

## **DIE DAMPFTURBINE**

**Финк В.Н.**

**Научный руководитель – доцент Роговенко Т. Л.**

*Сибирский федеральный университет*

### **1. Funktion**

Der idealisierte (verlustfreie) Dampfkraftprozess stellt sich wie folgt dar. (In der Dampfturbine selbst spielen sich die Zustandsänderungen von 5 Dampfturbineneintritt bis 6 Dampfturbinenausstritt ab):

1 - 2: Reibungsfreie und adiabate Druckerhöhung des Arbeitsmittels Wasser auf den im Dampferzeuger herrschenden Druck,

2 - 3: Erwärmen des Wassers auf die zum Druck gehörende Verdampfungstemperatur,

3 - 4: Überführung des flüssigen Wassers in Dampf bei konstantem Druck,

4 - 5: Weitere Erwärmung und Überhitzung des Dampfes bei konstantem Druck,

5 - 6: Reibungsfreie und adiabate Entspannung des Dampfes bei konstanter Entropie in der Dampfturbine mit gleichzeitiger Entstehung der ersten Wassertropfen,

6 - 1: Isobare Kondensation des nassen Dampfes im Kondensator.

Die vom dargestellten Kreisprozess eingeschlossene Fläche repräsentiert die technisch nutzbare Arbeit bezogen auf die durchströmende Dampfmenge. Der Prozess selbst ist sehr stark vereinfacht, in der Praxis kommen noch weitere Schritte wie beispielsweise die Zwischenüberhitzung des Dampfes bei 5 - 6 oder die Vorwärmung des Wassers bei 1 - 2 mit Anzapfdampf aus der Dampfturbine hinzu.

### **2. Montage einer Dampfturbine.**

Der Dampf dazu wird mit Erdgas, Erdöl, Kohle (fossiler Energie), Biomasse, Solarenergie oder Kernenergie im Dampferzeuger bereitgestellt und über Rohrleitungen der Turbine zugeführt. Dort wird dann die Enthalpiedifferenz des Dampfes bis zu der Temperatur und dem Druck genutzt, die vom Kondensator vorgegeben wird. Diese Maschinenbauart heißt daher auch "Kondensationsturbine". Die heutigen Dampfturbinen haben durch die Aufteilung der Dampfmenge auf separate Teilturbinen mit einer gemeinsamen Welle eine Leistung von bis zu 1600 Megawatt. Die technisch mögliche Grenzleistung dieser Bauart wird mit 4000 MW abgeschätzt.

Während in großen konventionellen Kraftwerken üblicherweise Heißdampfturbinen mit Drehzahlen von 3000 bzw. 3600 Umdrehungen pro Minute zum Einsatz kommen, werden Kernkraftwerke meist mit Satttdampfturbinen mit Drehzahlen von 1500 bzw. 1800 Umdrehungen pro Minute betrieben. Hier werden auch die höchsten Kraftwerksleistungen, häufig über 1000 MW, erreicht. Die leistungsstärkste Dampfturbine (1600 MW) wird zurzeit für das finnische Kernkraftwerk Olkiluoto III gebaut. Die Turbinen der meisten Kernkraftwerke bestehen aus einem Hochdruck- sowie zwei oder drei Niederdruckteilen in separaten Gehäusen mit insgesamt zwei oder drei Kondensatoren.

Die größten Schaufellängen der Niederdruckteile betragen etwa 1400 mm (bei 3000 Umdrehungen pro Minute) bzw. 2200 mm (bei 1500 Umdrehungen pro Minute). Im Betrieb erreichen die Schaufelspitzen eine Geschwindigkeit von bis zu 500 Metern pro Sekunde, was in etwa der 1,5-fachen Schallgeschwindigkeit in der Luft entspricht. Die zugehörige Zentripetalbeschleunigung der Schaufelspitze beträgt in diesem Betriebszustand  $157.750 \text{ m/s}^2$ . Die daraus resultierende und an einer Schaufel wirkende Fliehkraft entspricht dem Gewicht eines vollbetankten Airbus 380 (ca. 550 t) und wirkt an jeder der ca. 50 Laufschaufeln der

Niederdruckendstufe. Nicht nur die Schaufeln selbst müssen diesen Kräften standhalten, sondern auch die Schaufelfüße, die wiederum die Kräfte in die Rotorwelle weiterleiten. Derartige Belastungen werden durch martensitische Stähle beherrscht, durch spezielle Werkstoffe wie beispielsweise Titanlegierungen wird versucht, das Entspannungsende weiter abzusenken, um dem Dampf mehr Arbeit zu entziehen.

Ein schwierig zu beherrschender Nebeneffekt ergibt sich beim Betrieb von Niederdruckdampfturbinen. Der Dampfdruck sinkt dabei weit unter 1 bar. Zwischen bestimmten Teilbereichen der Schaufeln der letzten Stufen erreicht der Dampf die zugehörige Schallgeschwindigkeit. Damit die zuvor bei der Entspannung entstehenden Wassertropfen die Schaufeln der Turbine und beim Eintritt in den Kondensator dessen Rohre nicht erodieren können, durchströmt der Dampf Fliehkraftabscheider, wo die Tropfen durch Zentrifugalkraft entfernt werden. In der Turbine kommt es aufgrund der stark absinkenden Dichte zu einem radialen Druckgefälle und somit zu ungleichen Strömungsgeschwindigkeiten über der Schaufelhöhe.

Grenzen der Turbinenleistung sind durch die realisierbaren Schauffellängen gegeben, die eher durch strömungstechnische Probleme vorgegeben sind als durch die erreichbare Festigkeit des Schaufelmaterials.