Druck zur Höhe geht folgendermassen:

$$H = p / (g \cdot \rho)$$

H: Fallhöhe in Meter [m]

p: Druck in Pascal (Pa)

g: Fallbeschleunigung (Naturkonstante ~9.81)

ρ : Dichte in [kg/m³] (Wasser = 1000kg/m³)

Wiederum was für Physiker.

Ihr Manometer wird wahrscheinlich den Druck in bar anzeigen. Die einfache Formel mit eingesetzten Konstanten:

$$H = p_{\text{bar}} \cdot 10.2$$

Volumenstrom

1'000 l/s entsprechen 1 m³/s

Querschnitt und Geschwindigkeit

$$Q = A \cdot v$$

Q: Volumenstrom in [m³/s] (Wie viel Wasser passiert in einer Sekunde einen bestimmten Punkt)

A: Querschnittsfläche in der das Wasser fliesst in [m²]

v: Geschwindigkeit in [m/s]

Die Geschwindigkeit v kann man folgendermassen ermitteln:

- 1) Abmessen und markieren einer Strecke, bei der sich der Querschnitt nicht ändert
- 2) Oberhalb der ersten Markierung wird ein Korkzapfen oder ein ähnlicher gut schwimmender Körper ins Wasser geworfen
- 3) Man misst die Zeit welcher der Körper braucht, um von der ersten Markierung zur zweiten zu gelangen
- 4) Die Geschwindigkeit errechnet man durch das Dividieren der gemessenen Strecke [m] durch die gestoppte Zeit [s] ($v=s/t$)

Break even Diagramm

Mit der untenstehenden Graphik soll aufgezeigt werden, was ein Picokraftwerk für Kosten verursachen darf bei der Installation, sodass es über 10 Jahre amortisiert werden kann. Die Graphik zeigt die Investition in Abhängigkeit der installierten Leistung.

Annahmen:

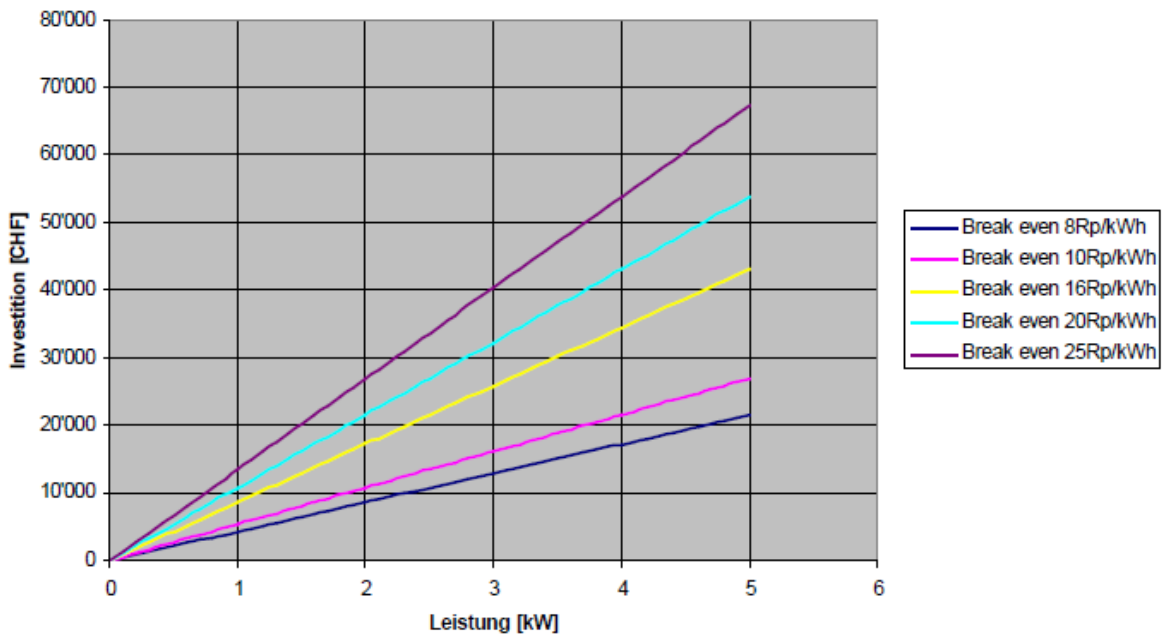
- Strompreise 8, 10, 16, 20, 25Rp/kWh
- Kapitalverzinsung 10%
- Wartung und Unterhalt 0.25 CHF pro Watt installierter Leistung im Jahr
- Amortisation 10 Jahre

Der Abzinsungsfaktor bei einer Kapitalverzinsung von 10% und einer Laufzeit von 10 Jahren $a=6.146$

Die Formel:

$$\text{Investition} = (\text{Leistung} \times \text{Strompreis} \times 24 \times 365 - \text{Leistung} \times \text{Wartung}) \times 6.146$$

Investition in Abhängigkeit der installierten Leistung



Wie ist die Grafik zu interpretieren?

Umwandler		Quellenergie	Zielenergie
Turbine	Wind / Wasser	kinetische Energie	mechanische Energie
Generator		mechanische Energie	elektrische Energie
Verbrennung	Öl	chemische Energie	thermische Energie
Sonnenkollektor		Strahlungsenergie	thermische Energie
Solaranlage		Strahlungsenergie	elektrische Energie
Kraftwerk		mehrere Umwandlungen = Umwandlungskette	

Tabelle: Quellenergie und Zielenergie verschiedener Produktionsformen

Verschiedene Energieformen

- Energie aus Wind und Wasser (Bewegungsenergie) = kinetische Energie
- das Licht der Sonne = Strahlungsenergie
- Energie aus Kohle = Wärmeenergie
- Energie aus Brennstoffen = chemische Energie
- Energie aus einem Kernkraftwerk = Kernenergie
- Strom = elektrische Energie

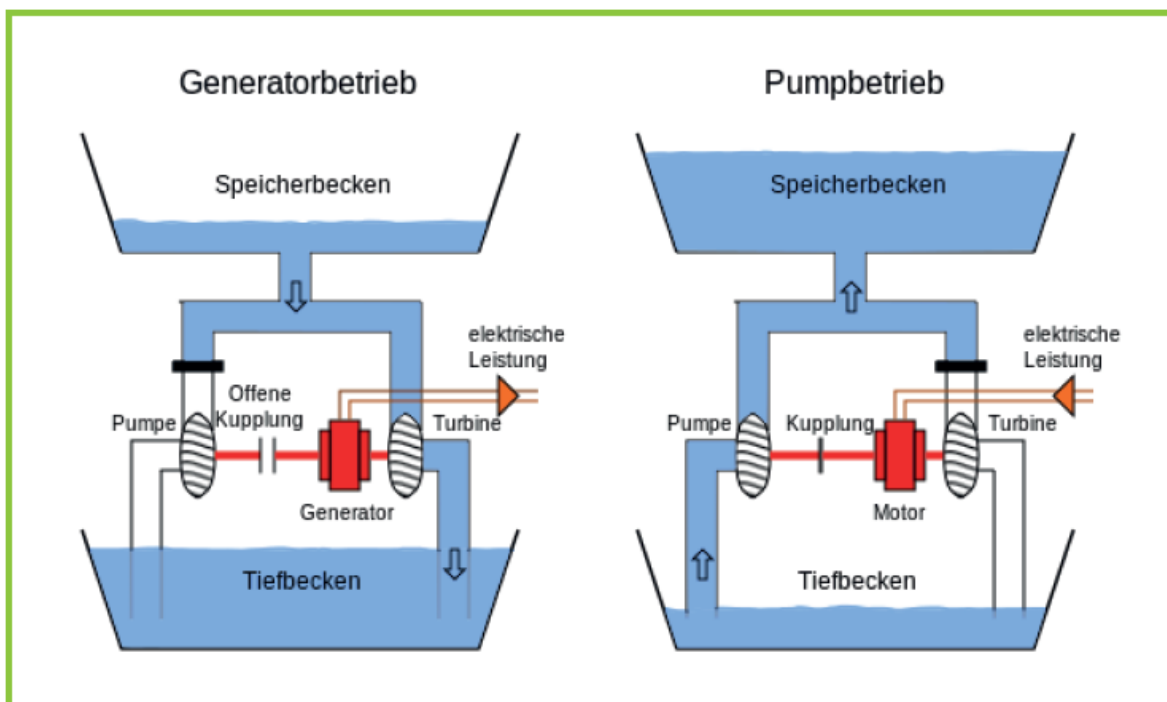


Abbildung: Funktionsweise eines Pumpspeicherkraftwerks © wikipedia