

WASSERKRAFT

Wasserkraft - wie groß ist das Potenzial an einem Standort?

Wie jeder weiß, fließt Wasser nur bergab. Aber wie kommt das Wasser auf den Berg? Der Motor des Wasserkreislaufs auf der Erde ist ebenfalls die Sonne, da sie die nötige Energie sowohl für die Verdunstung des Wassers als auch für die Wolkenbewegung (Verteilung des Wasserdampfs) mittels der globalen Winde bereitstellt. Fließt das Wasser dann zu Tal bzw. wieder Richtung Meer, wird aus der ursprünglichen Lageenergie dann Strömungsenergie, die mit Hilfe von Turbinen in elektrischen Strom umgewandelt werden kann.

Durchschnittliche Wassermenge

Die tägliche Dokumentation der Wassermenge am Standort ist der erste Schritt. Wie bei allen Anlagen ist es das Ziel, eine möglichst lange Laufzeit realisieren zu können. Würde man bei der Planung die Hochwasserzeiten zu Grunde legen, wäre die Anlage so groß, dass sie die meiste Zeit des Jahres nur in Teillast betrieben werden könnte. Setzt man andererseits zu niedrige Wassermengen an, verschenkt man Potenzial, da Wasser ungenutzt abfließt. Deshalb ist eine genaue Untersuchung des Gewässers erforderlich, um die sogenannte Ausbauwassermenge festlegen zu können.

Durchschnittliche Fallhöhe

Die Fallhöhe ergibt sich aus der Höhendifferenz zwischen dem Oberlauf und dem Unterlauf des Wasserkraftwerks. Da sich sowohl der Wasserstand im gestauten Oberlauf als auch der im Unterlauf während des Jahres ändern, gilt es auch hier einen Jahresdurchschnitt zu bestimmen: die durchschnittliche Fallhöhe. Mit diesen beiden errechneten Werten lässt sich das Potenzial des Wassers am Standort mit Hilfe von zwei konstanten Werten (Erdbeschleunigung und Dichte des Wassers) folgendermaßen berechnen:

$$P_{\text{Wasser}} = \text{Wasserleistung} \in \text{kW}$$

$$\dot{m}_{\text{Wasser}} = \text{Massenstrom Wasser} \in \text{m}^3/\text{s}$$

$$\rho_{\text{Wasser}} = \text{Dichte des Wassers, hier: } 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$c = \text{mittlere Strömungsgeschwindigkeit } 20 \text{ m/s}$$

$$A = \text{Fläche eines großen Rohres, hier } 4 \text{ m}^2$$

$$g = \text{Erdbeschleunigung} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P_{\text{Wasser}} = \dot{m}_{\text{Wasser}} \cdot \rho_{\text{Wasser}} \cdot h \cdot g$$

$$\text{Wobei } \dot{m}_{\text{Wasser}} = \rho_{\text{Wasser}} \cdot c \cdot A$$

$$\text{Daraus folgt } P_{\text{Wasser}} = \rho_{\text{Wasser}} \cdot c \cdot A \cdot h \cdot g$$

$$P_{\text{Wasser}} = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 20 \text{ m/s} \cdot 4 \text{ m}^2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 1.570 \text{ kW}$$

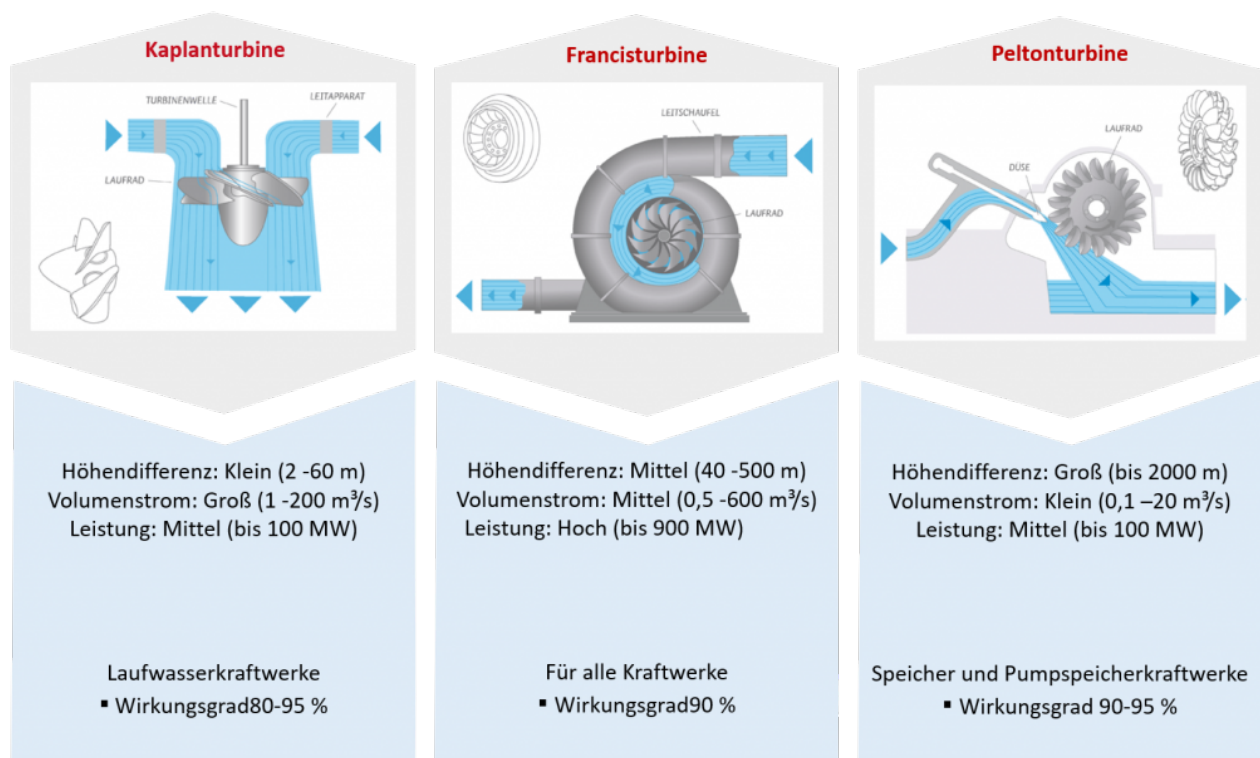
Quelle: Andreas Corusa, Fachgebiet Energiesysteme, TU Berlin

Die Leistung, die das Wasser unter den gegebenen Standortbedingungen durchschnittlich bereitstellt, beläuft sich auf 1.570 kW.

Wasserkraft - wie kann das Potenzial genutzt werden?

Welcher Anteil dieses Potenzials zur Stromerzeugung genutzt werden kann, hängt von den Wirkungsgraden der verbauten Technik inklusive der Leitungen ab. Zunächst entstehen durch die Führung des Wassers in den Rohrleitungen der Anlage Reibungsverluste. Auf diesem Weg gehen bereits etwa 10% des Potenzials verloren. Die Wasserzuleitung erreicht somit einen Wirkungsgrad von etwa 90%. Das Wasser sollte also auf möglichst kurzem und direktem Weg durch die Anlage geführt werden. Die potenzielle Energie des Wassers im Oberlauf wandelt sich durch den Fall in Bewegungsenergie, die von der Turbine in mechanische Energie gewandelt wird. Je nach Anforderung (z.B. viel Wasser, geringe Fallhöhe oder wenig Wasser/hohe Fallhöhe) stehen verschiedene Turbinenarten (siehe Abbildung) zur Verfügung. Größere Turbinen sind keine Massenware und werden meist gezielt für einen Standort angefertigt. Moderne Wasserturbinen erreichen Wirkungsgrade von über 90%. Beispielillustration:

Wasserturbinen



Quelle: Rebhan (2002)

Einsatzbereiche verschiedener Wasserturbinen in Abhängigkeit der Fallhöhe und der verfügbaren Wassermenge je Sekunde. Die mechanische Energie wird über die verbindende Welle von der Turbine auf den Generator übertragen, der daraus Strom mit einem Wirkungsgrad von etwa 94% erzeugt. Der Gesamtwirkungsgrad der Wasserkraftanlage ergibt sich dann aus der Berücksichtigung aller leistungsvermindernden Faktoren:

$\eta_{\text{Gesamt}} = \text{Gesamtwirkungsgrad}$

$\eta_{\text{Wasserleitung}} = 90\%$

$\eta_{\text{Turbine}} = 90\%$

$\eta_{\text{Generator}} = 94\%$

$\eta_{\text{Gesamt}} = \eta_{\text{Wasserleitung}} \cdot \eta_{\text{Wasserleitung}} \cdot \eta_{\text{Generator}}$

$\eta_{\text{Gesamt}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,94 = 0,76$

Quelle: Andreas Corusa, Fachgebiet Energiesysteme, TU Berlin

Bei einem Gesamtwirkungsgrad von 76 % wäre es also möglich, mit den Daten des Beispiels eine elektrische Leistung von etwa 1.193 kW bereitzustellen. Geht man bei dem von uns betrachteten Wasserkraftwerk von 3.395 Vollbenutzungsstunden (Durchschnitt deutscher Wasserkraftanlagen im Jahr 2015) aus, könnte die Anlage 4.050.235 kWh Strom im Jahr einspeisen.