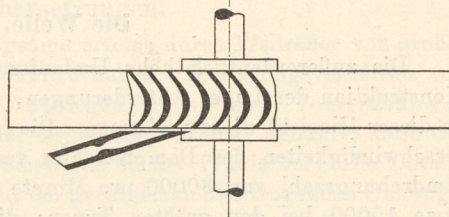


### Spezielles über die Düsenkonstruktion und die Dampfgeschwindigkeit.

Die Richtung, in welcher der Dampf durch das Turbinenrad tritt, ist im ganzen die axiale; die Düsen sind daher seitlich von der Rotationsebene angebracht. Um das Wesen der von de Laval eingeführten Düsenkonstruktion zu verstehen, ist zunächst eine interessante Eigenschaft des Dampfes zu beachten, die sich auf das Ausströmen aus Düsen unter Spannung bezieht.

Sobald die letztere über 2 Atm. absolut beträgt, so ist die Ausströmungsgeschwindigkeit des Dampfes in die Atmosphäre bei einfacher Öffnung nicht mehr als rund 350 m/sec, unabhängig von der Höhe des Druckes im Innern des Dampfraumes, d. h. die dem Dampfe inwohnende kalorische Energie wird nur bis zu einem gewissen Grade in Bewegungsenergie verwandelt, und der Dampf behält unmittelbar nach dem Austritt noch einen Überdruck, welcher um so höher ist, je größer die Spannung im Dampfraum war. Die Folge dieser Erscheinung ist, daß der Dampf nicht in einem geschlossenen Strahle, wie es für die Wirkung desselben auf das Laufrad wünschenswert wäre, aus der einfachen Öffnung austritt, sondern infolge der inneren Pressung der Dampfmasse nach allen Richtungen expandiert, d. h. zerstäubt. Dieses Zerstäuben vermeidet de Laval durch besondere Düsenkonstruktion. Der aus dem engen Düsenhals ausgetretene Dampf wird durch einen sich allmählich erweiternden Kanal noch auf eine Strecke hin geführt; hierbei ist der Dampf gezwungen, nach und nach auf die atmosphärische Spannung (bzw. bei Kondensation auf die Vakuumspannung) unter gleichzeitiger Vermehrung seiner Geschwindigkeit zu expandieren und auf diese Weise sein gesamtes Leistungsvermögen in Bewegungsenergie umzusetzen. Da nunmehr der Dampf keinen

Fig. 100.



inneren Überdruck über den Turbinenraum mehr besitzt, so hat er auch nicht das Bestreben zu zerstäuben, sondern bildet beim Verlassen des Düsenrohres einen geschlossenen Strahl. Fig. 100 zeigt die Anordnung von Laufrad und Düsen einer de Laval'schen Dampfturbine.

Nach vorstehendem ist die Geschwindigkeit des austretenden Dampfstrahles mit der Höhe der Betriebsspannung veränderlich; für jede andere Betriebsspannung ist die Düsenform eine andere: für höhere Spannung kommt eine sich mehr erweiternde Düse in Anwendung als für geringere Spannung. Die Dampfgeschwindigkeit wird bei Anwendung

der de Laval-Düse von 350 m/sec auf rund 1100 m/sec gesteigert. Im einzelnen gibt folgende Tabelle den Zusammenhang der Dampfgeschwindigkeit mit der Kesselspannung, und zwar bei freiem Auspuff und bei Anwendung von Kondensation unter Annahme eines Vakuums von 92 Proz. des absoluten Luftdruckes.

Dampfspannung hinter der Düse in Atm. . . .	3	5	7	9	11	13	15	20
Geschwindigkeit des Dampfstrahles bei Auspuff in m/sec . . . .	673	770	828	872	908	937	960	1007
Geschwindigkeit des Dampfstrahles bei Kondensation in m/sec . .	1070	1128	1165	1195	1218	1240	1252	1280

Als besonderer Vorteil der Dampf Düse ist noch hervorzuheben, daß der expandierende Dampf an derselben Stelle des Düsenkanales stets denselben Druck und dieselbe Temperatur besitzt, weshalb auch die Düsenwandungen im Beharrungszustande konstante Temperatur haben; ein nennenswerter Wärmeaustausch zwischen Dampf und Wandung findet daher nicht statt, d. h. die Expansion des ersteren erfolgt adiabatisch, wie es dem idealen Vorgange im Carnot'schen Kreisprozeß entspricht. Gerade in dieser Hinsicht ist die Dampfturbine der Zylinderdampfmaschine weit überlegen, da bei letzterer ein beständiger periodisch wechselnder Wärmeaustausch zwischen Dampf und Zylinderwand sich vollzieht.

### Die Welle.

Die außerordentlich hohe Umlaufzahl der Turbine stellt an die Konstruktion der Lager Anforderungen, wie sie zuvor in der Technik in dieser Hinsicht nicht vorkamen. Die in obiger Tabelle angegebenen Geschwindigkeiten des Dampfstrahles verleihen dem Turbinenrad eine Umdrehungszahl von 30000 pro Minute bei kleineren Maschinen, bis etwa 15000 bei den größten Typen; die Umfangsgeschwindigkeiten bewegen sich entsprechend in den Grenzen von 170 m/sec bis etwa 400 m/sec.

Die Erfahrung hat nun gezeigt, daß es unmöglich ist, ein Turbinenrad vollkommen auszubalancieren; der Schwerpunkt desselben liegt auch bei sorgfältiger Bearbeitung und vorzüglichem Material nie ganz in der Achse. Dieser Umstand führt bei der enormen Umdrehungsgeschwindigkeit der Radscheibe zu sehr großen Zentrifugalkräften, die durch die Lager aufgenommen werden müßten. Beispielsweise würde auf jedes Kilogramm der rotierenden Masse bei  $\frac{1}{10}$  mm Exzentrizität