

1

Welches Wasserrad erzeugt mehr Energie?

Drücke den Startknopf und beobachte, wie das Wasser die beiden Wasserräder antreibt. Das unterschlächtige Wasserrad auf der linken Seite wird von unten angeströmt. Das overschlächtige Wasserrad auf der rechten Seite dagegen von oben.

Die Belastungen der Räder kannst du mit den Drehknöpfen verändern. Finde heraus, bei welcher Drehzahl die Räder jeweils ihr Maximum leisten.

2

Was geschieht hier?

Aus der mittleren Säule fließt Wasser gleichmäßig zu den beiden Wasserrädern, die damit angetrieben werden.

Drehzahl und Leistung der Wasserräder werden digital angezeigt. Ganz gleich wie Du die Belastung der Räder einstellst, das overschlächtige Wasserrad auf der rechten Seite leistet immer mehr als das unterschlächtige.

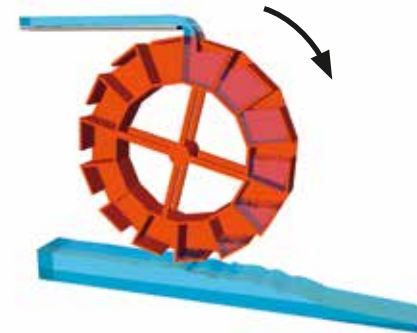
3

Genauer betrachtet

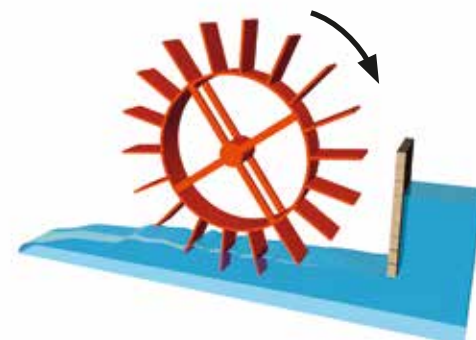
Beiden Wasserrädern wird dieselbe Energie zugeführt. Aber die Räder nutzen sie unterschiedlich aus.

Beim overschlächtigen Wasserrad wirkt das Wasser direkt mit der Kraft seiner potenziellen Energie. Es drückt die Schaufeln mit seinem Gewicht nach unten. Das Rad beginnt, sich zu drehen. In der Theorie könnte ein overschlächtiges Wasserrad die gesamte Energie nutzen: Würde sich das Rad so langsam drehen, dass das Wasser unten aus den Schaufeln abliefe, wäre der Wirkungsgrad 100 Prozent. In der Praxis sind bis zu zwei Drittel möglich.

Beim unterschlächtigen Wasserrad wird die potentielle Energie des Wassers zuerst in Bewegungsenergie umgewandelt. Das Wasser strömt gegen die Schaufeln und gibt Bewegungsenergie an das Rad ab. Nachdem es am Wasserrad vorbeigeströmt ist, fließt das Wasser mit der Geschwindigkeit des Wasserrads weiter. Dabei nimmt es Bewegungsenergie mit, die das Wasserrad nicht nutzen konnte. Deshalb nehmen unterschlächtige Wasserräder in der Praxis höchstens ein Drittel der im Wasser gespeicherten Energie auf.



Overschlächtiges Wasserrad



Unterschlächtiges Wasserrad

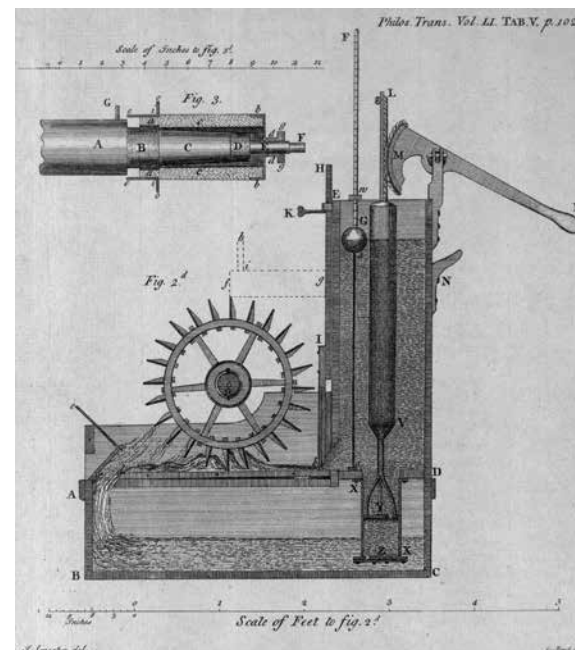
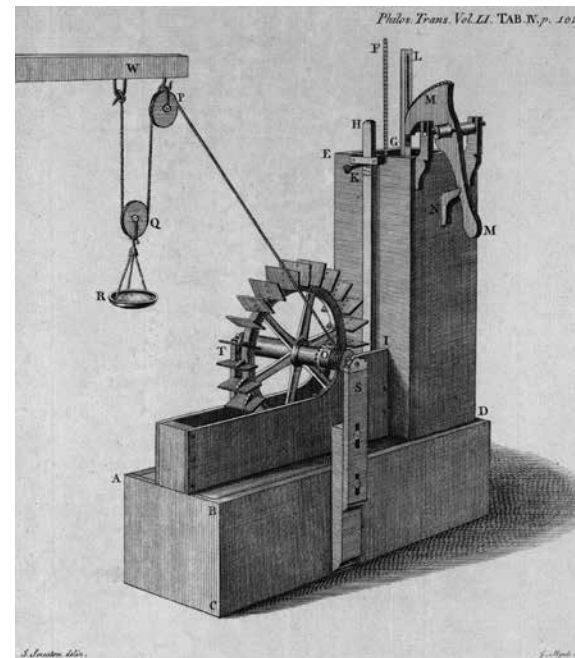
4

Woher und wozu?

Als Wasserkraft bezeichnen wir die im Wasser gespeicherte potenzielle oder kinetische Energie. Mit einem Wasserrad oder einer Wasserturbine kann sie in mechanische Arbeit umgewandelt werden. Diese mechanische Arbeit wiederum kann mit Hilfe einer Transmission direkt auf Maschinen übertragen werden. Heute wandeln Generatoren die Drehbewegung in elektrischen Strom um.

Um die vorhandene Wasserkraft optimal auszunutzen, muss man wissen, welche Wasserräder unter welchen Bedingungen den größten Ertrag liefern. Einen ähnlichen Versuchsaufbau wie im Experiment wählte bereits John Smeaton (1724 – 1792). Seine Ergebnisse veröffentlichte er 1759 in den *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Seitdem steht fest, dass overshot Wasserräder bei gleicher Wassermenge doppelt so viel Nutzenergie abgeben wie undershot. Außerdem ließ sich der Verlust durch an den Wasserrädern ungenutzt vorbeiströmendes Wasser berechnen.

Moderne Wasserkraftanlagen nehmen das Wasser immer von oben auf und zwingen es durch eng geführte Turbinenkästen.



Versuchsaufbau von Smeaton, hier mit unterschlächtigem Rad. Die geleistete Arbeit der Räder ermittelte Smeaton mit Flaschenzug und Gewichten. (An experimental Enquiry concerning the natural Powers of Water and Wind to turn Mills, and other Machines, depending on a circular Motion. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Bd. 51, 1759-1760, S.100-174).

1

Wie funktioniert eine Francis-Turbine?

Drücke den Startknopf. Beobachte die Strömung des Wassers durch die Leitschaufeln auf das Laufrad.

Mit dem Handrad kannst Du die Leitschaufeln öffnen und schließen. Wie verändert sich die Geschwindigkeit des Laufrads?

2

Was geschieht hier?

Das Wasser strömt von außen auf die Schaufeln des Laufrades. Die Schaufelkrümmung lenkt es nach innen und unten ab. Deshalb treibt es das Laufrad in der Mitte an und fließt in Richtung der Drehachse wieder ab.

Je weiter die Leitschaufeln geöffnet sind, desto schneller dreht sich das Laufrad. Die Leistung der Turbine lässt sich durch Verstellen der Leitschaufeln steuern.

3

Genauer betrachtet

Turbinen setzen die potentielle Energie und die Bewegungs-Energie des Wassers in mechanische Arbeit um. Sie werden gleichmäßig von allen Seiten vom Wasser angetrieben. Weil bei Turbinen nur geringe Spritz- und Stoßverluste auftreten, sind sie besonders effektiv. Ihr Wirkungsgrad erreicht über 90 Prozent.

Die Schaufeln des Leitrads steuern je nach verfügbarer Wassermenge oder erforderlicher Leistung den Wasserdurchfluss. Bei modernen Turbinen übernimmt dies digitale Steuerungstechnik.

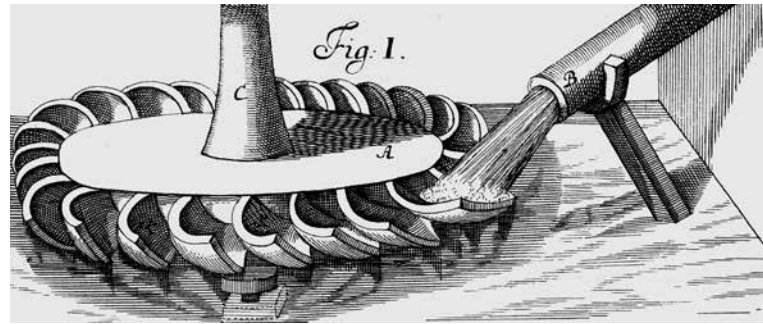
4

Woher und wozu?

Die Vorläufer der Turbinen waren Wasserräder. Gelehrte wie Daniel Bernoulli und Leonard Euler erforschten schon im 18. Jahrhundert, wie sich die Kraft des Wassers effektiver nutzen lässt. Doch erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts standen mit Guss-eisen und Stahl geeignete Werkstoffe für den Bau von Turbinen zur Verfügung.

Die Francis-Turbine ist nach ihrem Erfinder, dem amerikanischen Ingenieur James Francis (1815-1892) benannt. Sie kann senkrecht oder waagrecht eingebaut werden. Sie wird bis heute verwendet und ständig verbessert.

Turbinen sind wesentlich robuster als Wasserräder. Sie eignen sich auch für Gefällhöhen über 1.000 Metern und Leistungen über 1.000 Megawatt.



Horizontales Stoß- oder Löffelrad, eingesetzt in Berglandschaften mit großen Wassergefällen (Jacob Leupold: Theatrum Machinarum Generale. Schau-Platz des Grundes Mechanischer Wissenschaften. 1724)