



WINDWASSERPUMPE – WIE EFFIZIENT IST ENERGIE AUS WIND?

Hinweise zur Integration in den regulären Unterricht und zum konkreten Einsatz der Materialien entnehmen Sie bitte der zugehörigen Strukturskizze.

Ein Programm der

**Baden-
Württemberg
Stiftung**

WIR STIFTEN ZUKUNFT



STUMMER IMPULS



WINDWASSERPUMPE

Bei Windwasserpumpen handelt es sich um Windmühlen, die Wasser mithilfe von Wind pumpen. Dieses Wasser stammt entweder aus unterirdischen Zisternen oder aus Grundwasserbrunnen. Dies funktioniert autark, vollständig ohne Elektronik und emissionsfrei.

Grundgerüst ist ein verzinkter, frei stehender Turm. Ein Windrad und ein Getriebe bilden die Einheit, die sich auf der Turmspitze befindet und automatisch bewegt, um sich optimal im Wind auszurichten. Das Windrad beginnt sich schon ab einer Windgeschwindigkeit von 4 m/s zu drehen. Diese Rotationsbewegung wird im Getriebe in eine Hubbewegung (= Pumpbewegung) umgesetzt. Direkt am Getriebe befindet sich die Hub-

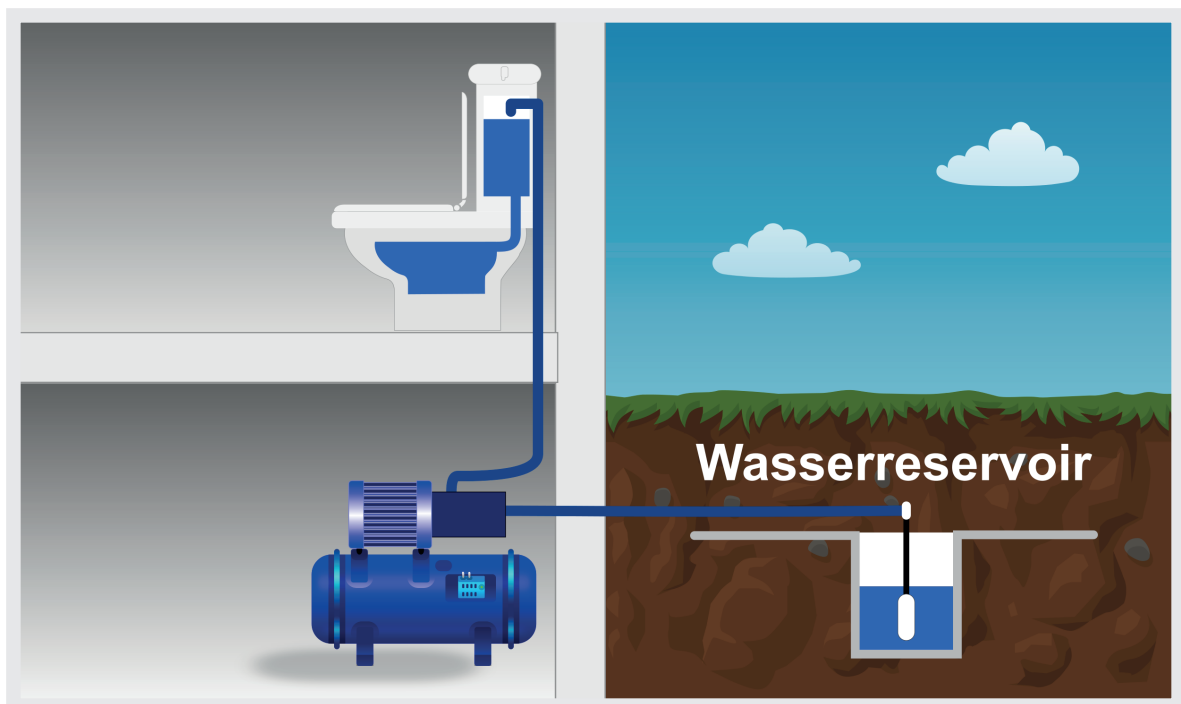
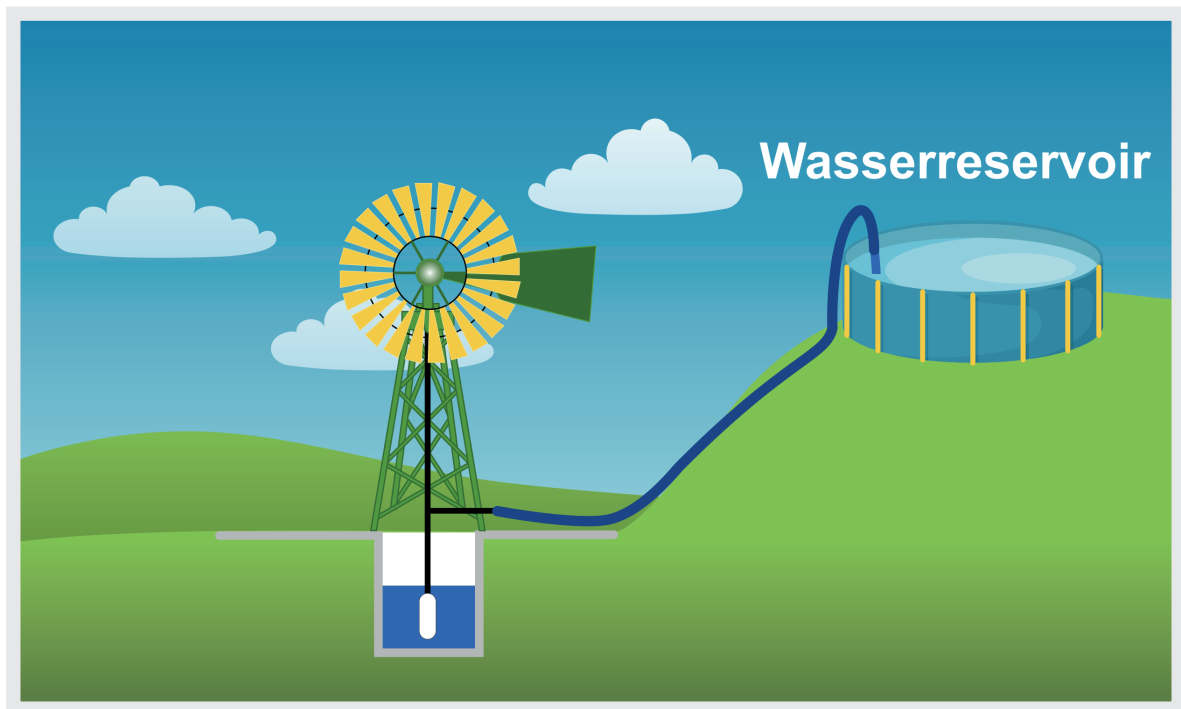
stange, die die Bewegungsenergie an die Hubkolbenpumpe weiterleitet. Die Kolbenstange verläuft geschützt in einem verzinkten Stahlrohr vom Windrad bis zur Pumpe.

Die Pumpe ist mit einem Kolben ausgestattet, der dafür sorgt, dass das Wasser durch die angeschlossenen Rohre an die Oberfläche in das Reservoir gedrückt wird.

AUFGABE

Zeichne anhand der Informationen aus dem Text ein Diagramm, in dem die Funktionsweise einer Windpumpe deutlich wird. Beschrifte anschließend Einzelteile und Teilprozesse.

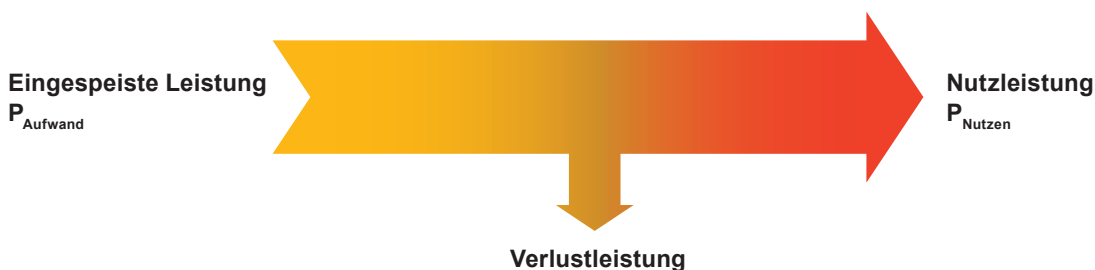
FUNKTIONSWEISE VON WINDWASSER- PUMPEN UND HEIMWASSERANLAGEN



WIRKUNGSGRAD DER WINDWASSERPUMPE

Der Wirkungsgrad η (Eta) gibt an, wie effizient ein Prozess ist. Dabei werden Aufwand und Nutzen im Verhältnis zueinander betrachtet.

Der Wirkungsgrad hat keine Einheit und liegt stets zwischen 0 und 1. Er ist null, wenn kein Nutzen vorhanden ist, und 1, wenn der Nutzen gleich groß wie der Aufwand ist. Üblich ist eine Angabe in Prozent, also 0 % bis 100 %.



$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{Nutzleistung}}{\text{Eingespeiste Leistung}} = \frac{P_{\text{Nutzen}}}{P_{\text{Aufwand}}}$$

Der Wirkungsgrad des Rotors

Die eingespeiste Leistung ist bei der Windpumpe die Leistung des Windes, der die Rotorblätter in Bewegung bringt. Die Nutzleistung ist der Anteil der Windleistung, der die Pumpe antreiben kann. Um den prozentualen Wirkungsgrad angeben zu können, wird $\eta \times 100$ genommen.

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{Rotorleistung}}{\text{Windleistung}} = \frac{P_{\text{Rotor}}}{P_{\text{Wind}}}$$

Die Leistung des Windes (in Watt) kann mit folgender Formel errechnet werden:

$$P_{(\text{Wind})} = \frac{1}{2} \rho \times \pi \times r^2 \times v^3$$



ρ : Luftdichte in kg/m^3 (Kubikmeter), auf Meeresspiegelhöhe bei 20° Celsius gilt für Luftdichte $\rho \approx 1 \text{ kg pro m}^3$; r : Radius des Rotors in m; v : Geschwindigkeit in m/s

AUFGABE 1

Berechne den Wirkungsgrad eines Windrads in % mit einer Rotorleistung von 20, 50 und 100 Watt. Der Radius des Rotors beträgt einen Meter, die Windgeschwindigkeit 5 m/s.

GESAMTWIRKUNGSGRAD

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{Pumpleistung}}{\text{Windleistung}} = \frac{P_{\text{Windpumpe}}}{P_{\text{Wind}}}$$

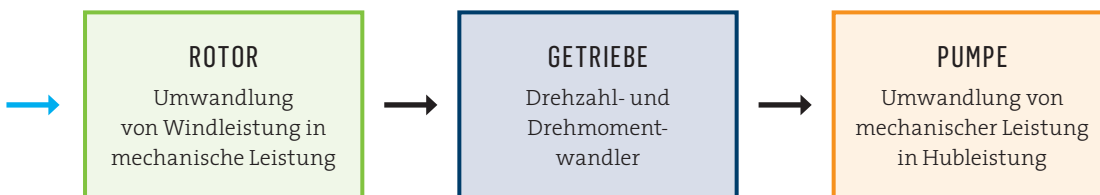
Um nun vom Wirkungsgrad des Windradrotors auf den Gesamtwirkungsgrad zu kommen, muss die tatsächliche Pumpleistung in die Formel mit einbezogen werden, also die Leistung, die zum Heben des Wassers aufgewendet werden muss.

$$\text{Pumpleistung} = \frac{\text{Masse} \times \text{Ortsfaktor} \times \text{Hubhöhe}}{\text{Zeit}} \quad P = \frac{m \times g \times h}{t}$$



Ortsfaktor g: Fallbeschleunigung von 9,81 m/s²; m= Masse in kg; h= Hubhöhe in m; t= Zeit in Minuten

Der Prozess der Wasserförderung lässt sich in drei Energieumwandlungsschritte aufteilen:

**AUFGABE 2**

Berechne den Wirkungsgrad für eine Minute für m = zwei und fünf Kilogramm. Die Hubhöhe beträgt jeweils zwei Meter. Die Windleistung bleibt unverändert.

AUFGABE 3

Interpretiere die gewonnenen Ergebnisse. Tausche dich mit deiner Sitznachbarin oder deinem Sitznachbarn aus.