

Gewissermaßen den Übergang zwischen Wasserrad und Turbine bildet das sogenannte *Löffelrad* oder *Stoßrad* (Fig. 35), auch *Kufenrad* und *Bordasche Turbine* genannt. Es ist dies ein sehr schnell rotierendes Strahlrad, das man früher zur Ausnutzung großer Gefälle häufig verwendete, das aber einen sehr geringen Nutzeffekt, nämlich nur 0,30—0,35, hat.

Das Prinzip der Turbinen erfordert es, dem Wasser seine nutzbare Geschwindigkeit möglichst ohne Stoß zu entziehen. Deshalb müssen die Schaufeln so geformt werden, daß der auftreffende Wasserstrahl ganz allmählich und ohne Stoß aus seiner Richtung abgelenkt wird und trotzdem seine volle Wirkung auf die Schaufeln überträgt.

1. Einteilung der Turbinen.

Nach der Art, wie das Wasser zur Wirkung gelangt, unterscheidet man zwei große Gruppen von Turbinen, nämlich *Aktionsturbinen* und *Reaktionsturbinen*.

a) **Aktionsturbinen.** Bei diesen, die auch *Druckturbinen* und *Strahlurbinen* (*Freistrahlturbinen*) genannt werden, bewegt sich das Wasser, das dabei unter dem einfachen Druck des Gefälles steht, im Laufrade in einem freien, also die Laufradkanäle nicht ganz füllenden Strahle. Es findet somit auch ein freier Ausfluß nach dem Unterwasser hin statt.

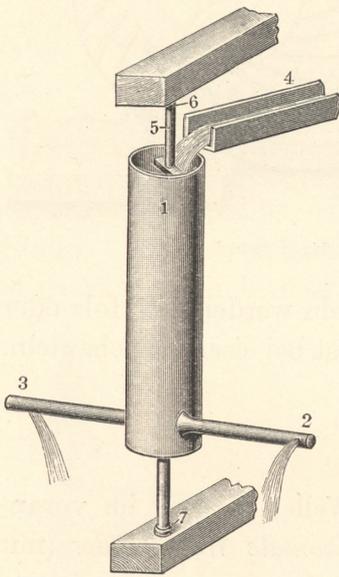


Fig. 36. Segners Reaktionsrad.

b) **Reaktionsturbinen** (*Überdruckturbinen*). Bei ihnen ist zwischen Ober- und Unterwasser eine aus Druckrohr, Leitapparat, Laufrad und Saugrohr bestehende, zusammenhängende Leitung vorhanden, so daß ein freier Fall des Wassers nicht stattfindet. Die Laufradkanäle sind also vollständig gefüllt, und weil infolge der Verengung der Laufradkanäle nach der Seite des Wasseraustrittes zu das Wasser sich nur mit einer geringeren Geschwindigkeit fortbewegen kann, steht es unter einer höheren *hydraulischen Pressung*. Dieser *Überdruck* leistet in dieser Art von Turbine die Arbeit, indem er erst innerhalb des Laufrades wieder in Bewegung umgewandelt wird. Die Wirkung ist dieselbe wie bei dem bekannten *Segnerschen Reaktionsrad* (Fig. 36). Dieses besteht aus dem senkrecht stehenden Hohlzylinder 1 mit zwei horizontalen, an den Enden geschlossenen Rohrschenkeln 2 und 3, die seitlich (und einander entgegengesetzt) mit Öffnungen versehen sind. Das aus der Rinne 4 in den Zylinder fließende Wasser strömt bei 2 und 3 aus und versetzt den mit seiner Welle 5 in 6 und 7 drehbar gelagerten Zylinder 1 in Umdrehung. Die Drehungsrichtung ist entgegengesetzt zur Richtung der ausfließenden Wasserstrahlen. Hervorgerufen wird die Drehung dadurch, daß dem Wasserdruck im Rohrrinnern an der der Öffnung entgegengesetzten Rohrwand der ausgleichende Widerstand auf der gegenüberliegenden Seite fehlt.

c) **Grenzturbinen.** Unter dieser Bezeichnung versteht man Turbinen, die auf der Grenze zwischen Aktions- und Reaktionsturbinen liegen. Sie unterscheiden sich von den Aktionsturbinen dadurch, daß der Wasserstrahl die Laufradkanäle (deren Weite an der Austrittsseite entsprechend gewählt wird) ganz ausfüllt, ohne an seiner freien Entwicklung gehemmt zu werden. Von den Reaktionsturbinen unterscheiden sich die Grenzturbinen dadurch, daß sie ohne Überdruck arbeiten. Während die Aktionsturbinen nicht im Unterwasser laufen dürfen, ohne im Nutzeffekt stark beeinträchtigt zu werden, ist dies bei den Grenzturbinen gleichgültig. —

Eine andere Einteilung der Turbinen geht von dem Weg aus, den das Wasser in der Turbine zurückzulegen hat. Hiernach unterscheidet man *Axial-*, *Radial-* und *Diagonalturbinen*.

a) **Axialturbinen.** Das Wasser tritt durch einen Ringspalt ein und durchströmt die Schaufeln in der Richtung der Turbinenachse. Es verfolgt also, ein horizontales Rad vorausgesetzt, seinen natürlichen Weg von oben nach unten, in Ausnahmefällen auch von unten nach oben.

b) **Radialturbinen.** Das Wasser wird so zugeführt, daß es die Schaufeln radial durchfließen muß. Es tritt also in einer zur Turbinenachse senkrechten Ebene schräg radial durch einen

Zylinderspalt in das Rad ein und durchströmt dieses entweder von außen nach innen oder von innen nach außen. In beiden Fällen wird das Wasser um 90° von seinem Wege abgelenkt.

c) **Diagonalturbinen (Kegelturbinen).** Diese, bei denen der Wasserweg schräg zwischen radial und axial liegt, haben keine Bedeutung erlangt.

Weiter kann man die Turbinen nach dem *Wasseraufschlage (Beaufschlagung)* einteilen in *Voll-* und *Partialturbinen*.

a) **Vollturbinen.** Das Laufrad ist ringsherum mit Leitschaufeln besetzt, so daß sämtliche Schaufeln des Laufrades gleichzeitig „beaufschlagt“ (vom Wasser getroffen) werden.

b) **Partialturbinen.** Die Leitschaufeln nehmen nur einen Teil des Radumfangs ein, so daß die Laufradschaufeln auch nur zum Teil („partial“) beaufschlagt werden. Die partielle Beaufschlagung ist nur bei Aktionsturbinen durchführbar; sie kann bei Voll-Aktionsturbinen durch Absperrung eines Teiles der Schaufeln ebenfalls erreicht werden, jedoch besteht bei den Partialturbinen meistens der Leitapparat überhaupt nicht aus einem vollen Rade, sondern nur aus einigen Leitkanälen. Bei sehr hohen Gefällen kann die partielle Beaufschlagung bis auf einen einzigen Leitkanal hinabgehen.

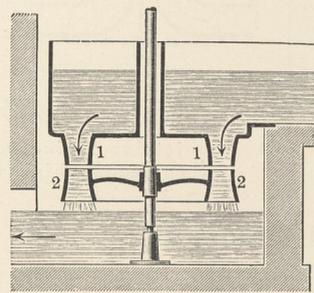


Fig. 37. Axiale Aktionsturbine (Schnitt).

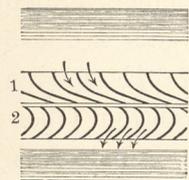


Fig. 38. Idealer Schnitt durch die Mitte der Wasserwege zur Erklärung der Schaufelkrümmungen im Leitrad und Laufrad.

Endlich ist noch eine Einteilung der Turbinen nach der Gefällhöhe möglich, und man unterscheidet

- a) **Niederdruckturbinen**, für Gefälle bis 4 m, und
- b) **Hochdruckturbinen**, für Gefälle über 4 m.

Um das Wasser sicherer zu leiten, kann man die Eintrittsbreite teilen und erhält auf diese Weise einerseits *mehrkränzige Axialturbinen* und andererseits *mehretagige Radialturbinen*.

2. Hauptteile der Turbinen.

Die wichtigsten Teile jeder Turbine sind *Leitapparat* und *Laufrad*; dazu kommen noch die *Welle*, die *Lager* und die *Reguliervorrichtungen*.

Der *Leitapparat*, durch den dem Wasser ein bestimmter Weg zum Laufrade hin vorgeschrieben wird, ist ein gußeiserner Körper, der entweder feste Schaufeln enthält oder mit beweglichen Leitschaufeln ausgestattet ist oder endlich einen oder mehrere Leitkanäle aufweist, die mittels eines Zungenschiebers oder Kniestückes geschlossen werden können.

Das *Laufrad* besteht aus Gußeisen oder Bronze und enthält entweder Schaufeln aus demselben Material oder aber eingegossene Stahlblechschaufeln.

Die *Welle* ist entweder massiv und besteht dann aus Gußstahl, oder sie ist hohl aus Gußeisen, mit *Tragstange*.

An *Lagern* bedarf das Laufrad, falls es *horizontale Lage* hat, eines *Spurlagers (Fußlagers)*, das eine Vorrichtung besitzt, um den Spielraum zwischen Leitrad und Laufrad zu regeln. Vertikale Laufräder, also mit *horizontaler Welle*, bedürfen mindestens zweier *Traglager*; bei längeren Wellen sind gegen Durchbiegungen noch *Zwischenlager* anzuordnen.

3. Turbinensysteme.

Im folgenden seien die wichtigsten Turbinensysteme besprochen, unter Hervorhebung derjenigen Konstruktionen, die augenblicklich praktische Bedeutung haben.

Aktionsturbinen. Bei diesen (Fig. 37) gelangt das Wasser durch die kreisförmig angeordneten

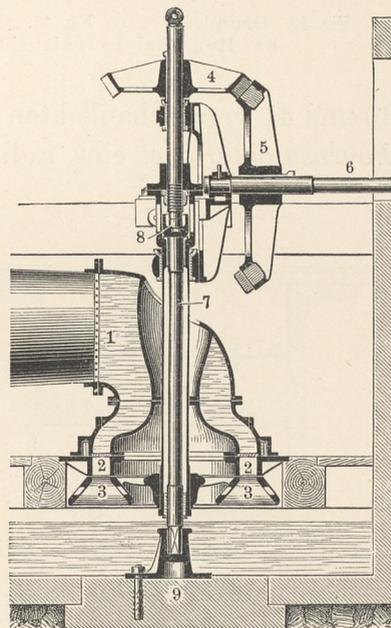


Fig. 39. Girard-Axialturbine.