

# Basiswissen Turbinen für gasförmige Fluide

Turbinen für gasförmige Fluide werden als Gasturbinen, Dampfturbinen oder Entspannungsturbinen gebaut. Sie dienen als Antriebe für Fahrzeuge, Flugzeuge, Schiffe oder zur Elektrizitätsversorgung. Die Turbinen werden von kleinen Leistungen (wenige kW) bis hin zu größten Einheiten (über 1600MW) in Kraftwerken verwendet. Der maximale Eintrittsdruck reicht bei Dampfturbinen bis über 270bar. Der Temperaturbereich des Fluids reicht von unter 100°C bei Entspannungsturbinen bis zu über 1500°C bei modernen Gasturbinen.

Turbinen gestatten als Strömungsmaschinen hohe Massendurchsätze und damit eine hohe Leistungskonzentration, wes-

halb sie gerne bei Flugzeugen, schnellen Schiffen oder bei sehr hohen Leistungen eingesetzt werden.

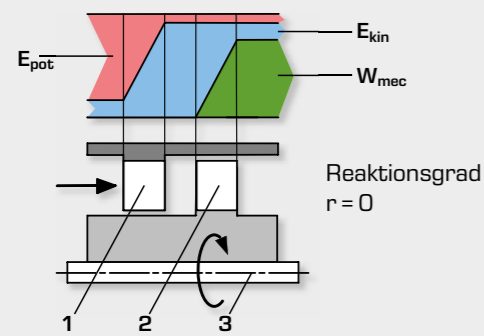
Während bei Gasturbinen Reaktionsturbinen verwendet werden, werden bei Dampfturbinen sowohl Reaktionsturbinen (Überdruckturbinen) als auch Aktionsturbinen (Gleichdruckturbinen) verwendet.

Gleichdruckturbinen haben den Vorteil, dass sie bei kleinen Volumenströmen (kleine Leistung, hoher Druck) mit teilbeaufschlagtem Laufrad gebaut werden können. So bleiben Laufraddurchmesser und Länge der Laufschaufel ausreichend groß und die Drehzahl vergleichsweise niedrig.

Aufgrund der hohen Enthalpiegefälle bei Gas- und Dampfturbinen sind die Strömungsgeschwindigkeiten bei der Umsetzung in kinetische Energie im Vergleich zu Wasserturbinen sehr hoch. Entsprechend ist die theoretisch notwendige Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades sehr hoch. Da die Umfangsgeschwindigkeit der Laufräder durch die Materialfestigkeit beschränkt ist, wird in der Regel das Enthalpiegefälle auf mehrere Druck- oder Geschwindigkeitsstufen aufgeteilt. So sind Dampfturbinen immer mehrstufig und Gasturbinen meistens mehrstufig aufgebaut.

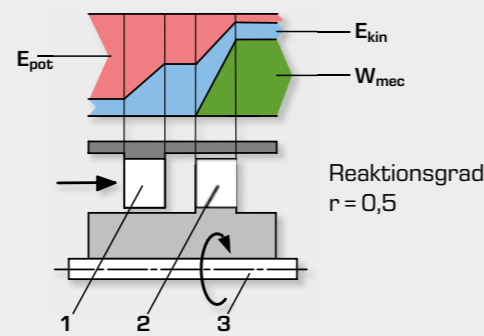
Abgabe von Energie mit entsprechendem Druckabfall bei der Energieumwandlung wird Entspannung genannt. Durch den Volumenzuwachs bei der Entspannung von gasförmigen Fluiden werden die Strömungsquerschnitte von Stufe zu Stufe größer. Bei Niederdruckstufen in großen Dampfkraftwerken kann der Durchmesser der letzten Stufe bis zu 3,7m und die Länge der Laufschaufeln über 1,4m betragen ( $n=3000 \text{ min}^{-1}$ ).

## Umsetzung der Energie in Gleichdruck- und Überdruckturbinen



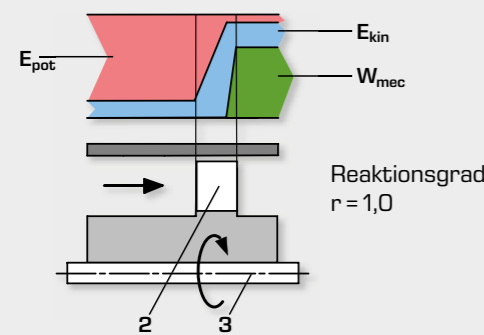
Reaktionsgrad  $r = 0$

**Gleichdruck- oder Aktionsturbinen:** Potentielle Druckenergie wird im Leitapparat vollständig in kinetische Energie umgewandelt. Diese wird im Laufrad in mechanische Arbeit umgesetzt.



Reaktionsgrad  $r = 0,5$

**Überdruck- oder Reaktionsturbinen:** Die Umwandlung der potentiellen Druckenergie wird auf Leitapparat und Laufrad aufgeteilt. Die kinetische Energie wird dann im Laufrad in mechanische Arbeit umgewandelt.



Reaktionsgrad  $r = 1,0$

**Reine Reaktionsturbinen:** Die Umwandlung der potentiellen Druckenergie in kinetische Energie findet nur in einer Düse im Laufrad statt. Der Rückstoß der Düse liefert dann den Impuls für die mechanische Arbeit. Industriell wird die reine Reaktionsturbinen nicht genutzt. Die Abbildung zeigt eine abstrahierte Form.

Als Unterscheidungsmerkmal wurde der **Reaktionsgrad r** als eine dimensionslose Kennzahl eingeführt. Der Reaktionsgrad gibt Auskunft über den Anteil der Energie, die im Laufrad umgewandelt wird. Er ist somit ein Maß für den Anteil der im Laufrad umgesetzten Enthalpie  $h$ .

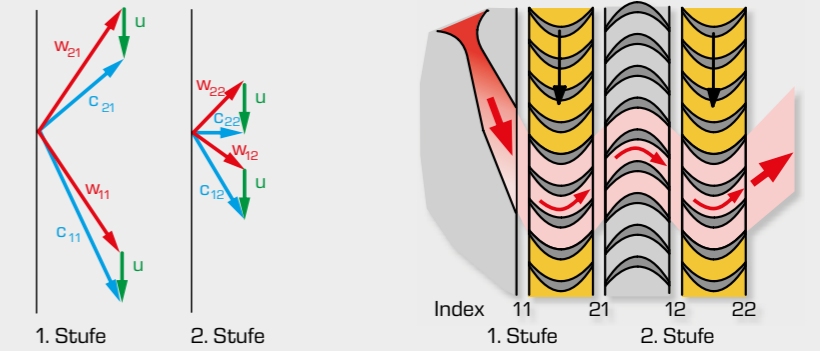
$$r = \frac{h_{1-2}}{h_{1-2} + h_{0-1}} = 0 \dots 1$$

$h_{0-1}$  Enthalpiegefälle über dem Leitrad,  
 $h_{1-2}$  Enthalpiegefälle über dem Laufrad

1 Leitapparat, 2 Laufschaufeln, 3 Rotor;  
 $E_{pot}$  potentielle Druckenergie,  $E_{kin}$  kinetische Energie,  $W_{mec}$  mechanische Arbeit

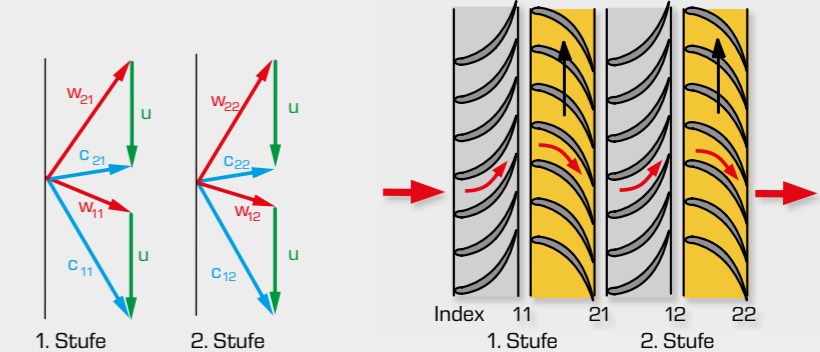
## Geschwindigkeitsdreiecke und Mehrstufigkeit

**Gleichdruckturbinen mit Geschwindigkeitsstufung:**  
Verhältnis  $c_{11}/u$  sehr groß



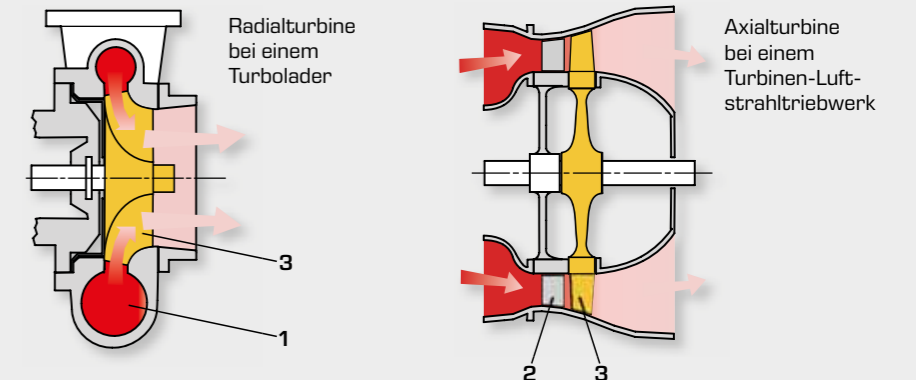
■ Laufrad ■ Leitrad  
Index 11 Eintritt Laufrad, 1. Stufe  
Index 21 Austritt Laufrad, 1. Stufe  
Index 12 Eintritt Laufrad, 2. Stufe  
Index 22 Austritt Laufrad, 2. Stufe

**Überdruckturbinen mit Druckstufung:**  
Verhältnis  $c_{11}/u$  mittel



## Bauarten

Wie bei anderen Strömungsmaschinen auch, unterscheidet man je nach Durchströmrichtung Radial- und Axialturbinen.



1 Spiralgehäuse als Leitapparat,  
2 Leitapparat, 3 Laufrad