

Nebenstehend sei eine Tabelle über die Dampfgarantien, welche die Maschinenbauanstalt Humboldt, Kalk bei Köln, bezüglich ihrer de Laval'schen Dampfturbinen leistet, wiedergegeben.

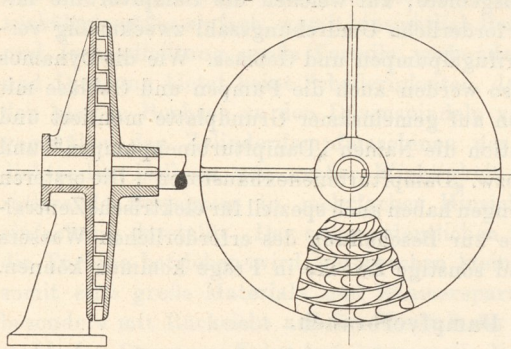
Die Tabelle gibt einen Überblick über den Dampfverbrauch für Maschinen von 3 bis 300 PS Leistung und für Admissionsspannungen von 3 bis 15 Atm. Überdruck.

Die Tabelle läßt erkennen, daß die de Laval-Dampfturbine bezüglich Dampfverbrauch den besten Kolbendampfmaschinen gleichwertig ist.

### Die Parsons'sche Dampfturbine <sup>1)</sup>.

Einen wesentlich anderen Weg als de Laval schlug Parsons, der Erfinder einer anderen Gattung von Dampfturbinen, bei der Konstruktion seines Motors ein. Anstatt den Dampf sein ganzes Druckgefälle auf einmal durchlaufen zu lassen, ehe derselbe zu nutzbarer Arbeitsleistung gelangt, schaltet Parsons eine Reihe von Leit- und Laufrädern hintereinander, wodurch ein stufenweises Durchfallen der ganzen Spannungshöhe bis zum atmosphärischen bzw. Kondensations-

Fig. 108.



drucke bedingt ist. Durch den geringen Spannungsabfall in einer Stufe wird eine allzu große

Dampfgeschwindigkeit vermieden und kann infolgedessen auch die Umfangsgeschwindigkeit der Dampfturbine eine bedeutend kleinere sein, als dies bei der de Laval'schen Konstruktion der Fall ist.

Der aus einem Laufradkrantz austretende Dampf gelangt direkt in den folgenden Leitradkrantz, die in demselben dem Dampf erteilte Geschwindigkeit wird im nächsten Laufrade wieder in Arbeit umgesetzt. Die Laufräder sind zu einem einzigen rotierenden, die Leitapparate entsprechend zu einem feststehenden Körper vereinigt.

Beim Durchströmen der Schaufelkränze findet eine allmähliche Druckverminderung und dementsprechend eine Volumvergrößerung des Dampfes statt.

Der Expansion des Dampfes kann bei den als Radialturbinen ausgeführten Dampfturbinen, s. Fig. 108, in einfacher Weise Rechnung getragen werden durch die Verbreiterung der Schaufelkanäle in axialer Richtung, zu welcher noch die natürliche Erweiterung der Kanäle durch

<sup>1)</sup> Siehe auch A. Stodola, Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 47, 274 (1903) und Vortrag des Ingen. Sinell, 16. März 1902.

Dampfverbrauch der de Laval'schen Dampfturbine pro Stunde und effektive Pferdestärke.

Effektive Pferdestärke	Durchmesser des Schaufelrades	Dampfüberdruck in der Turbine in Kilogramm pro Quadratzentimeter																											Effektive Pferdestärke															
		3			4			5			6			7			8			9			10			11				12			13			14			15					
		Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm	Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm	Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm	Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm	Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm	Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm	Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm	Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm	Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm		Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm	Hochdruck	Kondensation 64 cm	Kondensation 70 cm									
3	100	35,0	—	—	31,5	—	—	29,0	—	—	27,3	—	—	26,0	—	—	25,0	—	—	24,2	—	—	23,7	—	—	23,2	—	—	22,7	—	—	22,2	—	—	21,7	—	—	21,3	—	—	21,3	—	—	3
5	100	35,0	19,0	17,3	31,5	18,2	16,8	29,0	17,7	16,3	27,3	17,3	16,0	26,0	17,0	15,7	25,0	16,7	15,5	24,2	16,4	15,3	23,7	16,2	15,2	23,2	16,0	15,1	22,7	15,8	15,0	22,2	15,6	14,9	21,7	15,4	14,8	21,3	15,2	14,7	5			
10	150	31,0	16,0	14,6	28,7	15,4	14,1	27,0	15,0	13,6	26,0	14,6	13,2	25,0	14,3	12,9	24,0	14,0	12,7	23,0	13,8	12,5	22,0	13,6	12,4	21,0	13,4	12,3	20,0	13,2	12,2	19,0	13,0	12,1	18,0	12,8	12,0	17,5	12,6	11,8	10			
15	150	28,5	15,5	14,0	26,2	14,9	13,4	25,0	14,5	13,0	23,8	14,2	12,7	22,8	13,9	12,5	21,8	13,6	12,3	20,9	13,3	12,1	20,1	13,1	11,9	19,4	12,9	11,8	18,7	12,7	11,7	18,0	12,5	11,6	17,3	12,3	11,5	16,8	12,1	11,4	15			
20	225	31,0	13,6	12,2	27,5	13,0	11,8	25,5	12,6	11,4	23,8	12,2	11,0	22,5	11,9	10,8	21,5	11,7	10,6	20,5	11,5	10,4	19,7	11,3	10,3	18,9	11,2	10,2	18,2	11,1	10,1	17,5	11,0	10,0	17,0	10,9	9,9	16,5	10,8	9,8	20			
30	225	28,0	13,2	11,9	24,5	12,5	11,4	22,8	12,0	11,0	21,3	11,6	10,7	20,3	11,4	10,5	19,5	11,2	10,3	18,7	11,0	10,1	18,1	10,8	9,9	17,7	10,7	9,8	17,3	10,6	9,7	16,9	10,5	9,6	16,5	10,4	9,5	16,1	10,3	9,4	30			
50	300	28,0	12,4	11,3	24,5	11,9	10,8	22,0	11,5	10,5	20,5	11,2	10,3	19,5	10,9	10,1	18,7	10,7	9,9	18,2	10,5	9,7	17,7	10,4	9,5	17,2	10,3	9,4	16,8	10,2	9,3	16,4	10,1	9,2	16,0	10,0	9,1	15,7	9,9	9,0	50			
75	300	26,5	12,1	11,0	23,0	11,6	10,6	21,0	11,2	10,3	19,5	10,9	10,1	18,5	10,7	9,9	17,7	10,5	9,7	17,2	10,3	9,5	16,7	10,2	9,3	16,2	10,1	9,2	15,8	10,0	9,1	15,4	9,9	9,0	15,0	9,8	8,9	14,7	9,7	8,8	75			
100	500	(31,0)	11,3	10,0	(26,5)	10,8	9,5	23,5	10,4	9,2	(21,5)	10,1	8,9	(20,0)	9,8	8,7	(19,0)	9,6	8,5	(18,3)	9,4	8,4	(17,6)	9,2	8,3	(17,0)	9,1	8,2	(16,6)	9,0	8,1	(16,2)	8,9	8,0	(15,9)	8,8	7,9	(15,6)	8,7	7,8	100			
—	400	26,5	12,1	11,0	22,5	11,6	10,6	20,0	11,2	10,3	18,5	10,9	10,1	17,3	10,7	9,9	16,5	10,5	9,7	16,0	10,3	9,5	15,5	10,2	9,3	15,0	10,1	9,2	14,6	10,0	9,1	14,2	9,9	9,0	13,9	9,8	8,9	13,6	9,7	8,8	—			
150	500	28,0	10,8	9,7	24,0	10,4	9,2	21,0	10,1	8,8	19,3	9,8	8,6	18,0	9,5	8,4	17,0	9,3	8,3	16,3	9,1	8,2	15,8	8,9	8,1	15,3	8,8	8,0	15,0	8,7	7,9	14,7	8,6	7,8	14,4	8,5	7,7	14,1	8,4	7,6	150			
—	400	25,0	—	—	21,5	—	—	19,3	—	—	17,6	—	—	16,4	—	—	15,7	—	—	15,2	—	—	14,8	—	—	14,3	—	—	13,9	—	—	13,5	—	—	13,2	—	—	12,9	—	—	—			
225	620	28,0	10,7	9,5	24,0	10,2	8,9	21,0	9,8	8,5	19,0	9,4	8,3	17,5	9,1	8,1	16,5	8,9	7,9	16,0	8,7	7,7	15,5	8,6	7,6	15,0	8,5	7,5	14,5	8,4	7,4	14,2	8,3	7,3	13,9	8,2	7,25	13,6	8,1	7,2	225			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
300	760	34,0	10,2	8,7	28,0	9,8	8,3	24,5	9,5	8,0	22,0	9,2	7,8	20,5	8,9	7,6	19,5	8,7	7,4	18,5	8,5	7,25	17,7	8,3	7,15	17,0	8,1	7,05	16,5	8,0	6,95	16,0	7,9	6,85	15,6	7,8	6,8	15,2	7,7	6,75	300			

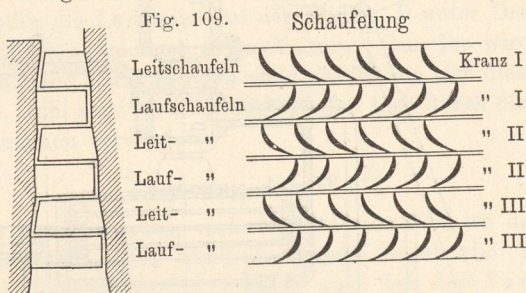
Die Angaben über den Dampfverbrauch gelten unter folgenden Voraussetzungen:

1. Der Dampf ist möglichst trocken.
2. Die Probe wird mit voller Belastung gemacht.
3. Die Arbeit für den Kondensator ist nicht mit gerechnet.

Letztere nimmt 4 bis 7 Proz. von dem vollen Effekt der Maschine in Anspruch.

den von den inneren nach den äußeren Kränzen hin zunehmenden Durchmesser kommt. Die radiale Bauart mit konzentrisch ineinanderliegenden Leit- und Laufradkränzen ist neuerdings zugunsten der axialen Anordnung der Kränze verlassen worden. Bei den Axialturbinen läßt sich die Vergrößerung des Durchflußquerschnittes für den expandierenden Dampf durch geeignete Variation in den radialen Abmessungen der einzelnen Radkränze sowie durch Vergrößerung der Radkranzdurchmesser erzielen. Dieses letztere Mittel ist beim Bau der neueren Parsons-Turbinen von Brown, Boveri & Co., Baden i. d. Schweiz, zur Anwendung gekommen.

Der Dampf durchströmt bei denselben mehrere, in der Regel drei, in einer Achse liegende Turbinen mit stufenweise vergrößerten Durch-



messern. Jede einzelne dieser Turbinen besteht aus mehreren hintereinander geschalteten Leit- und Laufradkränzen. Die Anordnung ist aus der Längsschnittskizze, Fig. 110, S. 174, zu ersehen.

An dieser Turbine lassen sich im wesentlichen fünf Hauptteile unterscheiden.

1. Die Laufspindel oder Welle, welche die Laufradkränze trägt.
2. Der die Laufspindel umgebende Zylinder mit den festen Leit- und Laufradkränzen.
3. Zwei Lager, in welchen die Turbinenspindel ruht.
4. Der Dampfeinlaßapparat.
5. Der Regulator.

Die Laufradkränze der Parsons-Turbine sind voll beaufschlagt; ohne weiteres kann man hieraus die Eigenschaft der Parsons-Turbine erkennen, daß sie sich für große Einzelleistungen eignet, weit mehr als die partial beaufschlagte de Laval-Turbine. In der Tat sind dieselben schon mehrfach für Leistungen von weit über tausend Pferdestärken ausgeführt worden.

Fig. 109 zeigt eine Reihe von Leit- und Laufradschaufeln im Schnitt. Die Schaufeln sind ähnlich denjenigen der Wasserturbinen geformt. Die Laufradspindel ist nur bei kleineren Maschinen massiv, bei größeren dagegen hohl ausgeführt.

Der Dampf, welcher bei *E* (s. Fig. 110, a. f. S.) in die Maschine tritt, gelangt an der Stelle *A* in den Schaufelraum und bewegt sich von

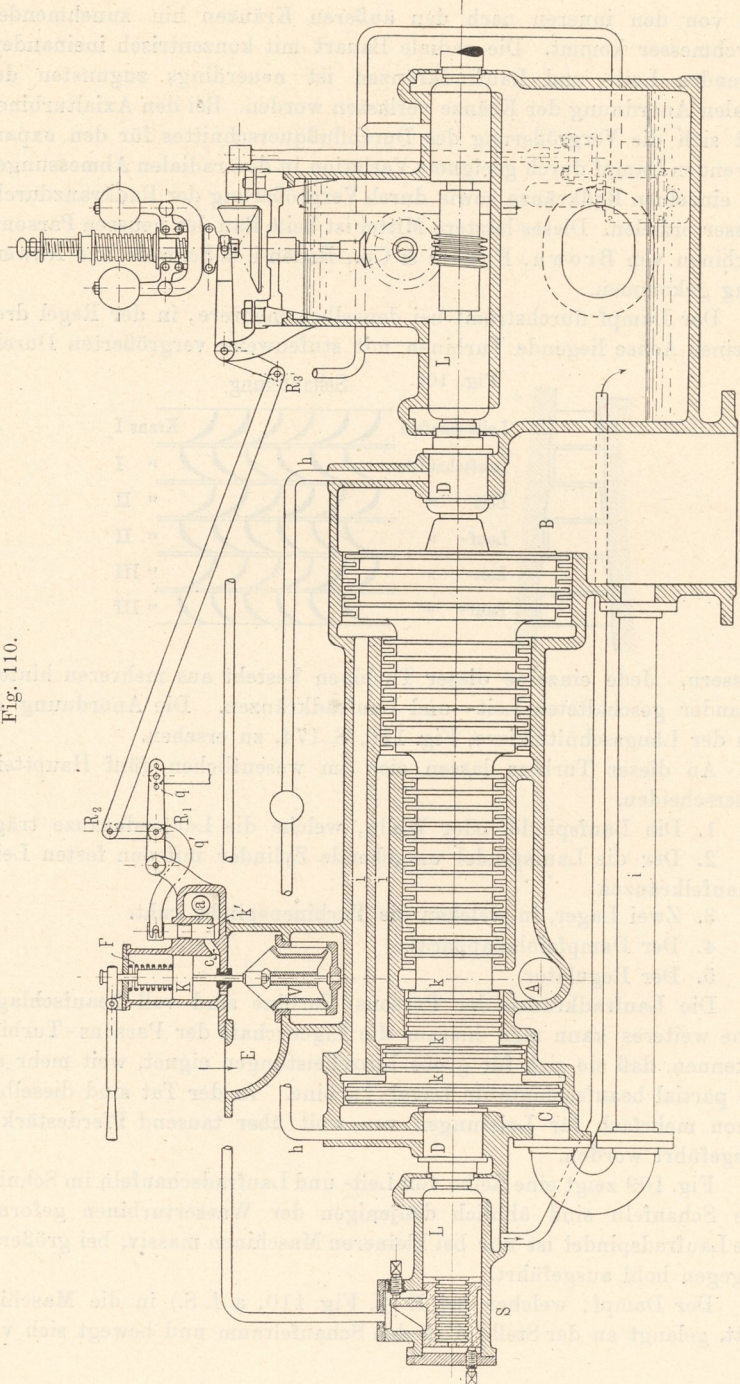


Fig. 110.

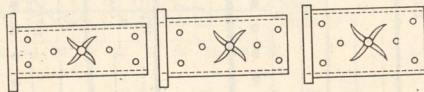
hier durch die einzelnen Schaufelkränze nach der Austrittsstelle *B*, welche entweder ins Freie oder nach dem Kondensator führt.

Der hierbei auftretende, bedeutende axiale Druck nach rechts wird durch drei Ausgleichskolben *k*, welche durch die Kanalverbindungen *i* entsprechende Gegendrucke erhalten, kompensiert. Hierzu sei noch insbesondere hervorgehoben, daß an den Stellen *B* und *C* gleicher Druck herrscht, welcher gegen die Atmosphäre höchstens um das Vakuum (bei Anwendung von Kondensation) differiert. Somit hat man an den Dichtungsstellen *D*, an welchen die Welle aus der Turbine tritt, mit keinen großen Überdrucken zu rechnen. Die Abdichtung an diesen Stellen erfolgt im Falle der Kondensation in bemerkenswerter Weise dadurch, daß denselben vermittelst der Röhren *h* Dampf zugeführt wird; hierdurch stehen die Lufträume an den Stellen *D* unter Druck, und es gelangen kleine Dampfmengen in das Vakuum; dasselbe wird durch den Eintritt der kleinen Dampfmengen nicht gestört, da sich dieselben sofort kondensieren, wohl aber wird der Eintritt von Luft durch die Dichtungsflächen vollkommen vermieden.

### Lagerung der Welle.

Wie wir gesehen haben, vermeidet Parsons die bei der de Laval-Turbine auftretende hohe Umdrehungszahl durch die Teilung des Spannungsgefälles. Immerhin beträgt auch bei der Parsons'schen Konstruktion die Tourenzahl noch mehrere tausend und erfordert die Lagerung der Turbinenwelle besondere Sorgfalt, da die Turbinenwelle, im Gegensatze zur de Laval'schen biegsamen Welle, starr ist. Die Lager

Fig. 111.



befinden sich an den Stellen *L* in Fig. 110. Sie werden aus mehreren ineinandergeschobenen Büchsen gebildet; durch die Trennungsschichten der einzelnen Büchsen wird Öl gepreßt. Hierdurch wird eine sehr elastische und nachgiebige Lagerung geschaffen. Fig. 111 zeigt die ineinander zu schiebenden Büchsen.

Außer den genannten beiden Lagern befindet sich am linken Ende der Welle noch ein verstellbares Kammlager *S*, welches die präzise Einstellung der Turbinenspindel in axialer Richtung ermöglicht.

### Regulierung, Geschwindigkeitsdiagramme bei Belastungsänderungen. Indikatordiagramm. Vergleich mit der Dampfmaschine bezüglich Regulierung.

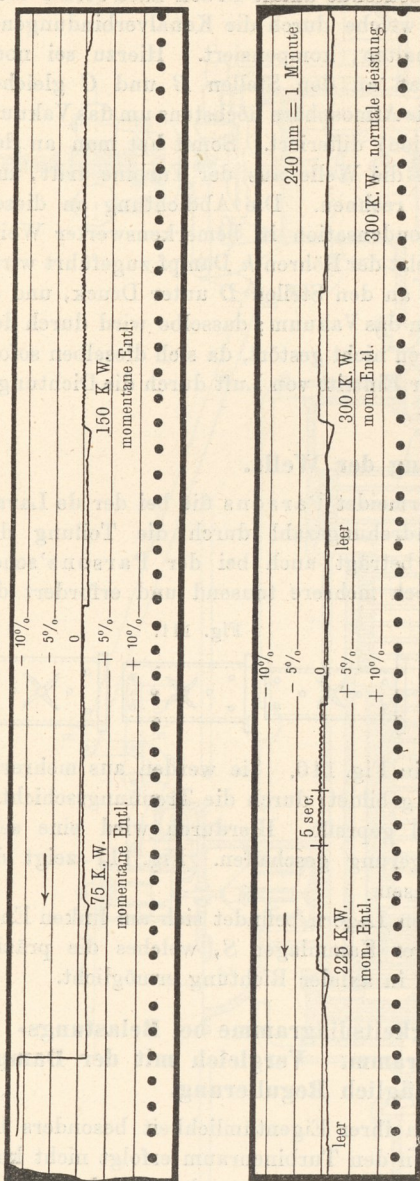
Die Regulierung ist wegen ihrer Eigentümlichkeit besonders beachtenswert. Der Dampfzufluß in den Turbinenraum erfolgt nicht kontinuierlich, sondern periodisch durch ein Doppelsitz-Einlaßventil *V* (Fig. 110). Die Zahl der Admissionen beträgt je nach der Größe der Turbine 150 bis 250 pro Minute; sie steht immer in einem konstanten

Verhältnis zur Umdrehungszahl, indem der Dampfeinlaßapparat von der Turbinenwelle aus mittels Schneckengetriebes, Exzenters und

einer Hebelübertragung betätigt wird; diese letzteren sind in dem Schema Fig. 110 nicht vollständig dargestellt. Das Hebelssystem für den Dampfeinlaß steht außerdem unter dem Einflusse eines Regulators, welcher die Dauer einer jeden Ventilöffnung bestimmt; bei Entlastung und Tourenvermehrung wird die Zeitdauer der Öffnung vermindert, während bei Belastungszunahme und Tourenverminderung die Öffnungsdauer zunimmt.

Der Einlaßapparat sei hier kurz beschrieben. Das Öffnen und Schließen des Ventiles  $V$  wird durch einen kleinen Steuerkolben  $k'$  bewirkt, der sich in einem Zylinder auf und ab bewegt. Seine Bewegung erfolgt in der schon oben angedeuteten Weise von einem Exzenter aus periodisch. Nach Öffnung des (in der Figur nicht gezeichneten) Dampfabsperrentiles tritt Dampf unter den Kolben  $K$  und wird infolgedessen das Doppelsitzventil gehoben und bleibt so lange geöffnet, als sich Dampf unter dem Kolben  $K$  befindet. Dieses ist der Fall, solange der periodisch auf und ab bewegte Kolben  $k'$  die Öffnung  $c$  verschließt. In gehobener Stellung von  $k'$  wird der Dampf unter dem Kolben  $K$  durch eine Rohrleitung  $a$  fortgeführt und das Doppelsitzventil  $V$  durch

Fig. 112.

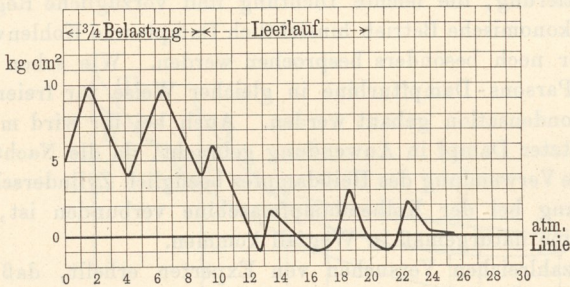


die Feder  $F$  niedergedrückt. Der im übrigen feste Drehpunkt  $R_3$  des Hebelsystems wird durch den Regulator je nach der Geschwindigkeit

der Turbinenwelle nach rechts verstellt, der Winkelhebel  $q'$  um einen gewissen Winkel gedreht und hierdurch eine höhere oder tiefere Hubbewegung des Steuerkolbens  $k'$  bewirkt. Auf diese Weise beeinflusst der Regulator mittelbar auch die Öffnungsdauer des Ventiles  $V$ .

Die hier beschriebene Regulierung ist eine sehr empfindliche und vollkommene. Sie beruht nicht auf Drosselung des Dampfes, sondern auf Veränderung der Füllung. Belastungsschwankungen werden fast momentan ausgeglichen. Die Gleichmäßigkeit des Ganges ist hier wie auch bei der de Laval-Dampfturbine durch das Fehlen des Kurbelmechanismus, d. h. durch die rein rotierende Bewegung gewährleistet. Das Verhalten der Parsons-Dampfturbine in bezug auf Regulierung und Gleichmäßigkeit des Ganges veranschaulicht die tachographische Kurve, welche Herr Ingenieur Roß, Wien, als Sachverständiger an einer 400 PS-Dampfturbine für das Elektrizitätswerk Linz-Urfahr aufgenommen hat, s. Fig. 112 (S. 176).

Fig. 113.



Die Dampfdurchströmung von Anfang bis zu Ende der Turbine erfolgt etwa innerhalb  $\frac{1}{3}$  Sekunde, so daß die Steuerungswirkung auf das Admissionsventil augenblicklich erfolgt. Beifolgendes Indikatordiagramm <sup>1)</sup> (Fig. 113) gibt ein interessantes Bild über die Regulierung einer 600 pferdigen Dampfturbine bei plötzlicher Entlastung von 450 PS auf 0 PS. Hierbei betrug die maximale Schwankung in der Umdrehungszahl, welche an einem empfindlichen Tachometer beobachtet wurde, bei verschiedenen Versuchen 2,3, 2,5 und 2,6 Proz. Die Differenz dieser Zahlen hängt lediglich von dem Momente der plötzlichen Entlastung ab; hierbei spielt der Moment des Belastungsentzuges, ob derselbe zu Anfang oder nach Beendigung einer Füllung der Turbine erfolgte, eine besondere Rolle. Etwa 4 Sekunden nach der Entlastung war die neue Beharrungsgeschwindigkeit eingetreten. Aus obigem erhellt, daß bei gleicher Empfindlichkeit der Regulatoren die Schnelligkeit und Genauigkeit der Regulierung bei der Parsons-Turbine größer ist als wie z. B. bei der Dampfmaschine; bei letzterer sind meistens mehrere Umdrehungen

<sup>1)</sup> Siehe auch „Schweizerische Bauzeitung“, Bd. XXXIX, Nr. 22 u. 23. Lehmann-Richter, Prüfungen (Ergänzungsbd.).

notwendig, bis die Einwirkung der Steuerungsverstellung erfolgt. Der Ungleichförmigkeitsgrad ist ferner sehr gering, trotzdem die Dampfeinströmung unter Stoßwirkung erfolgt; derselbe ist kleiner als  $\frac{1}{300}$ . Die Praxis beweist, daß der Parallelbetrieb von Turbowechselstromgeneratoren mit anderen Generatoren, welche von Wasserturbinen oder Dampfmaschinen angetrieben werden, gut vonstatten geht. Die Bauart der von der Firma Brown, Boveri & Co. fabrizierten Wechselstromgeneratoren begünstigt dieses Zusammenarbeiten allerdings auch.

### Hauptvorzüge und Verwendbarkeit.

Die Parsons'sche Dampfturbine weist gegenüber der Kolbendampfmaschine in der Hauptsache die gleichen Vorzüge auf wie die de Laval'sche. Es sind dies: die rein rotierende Bewegung bei großer Umfangsgeschwindigkeit und somit der Fortfall eines Schwungrades, die leichte Konstruktion der Maschine und die große Raumersparnis, einfache Fundamentierung, die leichte Dichtung und vorzügliche Regulierung.

Der ökonomische Betrieb hinsichtlich Dampf- und Kohlenverbrauch wird später noch besonders besprochen werden. Wie schon erwähnt, kann die Parsons-Dampfturbine in gleicher Weise für freien Auspuff wie für Kondensation gebaut werden. Auch bei ihr wird mit Vorteil hochüberhitzter Dampf in Anwendung gebracht, da die Nachteile, mit welchen die Verwendung des Heißdampfes bezüglich Zylinderschmierung und Packung bei der Kolbendampfmaschine verbunden ist, bei der Dampfturbine naturgemäß in Wegfall kommen.

Aus zahlreichen Versuchen von Experten erhellt, daß die Anwendung von Überhitzungen um 50 bis 100° C Dampfersparnisse von etwa 1 Proz. für je 6° Überhitzung bewirken. Die Expansionsarbeit des Dampfes wird, wie schon früher erwähnt, bis zu den niedrigsten Kondensatorspannungen ausgenutzt. Der Wärmeaustausch zwischen dem Dampfe und den Metallwandungen, sowie eine Mischung des frischen Dampfes mit solchem niedriger Temperatur, welches bei einer Kolbendampfmaschine beim Hubwechsel im schädlichen Raume eintritt, fällt hier ganz weg; es ist somit der Dampf im Beharrungszustande nur mit Wandflächen gleicher Temperatur in Berührung. Aus diesem Vorteile und der guten Ausnutzung erklären sich obige günstige Ergebnisse.

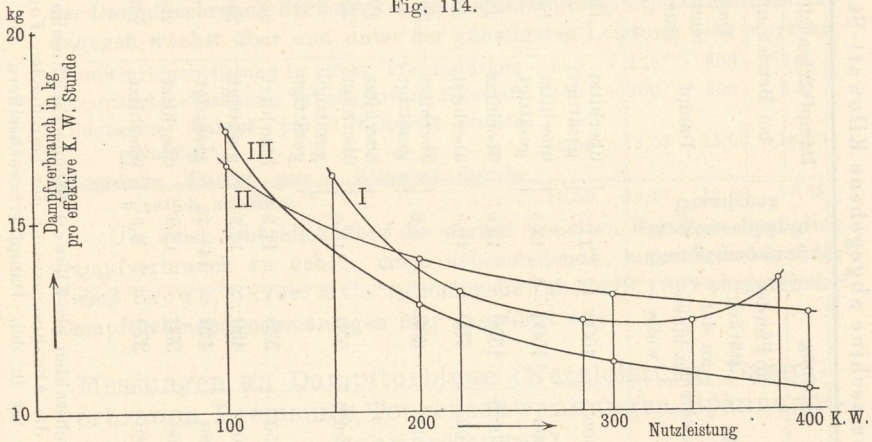
Die Parsons-Turbine eignet sich bei einer Umdrehungszahl von 750 bis 4000 pro Minute zur direkten Kuppelung mit rasch laufenden Maschinen. Ihr Hauptanwendungsgebiet ist zurzeit der Betrieb elektrischer Stromerzeuger. (Eine Übersetzung ins Langsame ist hierbei nicht erforderlich.) Der Stromerzeuger wird, wie bei der de Laval'schen Konstruktion, mit der Dampfturbine auf gemeinsamer Grundplatte zusammen gebaut. In dieser Zusammenstellung führen die Stromerzeuger die Bezeichnungen Turbodynamo (für Gleichstromerzeugung) und Turboalternator (für Wechselstromerzeugung).



### Dampfverbrauch, Vergleich mit der Dampfmaschine bezüglich Dampfverbrauch.

Das gleiche wie für die de Laval-Dampfturbine (siehe S. 171) kann auch für die Parsons'sche Dampfturbine bezüglich der Ökonomie nach den bisherigen Erfahrungen festgestellt werden: daß nämlich der Dampfverbrauch sicher nicht höher ist als derjenige der besten Kolbendampfmaschine. Der Vergleich des Dampfverbrauches der Dampfturbinen und Dampfmaschinen ist, wie oben schon bemerkt, deshalb erschwert, weil bei den ersteren der Verbrauch stets auf die effektive oder auf die Kilowattleistung direkt bezogen, bei den letzteren dagegen meist die indizierte Leistung zugrunde gelegt wird. In Fig. 114 sind vergleichende Dampfverbrauchskurven eingetragen; dieselben sind einem Aufsätze von Ingenieur Emil Sinell über „Bauart und Dampfverbrauch der Dampf-

Fig. 114.



turbine System Brown-Boveri-Parsons“ entnommen. Kurve I stellt den Dampfverbrauch dar, wie er von einer Maschinenfabrik für Kolbendampfmaschinen mit einer Höchstleistung von 600 effektiven Pferdestärken garantiert worden ist. Die Linien II und III stellen den garantierten und den wirklichen Dampfverbrauch einer gleichwertigen Dampfturbine System Parsons, welche mit einem 400 Kilowatt-Drehstromgenerator gekuppelt ist, dar. In beiden Fällen ist der Dampfverbrauch auf die Kilowattleistung bezogen. Zu der Dampfmaschinenkurve sei noch bemerkt, daß die Werte derselben aus den Angaben über die indizierte Pferdekraft-Stunde und dem von der Maschinenfabrik angegebenen Wirkungsgrad der Dampfmaschine, sowie unter Annahme eines möglichst günstigen Wirkungsgrades eines direkt gekuppelten Drehstromgenerators berechnet sind. Die Kurve III bringt die Resultate eines von Prof. Dr. H. F. Weber, Zürich, vorgenommenen Versuches zum Ausdrucke.

Dampfverbrauchsziffern ausgeführter Parsons-Dampftrubinen<sup>1)</sup> pro effektive, von der angekuppelten Dynamomaschine abgegebene Kilowatt-Stunde.

	Leistung		Dampfspannung in Atmosphäre in Überdruck	bei Betrieb mit		Dampfverbrauch pro effektive Kilowatt-Stunde in Kilogramm					
	in Kilowatt	in Pferde- stärken an der Turbinen- welle		Dampf	Dampf- tempera- tur in °C	bei Belastung					
						1/4	3/4	2/4	1/4		
Dampftrubine direkt gekuppelt mit Dynamomaschine, geliefert für:											
Städtisches Elektrizitäts- werk Elberfeld	1000	1500	{	überhitzt gesättigt	195	9,099	9,659	10,866	—	—	—
	1000	1500		{	überhitzt gesättigt	195	9,420	10,120	11,310	—	—
Société des Filatures de Schappe	900 <sup>2)</sup>	1350	{	überhitzt	250	9,60	10,50	—	—	—	—
	500	750	{	überhitzt	250	9,00	9,90	11,10	—	—	—
Schlieper & Baum, Elberfeld	400	600	{	überhitzt gesättigt	208	9,90	10,50	12,00	16,00	—	—
	380 <sup>2)</sup>	570	{	überhitzt gesättigt	—	10,50	11,27	12,80	17,36	—	—
Konsolidierte Tschöpelner Braun- kohlen- und Tonwerke	350	525	{	überhitzt	250	10,00	11,20	—	—	—	—
	300	450		{	überhitzt gesättigt	250	9,82	11,00	—	—	—
Röchling'sche Eisen- und Stahl- werke, Diedenhofen	280	420	{	gesättigt	—	11,50	13,00	—	—	—	—
	200	300	{	gesättigt	—	11,03	—	—	—	—	—
Zellulosefabrik Villach	180	270	{	überhitzt	230	9,30	10,18	11,58	15,32	—	—
	300	450	{	gesättigt	240	11,30	12,60	—	—	—	—
Services industriels der Stadt Neuchâtel	200	300	{	gesättigt	—	11,58	—	—	—	—	—
	200	300	{	überhitzt	250	9,59	10,03	10,77	—	—	—
Werke der französischen Marine, Indret	180	270	{	überhitzt	230	11,30	11,50	12,50	—	—	—
	200	300	{	überhitzt	230	(bei 180 K.-W.)	(bei 150 K.-W.)	(bei 100 K.-W.)	10,77	12,50	17,36
Städtisches Elektrizitätswerk Heidelberg	180	270	{	überhitzt	230	11,30	11,50	12,50	—	—	—

<sup>1)</sup> Die **fettgedruckten** Dampfverbrauchszahlen pro Kilowatt-Stunde sind Resultate von Abnahmeversuchen. Die in dünner Schrift gehaltenen Zahlen sind Garantiewerte; die Abnahmeversuche der betreffenden Turbinen waren noch nicht durchgeführt.

<sup>2)</sup> Die Arbeit für die Kondensation ist in den Dampfverbrauchsziffern der mit <sup>2)</sup> bezeichneten Turbinen nicht eingeschlossen, während sie bei den übrigen Turbinen eingeschlossen ist.

Wie aus den Kurven (u. der Tabelle unten) zu ersehen ist, lieferten die Versuche an der Dampfturbine weit günstigere Resultate bezüglich Dampfverbrauch, als garantiert war. Macht man nun auch für die Dampfmaschine die Annahme, daß tatsächlich vorgenommene Versuche zu einem günstigeren Ergebnis geführt hätten, d. h., daß die Kurve des wirklichen Dampfverbrauches der Dampfmaschine tiefer zu liegen käme als diejenige des garantierten Verbrauches, so dürfte vielleicht die Dampfmaschine bei ihrer günstigsten Belastung der Dampfturbine gleichwertig, möglicherweise auch überlegen sein. Dagegen ist, nach dem Verlaufe der Kurven I und III zu schließen, daß der Dampfverbrauch bei maximaler wie auch bei niedrigen Belastungen, von Leerlauf bis zu halber Belastung bei der Dampfmaschine höher ist als wie bei der Dampfturbine. Durch den Versuch an der Dampfturbine ist erwiesen, daß der Dampfverbrauch pro Kilowatt-Stunde mit zunehmender Belastung der Maschine fortwährend abnimmt; der Dampfverbrauch der zum Vergleiche herangezogenen Dampfmaschine dagegen wächst über und unter der günstigsten Leistung sehr stark an.

Dampfturbinenleistung in effekt. Pferdestärken	600	450	300	165
Dampfturbinenleistung in effektiven Kilowatt	400	300	200	100
Kilogramm Dampf pro 1 Kilowatt-Stunde garantiert . . . . .	12,50	13,07	14,00	16,50
Kilogramm Dampf pro 1 Kilowatt-Stunde wirklich erhalten . . . . .	10,50	11,27	12,80	17,35

Um einen Überblick über die zurzeit erzielten Resultate bezüglich Dampfverbrauch zu geben, möge nebenstehende, einer Broschüre der Firma Brown, Boveri & Co. entnommene Tabelle (S. 180) ausgeführter Dampfturbinendynamoanlagen hier angeführt sein.

### Messungen an Dampfturbinen (Nutzleistung, Dampfverbrauch, Bremsung, Tourenschwankungen, Spannungsschwankungen).

Von Untersuchungen an Dampfturbinen interessieren in erster Linie diejenigen, welche für den Betrieb elektrischer Stromerzeuger unmittelbar in Betracht kommen.

Diese Untersuchungen sind gerade bei Dampfturbinen sehr einfacher Natur. Sowohl bei den Turbinen nach de Laval'schem wie nach Parsons'schem Prinzip sind die Stromerzeuger stets mit den Dampfturbinen direkt gekuppelt. Es kann somit stets die sogenannte „elektrische Bremsung“ stattfinden. Berücksichtigt man weiter, daß zurzeit die Dampfturbinendynamos immer als einheitliche Konstruktionen den Werkstätten einer Firma entstammen und somit nur eine Gesamtgarantie vom Besteller verlangt und von der Lieferantin geleistet wird, so ist zur Beurteilung der Vollkommenheit einer derartigen Maschine lediglich die Feststellung der elektrischen Nutzleistung und des Dampfverbrauches erforderlich.

Außer den Dampfturbinen für den Betrieb der Stromerzeuger