

## Basiswissen

## Wasserturbinen

## Grundprinzip der Wasserturbinen

Wasserturbinen werden überwiegend eingesetzt in Kraftwerken zur Erzeugung elektrischer Energie. Dazu wird in Flussstautufen oder Talsperren die Höhenenergie des aufgestauten Wassers, auch Druckenergie oder potentielle Energie genannt, genutzt. Eine besondere Anwendung ist der Einsatz in Pumpspeicherwerken. In Zeiten niedrigen Elektrizitätsbedarfs wird ein höherliegender Speicher mit Hilfe elektrisch angetriebener Pumpen aufgefüllt. Bei hohem Elektrizitätsbedarf wird der Speicher geleert und über Wasserturbinen zusätzlicher Strom erzeugt.

Wasserturbinen gehören zu den Strömungsmaschinen. Sie wandeln die potentielle Energie des Wassers in mechanische Arbeit um. Hierbei wird die Höhenenergie zunächst in kinetische Energie umgewandelt. In einem Leitapparat oder einer Düse wird das strömende Wasser auf eine möglichst hohe Geschwin-

digkeit beschleunigt. In einem Laufrad wird der Impuls des Fluids durch Umlenkung als Umfangskraft nutzbar gemacht.

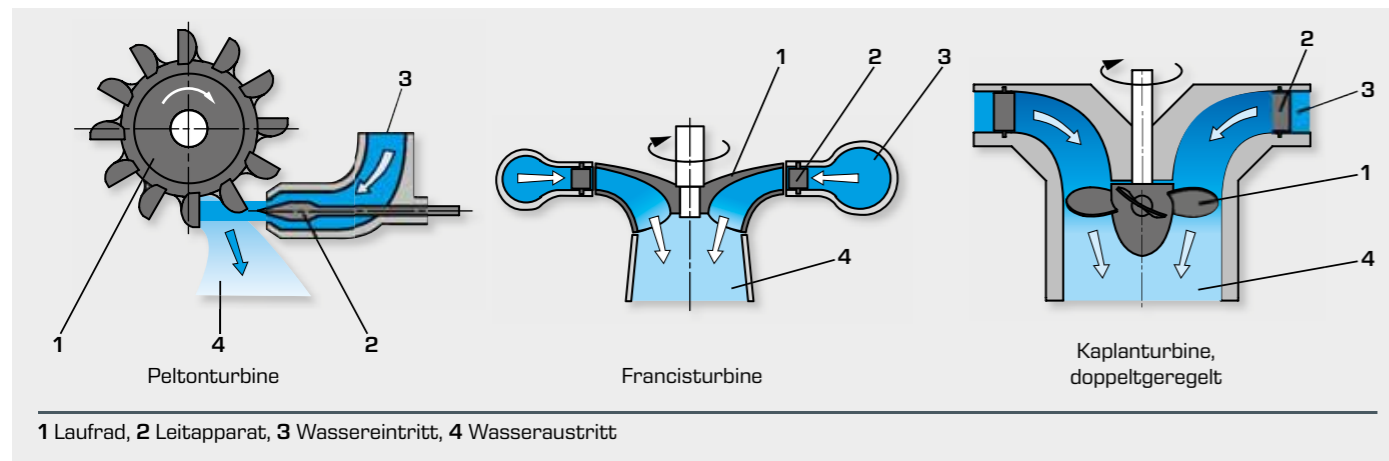
Je nach Ort der Energiewandlung unterscheidet man:

**Gleichdruckturbine:** Die gesamte potentielle Energie wird im feststehenden Leitapparat in Geschwindigkeit umgesetzt. Zwischen Laufradein- und Laufradaustritt gibt es kein Druckgefälle. Die Strömung wird im Laufrad nur umgelenkt.

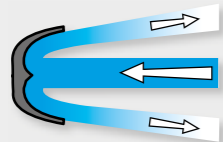
**Beispiel: Peltonturbine**

**Überdruckturbine:** Die potentielle Energie wird zum Teil im Leitapparat und zum Teil im Laufrad umgesetzt. Im Laufrad besteht ein Druckunterschied zwischen Ein- und Austritt. Die Strömung wird im Laufrad umgelenkt und beschleunigt.

**Beispiele: Francis- und Kaplan-turbine**



1 Laufrad, 2 Leitapparat, 3 Wassereintritt, 4 Wasseraustritt



Gleichdruckturbine (Pelton):

In der Laufschaufel reine Umlenkung des Wasserstrahls ohne Änderung der Geschwindigkeit



Überdruckturbine (Francis):

Strömungsquerschnitte verändern sich. Beschleunigung des Wasserstrahls in Leit- und Laufschaufel.

Die einzelnen Turbinentypen haben verschiedene Einsatzgebiete:

- Peltonturbine: sehr große Fallhöhe, 130 m bis 2000 m, Talsperren, Hochgebirgsspeicher
- Francis-turbine: mittlere Fallhöhe, 40 m bis 730 m, Talsperren, Laufwasserkraftwerke
- Kaplan-turbine: kleine Fallhöhe, 5 m bis 80 m, Laufwasserkraftwerke

Die genannten Fallhöhen gelten für große Leistungen. Bei kleinen Leistungen können die Fallhöhen deutlich geringer sein. Laufwasserkraftwerke sind Wasserkraftwerke ohne Speichermöglichkeit für das Betriebswasser.

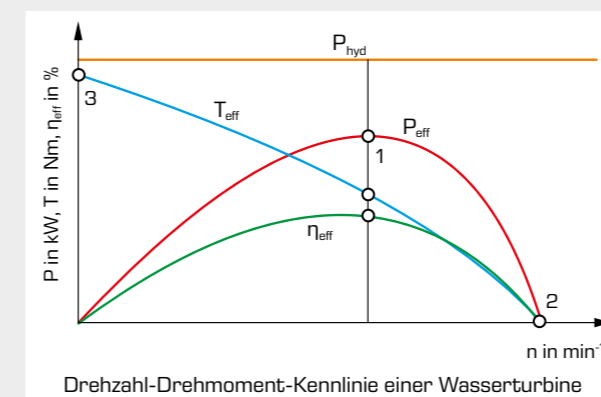
## Kennzahl für Wasserturbinen

Die spezifische Drehzahl  $n_q$  ist die wichtigste Kennzahl für die Wasserturbinen. Sie ist ein Maß für das Verhältnis von Wassergeschwindigkeit zu Drehzahl. Man unterscheidet zwischen Langsamläufern, bei denen die Wassergeschwindigkeit deutlich über der Umfangsgeschwindigkeit liegt, und Schnellläufern, bei denen die Verhältnisse umgekehrt sind.

$$n_q = n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Hierin ist  $n$  die Drehzahl,  $Q$  der Volumenstrom und  $H$  die Fallhöhe der Wasserturbine. Im Geschwindigkeitsdreieck werden die Verhältnisse besonders deutlich. In der folgenden Aufstellung sind die Geschwindigkeitsdreiecke für die Eintrittsseite des Laufrades aufgezeichnet.  $c_1$  ist die absolute Geschwindigkeit,  $w_1$  die relative Geschwindigkeit des Wassers und  $u_1$  die Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades.

Spezifische Drehzahl	Geschwindigkeitsdreieck	Laufradform
$n_q = 10$	Langsamläufer	Peltonturbine
$n_q = 30$	Francis-turbine, langsam	
$n_q = 90$	Francis-turbine, schnell	
$n_q = 200$	Schnellläufer	Kaplan-turbine



$P_{hyd}$  hydraulische Eingangsleistung der Turbine, im Laufrad erzeugte mechanische Leistung,  
 $P_{eff}$  Drehmoment am Laufrad,  
 $T_{eff}$  Wirkungsgrad der Turbine,  $n$  Drehzahl

## Betriebsverhalten und Arbeitspunkte einer Wasserturbine

Die Turbinenkennlinie zeigt das typische Verhalten einer Wasserturbine.

Die Wasserturbine wird bevorzugt im Betriebspunkt (1) betrieben. Hier hat sie den höchsten Wirkungsgrad. Das Drehmoment entspricht bei einer Peltonturbine in etwa dem halben Stillstandsmoment (3). Bei Entlastung dreht die Turbine auf die Durchgangsdrehzahl (2) hoch. Diese Überdrehzahl kann bis zum doppelten der Auslegungsdrehzahl betragen und zur Zerstörung der Turbine führen. Ein Drehzahlregler muss dies verhindern, indem er den Leitapparat schließt und damit die Wasserzufuhr drosselt.