

Spezialturbinen für gemischten Heiz- und Kraftdampftrieb

Bauart Brown-Boveri

Aktiengesellschaft

Brown, Boveri & Cie.

385 D

Spezialturbinen für gemischten Heiz- und Kraftdampfbetrieb

Bauart Brown-Boveri

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1913

ISBN 978-3-662-23064-0 ISBN 978-3-662-25030-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-25030-3
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1913

INHALT.

| | Seite |
|---|-------|
| I. DER GEMISCHTE HEIZ- UND KRAFTDAMPFBETRIEB | 3 |
| II. KOLBENMASCHINE ODER DAMPFTURBINE? | 9 |
| III. BESCHREIBUNG DER SPEZIALTURBINEN, BAUART BROWN-BOVERI, FÜR GEMISCHTEN HEIZ- UND KRAFTDAMPFBETRIEB | 12 |
| A. DIE GEGENDRUCKTURBINE, BAUART BROWN-BOVERI | 12 |
| 1. Die Parsons-Gegendruckturbine | 13 |
| 2. Die Aktions-Gegendruckturbine | 19 |
| B. DIE ANZAPFTURBINE, BAUART BROWN-BOVERI-PARSONS | 23 |
| IV. DIE WICHTIGSTEN ANWENDUNGSGBIETE DER SPEZIALTURBINEN FÜR GEMISCHTEN HEIZ- UND KRAFTDAMPFBETRIEB | 27 |
| 1. Der gemischte Heiz- und Kraftdampftrieb in der Zuckerindustrie | 27 |
| 2. Der gemischte Heiz- und Kraftdampftrieb in Cellulose- und Papierfabriken | 28 |
| 3. Der gemischte Heiz- und Kraftdampftrieb in der Textilindustrie | 28 |

I. DER GEMISCHTE HEIZ- UND KRAFTDAMPFBETRIEB.

Nach zwei Gesichtspunkten ist die moderne Maschinentechnik orientiert: technisch dahin, die dem menschlichen Organismus entlehnte hin- und hergehende Bewegung in eine drehende zu verwandeln und ökonomisch durch das Streben nach einer Wirtschaftlichkeit, die den Fabrikationsprozess im ganzen und nicht mehr nur in seinen einzelnen Mitteln betrifft.

In der Tat ist ja der ganze Prozess der Wärmeerzeugung und ihrer Verwertung nur Mittel zum Zweck der Herstellung eines gewissen Endproduktes mit möglichst geringen Kosten. Um die Verluste bei der Umwandlung von Wärme in mechanische oder elektrische Energie nach Möglichkeit zu reduzieren, hat man nun bisher zwar die Leistung jeder einzelnen Maschine wie der Kesselanlage, Dampfmaschinen, elektrischen Generatoren, Motoren und Arbeitsmaschinen nach Kräften zu steigern gesucht und nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich in einer Weise vervollkommenet, dass wenigstens auf dem Gebiete des Dampfmaschinenbaues das Äusserste bald erreicht sein dürfte. Erst dann ist man dazu übergegangen, durch eine zweckmässigere Anordnung des gesamten Produktionsprozesses die Hauptverlustquellen auszuschalten.

Wie für die Entwicklung der chemischen Industrie die Ausbeutung der Abfälle von geradezu ausschlaggebender Bedeutung geworden ist, so stellt die Vereinigung von Heiz- und Kraftdampfbetrieb und die Verwendung des Abdampfes für eine Reihe von Fabrikationszweigen, die neben starkem Kraftbedarf grosse Mengen Dampf für Heiz-, Koch- und Trockenzwecke benötigen, wie Zuckerfabriken, Raffinerien, Zellulose- und Papierfabriken, Webereien,

Färbereien, Appreturanstalten, Brikettfabriken, Brauereien, chemische Fabriken u. a. m. den Anbruch einer neuen industriellen Ära dar.

Auch die Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. hat erfolgreich an der Lösung der in den letzten Jahren immer mehr in den Vordergrund getretenen Frage des gemischten Heiz- und Kraftdampfbetriebes durch die Ausbildung von Spezialturbinenkonstruktionen in erster Reihe mitgearbeitet. Sie blickt heute auf eine grosse Anzahl von Ausführungen zurück, in denen durch ihre Spezialturbinen der Gesamtwirkungsgrad der Anlage ganz beträchtlich erhöht wurde.

Während man früher von der Krafterzeugung ausging und den Abdampf nur etwa zur Warmwasserheizung oder zum Vorwärmen des Kesselspeisewassers benutzte, geht man heute vielfach umgekehrt von einem gewissen Bedarf an Heizdampf aus und wählt die Mittel zu seiner Deckung so, dass durch dieselben gleichzeitig der Kraftbedarf des Betriebes ganz oder wenigstens teilweise befriedigt wird. Ja man ist aus Gründen der Wirtschaftlichkeit schon dazu übergegangen, auch dort Einrichtungen für gemischten Betrieb zu treffen, wo die Nachfrage nach dem „Abfallprodukt“, der Abwärme, erst geweckt werden musste. So haben es städtische Elektrizitätswerke vorteilhaft gefunden, Anlagen zu bauen, deren Abdampf an Badeanstalten abgegeben wird. Umgekehrt errichten Zuckerraffinerien Zentralen, deren Kraft und Abwärme sie in der Saison ausnutzen, während sie in der übrigen Zeit des Jahres elektrische Energie verkaufen.

Worin besteht nun die wirtschaftliche Überlegenheit des kombinierten gegenüber dem getrennten Heiz- und Kraftdampfbetrieb? Man kann sie kurz dahin charakterisieren, dass der Dampf, nachdem er in der Maschine Arbeit geleistet, in der Heizanlage seine ganze latente Wärme abgeben muss, während bei Kondensationsbetrieb dieselbe nur noch dazu dienen kann, eine grössere Menge Wasser auf eine gewisse Temperatur zu erwärmen, um dann zum grössten Teil unausgenutzt mit dem Zirkulationswasser abzugehen. Auspuffbetrieb

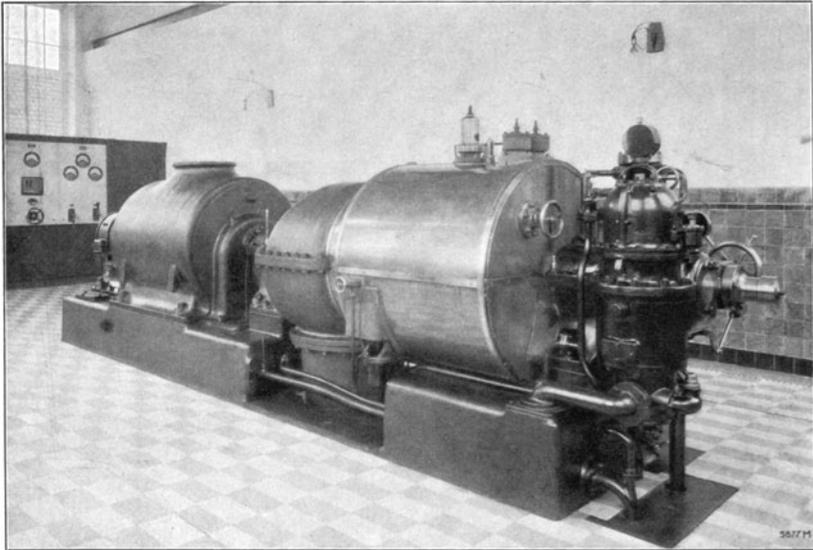
vollends lässt diese Wärme vollständig unausgenutzt in die Luft entweichen. Diese summarischen Angaben sind etwas näher zu erläutern, und es ist dabei noch auf einen Umstand hinzuweisen, der die Wirtschaftlichkeit kombinierter Anlagen wesentlich erhöht, nämlich die Überhitzung des Dampfes, die gerade bei Dampfturbinen sehr hoch getrieben werden kann.

Bekanntlich sind rund 537 Wärmeeinheiten notwendig, um bei atmosphärischem Druck 1 kg Wasser von 100°C in 1 kg Dampf von 100°C überzuführen. Dagegen sind nur 100 Wärmeeinheiten nötig, um 1 kg Wasser von 0° in 1 kg Wasser von 100° überzuführen.

Es wird also von den 637 Wärmeeinheiten, die erforderlich sind, um Wasser von 0°C in Dampf von 100°C zu verwandeln, der weitaus grösste Teil der Dampferzeugungswärme für die Änderung des Aggregatzustandes aufgewendet.

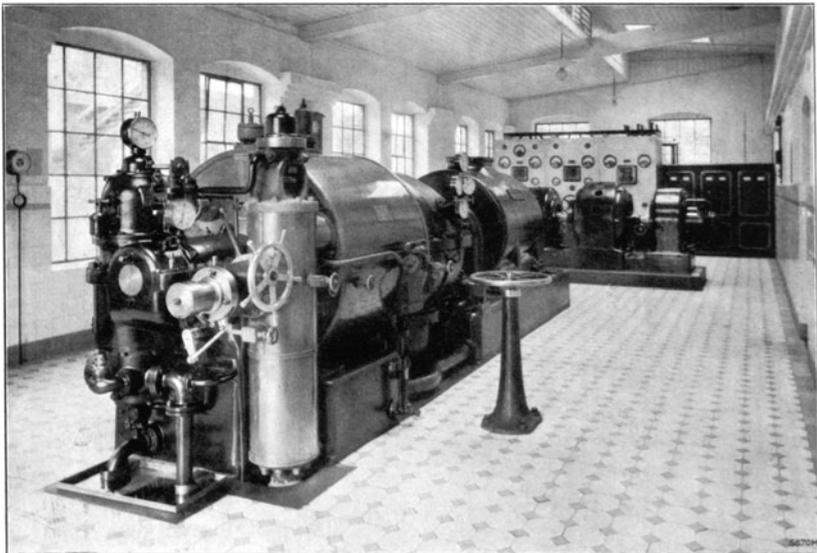
Nachdem das Wasser einmal in Dampf übergeführt ist, bedarf es eines relativ geringen Wärmeeaufwandes, um denselben auf hohe Spannung und hohe Temperatur zu bringen und zwar umso weniger, je höher die Anfangsspannung ist, von der man ausgeht. Um beispielsweise Dampf von 9 Atm. auf 14 Atm. bei 300°C zu spannen, sind nur 24 Wärmeeinheiten pro kg erforderlich. Um Dampf von 1 Atm. auf 6 Atm. zu bringen, mehr als das Dreifache. Da aber hochgespannter Dampf sich viel ökonomischer fortleiten lässt als wie niedrig gespannter, und die Ausnutzung der Dampfwärme in einer Heizanlage vollständiger ist, als wie in einer Kondensationsanlage, so ergeben sich bei kombiniertem Betrieb gegenüber der getrennten Heizdampferzeugung in Niederdruckkesseln, wo die Hauptwärme zur Änderung des Aggregatzustandes aufgewendet werden muss, und der Ausnutzung des Kraftdampfes in Kondensationsanlagen, in denen der Abdampf nur zur Wasservorwärmung verwendet werden kann, während der grösste Teil seiner Wärme mit dem Zirkulationswasser abgeht, Ersparnisse bis zu 25 und mehr Prozent.

Ein Haupteinwand, den man gegen den kombinierten Betrieb erhebt, ist der des hohen Dampfverbrauches. In der Tat nimmt der Dampfverbrauch der Dampfmaschine mit wachsendem Gegendruck schnell zu. Der Hauptvorteil, den die Kondensationsturbine vor der Kolbendampfmaschine hat, nämlich die weitgehende Ausnutzungsmöglichkeit des theoretischen Wärmegefälles durch das Vakuum, kann auf den kombinierten Betrieb natürlich nicht in demselben Umfange zutreffen. Wenn es auch richtig ist, dass man durch einen kleinen Mehraufwand von Wärme den Dampf solcher Anlagen überhitzen und auf hohen Druck bringen kann, so muss andererseits gesagt werden, dass hochgespannter Dampf bei gleichem Druckgefälle viel weniger Wärme abgibt, als wie niedrig gespannter. Da die erzielbare Leistung proportional ist der frei werdenden Wärmemenge, so muss bei Verwendung von Dampf mit hohem Druck zur Erzielung einer bestimmten Leistung mit höherem Dampfverbrauch gerechnet werden als bei Verwendung niedrig gespannten Dampfes. Insofern erscheint also die Verwendung einer mit hohem Gegendruck und dementsprechend erhöhter Anfangsspannung des Dampfes arbeitenden Dampfturbine als unrationell. Dieser Nachteil ist jedoch, wie gleich gezeigt werden soll, nur ein scheinbarer. In Wirklichkeit fällt nicht der absolute Mehrverbrauch an Dampf ins Gewicht, sondern nur die zusätzliche Wärmemenge, die erforderlich ist, um gleichzeitig mit der Deckung des Heizdampfbedarfes auch den Kraftbedarf zu decken. Im übrigen lässt sich in verschiedenen Industrien, wo weniger auf hohen Druck, als vielmehr auf ein möglichst grosses Wärmequantum des Heizdampfes gesehen wird, der Gegen- oder Anzapfdruck herabsetzen, um bei entsprechender Erhöhung der Überhitzung das Druckgefälle zu vergrössern und den Dampfverbrauch pro Kilowattstunde entsprechend zu verbessern. Wo genügend Heizdampf vorhanden ist, um die benötigte Kraft abzugeben, ist auch von einer besonders starken Überhitzung abzuraten.



**600 KW Anzapfturbine mit Drehstrom-Generator, 3120 U. p. M.,
für eine maximale Dampfentnahme von 1000 Kg/Std. bei 3 Atm. abs.**

Poensgen & Co., Papierfabrik, Kieppemühle.



**500 KW Anzapfturbine mit Drehstrom-Generator, 3000 U. p. M.,
für eine maximale Dampfentnahme von 2500 Kg/Std. bei 2,5 Atm. abs.**

Arnstädter Cellulose- und Papierfabrik, G. m. b. H., Arnstadt.

Um die Wirtschaftlichkeit einer Dampfmaschine zu prüfen und ihren thermodynamischen Wirkungsgrad demjenigen anderer Maschinen gegenüberzustellen, vergleicht man den wirklichen Dampfverbrauch mit demjenigen einer vollkommenen Maschine mit gleichem Anfangs- und Enddruck, resp. gleichen Temperaturen. Dabei setzt man gewöhnlich voraus, dass Ein- und Austritt des Dampfes in der vollkommenen Maschine bei konstantem Druck erfolgen und die Expansion adiabatisch verläuft. Die Wärmemenge, welche durch adiabatische Expansion eines kg Dampf von einer bestimmten Anfangsspannung und -Temperatur auf eine gewisse Endspannung und -Temperatur frei wird, kann man direkt aus dem Mollier-Diagramm ablesen. Da bei der adiabatischen Expansion weder Wärme zu- noch abgeführt wird, so verläuft in diesem extremen Falle der Prozess zwischen Anfangsspannung und Gegendruck in einer vertikalen Geraden. Würde dagegen der Dampf unter Ausschluss von Wärmestrahlung oder Wärmeleitung, ohne äussere Arbeit zu leisten, bis auf den Gegendruck entspannt, so zeichnete sich der Vorgang im Mollier-Diagramm als horizontale Gerade ab.

Die Expansion in der wirklichen Maschine vollzieht sich zwischen diesen beiden Grenzfällen. Ein grosser Teil der in Arbeit umgesetzten Wärme des Dampfes geht nun aus verschiedenen Gründen (Schaufelreibung, Ventilationsarbeit etc.) bei Kondensationsmaschinen unausgenutzt verloren, während bei kombiniertem Heiz- und Kraftbetrieb der gesamte Aufwand als Wärme in der Heizungsanlage wieder zur Geltung kommt. Im Mollier-Diagramm stellt sich der Vorgang so dar, dass der Endpunkt der wirklichen Expansion zwar auf derselben Druckkurve wie derjenige der adiabatischen Expansion liegt, aber höhere Temperatur und höheren spezifischen Wärmegehalt aufweist, während das verfügbare Wärmegefälle niedriger wird.

Nach dem Gesagten leuchtet ein, dass der gemischte Betrieb dann ganz

besonders vorteilhaft sein muss, wenn die gesamte für Heiz- und Kochzwecke benötigte Dampfmenge bei gegebenen Druckverhältnissen in der Kraftmaschine zur Arbeitsleistung herangezogen werden kann. In diesem Falle ist lediglich ein gewisser Mehraufwand an Dampf zu bestreiten, der sich daraus ergibt, dass, wie oben erwähnt, 1 kg hochgespannten Dampfes ein geringeres Arbeitsvermögen hat als 1 kg niedriggespannten Dampfes.

Wenn die zu Fabrikationszwecken benötigte Dampfmenge für den Kraftbedarf nicht ausreicht oder in weiten Grenzen schwankt, so empfiehlt es sich immer noch, sie auf hohen Druck zu bringen und in der Maschine einen Teil ihrer Wärmeenergie auf dem Wege der Expansion in mechanische Arbeit überzuführen, bevor man sie bei dem zu Heizzwecken benötigten Drucke abzapft, während der übrige Dampf in der Maschine weiter expandiert, um schliesslich über einen Kondensator den Kesseln wieder zugeführt zu werden.

Bevor die diesen beiden Fällen entsprechenden Spezialkonstruktionen der Gegendruck- und Anzapftype beschrieben werden, sei noch auf die besonderen Vorteile hingewiesen, welche die Verwendung der Dampfturbine gegenüber derjenigen von Kolbenmaschinen bietet.

II. KOLBENMASCHINE ODER DAMPFTURBINE ?

Wenn man absieht von den zahlreichen Betrieben, wo die Lieferung eines absolut ölfreien Kondensates eine *conditio sine qua non* darstellt, durch welche die Konkurrenz der Kolbenmaschine von vornherein ausgeschlossen wird, so lassen sich die Vorteile des kombinierten Heiz- und Kraftdampfbetriebes ebenso für die Kolbendampfmaschine wie für die Dampfturbine ins Feld führen. Bei Leistungen über 350 Kilowatt gibt man jedoch der Dampfturbine mehr und mehr den Vorzug und das aus folgenden Gründen:

1) Überall dort, wo im Interesse der Wirtschaftlichkeit und Übersichtlichkeit der Fabrikanlage die elektrische Kraftübertragung und elektromotorischer Antrieb demjenigen von Transmissionen vorgezogen wird, verwendet man mit Vorliebe Turbinen, da sie sich vermöge ihrer hohen Umdrehungszahlen zur direkten Kupplung mit schnelllaufenden, d. h. billigen Dynamomaschinen besonders eignen.

2) Dampfturbinen können anstandslos mit sehr stark überhitztem Dampf arbeiten, was man von Kolbenmaschinen nicht sagen kann. Der Dampf verlässt aus den oben angeführten Gründen die Turbine mit einem viel höheren Wärmewert als bei Kolbenmaschinen. Der Heizdampf der Dampfturbine ist meist noch so stark überhitzt, dass Kondensationsverluste selbst bei so weitverzweigten Rohrleitungen, wie sie in den in Frage stehenden Industrien (Papierfabriken, Zuckerraffinerien, Färbereien, Appreturanstalten usw.) vorkommen, vermieden werden. Da auch die durch Schaufelreibung zeitweilig gebundene Wärme in der Heizanlage wieder zur Geltung kommt, so geht bei Verwendung von Spezialturbinen nur ein ganz unbedeutender Teil der Erzeugungswärme verloren. Was mechanisch nicht ausgenutzt wird, kommt der Heizung zu gute.

Dies trifft bei Kolbenmaschinen lange nicht im gleichen Umfange zu. Der in der verschiedenen Arbeitsweise des Dampfes in Kolben- und Turbomaschinen begründete Unterschied im Wärmegehalt kann bis zu 30 Wärmeeinheiten pro kg betragen.

3) Infolge der Reinheit des Dampfturbinenabdampfes ist jegliche Entölungsvorrichtung überflüssig, während bei Kolbendampfmaschinen ein einigermaßen ölfreier Dampf nur mit geringer Überhitzung verträglich ist, weil er nur in nassem Zustande richtig entölt werden kann. Andererseits verlangen gerade bei grösserer Überhitzung Zylinder und Steuerung der Kolbenmaschine eine besonders reichliche Schmierung.

4) Zu Gunsten der Dampfturbine muss ferner ihre grössere Anpassungsfähigkeit an die Bedürfnisse des gemischten Betriebes ins Feld geführt werden. Bei allen vorkommenden Gegendrücken arbeiten die Spezialturbinen, Bauart Brown-Boveri, durchaus anstandslos. Ihre Regulierung bietet auch bei stark wechselnden Belastungen keine Schwierigkeiten, während Kolbenmaschinen bekanntlich schon bei mittleren Füllungen Schleifen im Dampfdiagramm aufweisen. Anzapfturbinen gestatten eine Wahl des Entnahmedruckes in sehr weiten Grenzen, während man bei Kolbenmaschinen auf höchstens 2 Atm. Überdruck gehen kann. Dieser Druck ist für viele Anlagen ungenügend und schliesst die Anwendung von Kolbenmaschinen in denselben aus. Anzapfturbinen kann man im Verhältnis zum Dampfverbrauch der Turbine stark schwankende und sehr hohe Dampfmen gen (bis zum Dreifachen der Kraftdampfmenge) entnehmen, während bei Kolbendampfmaschinen kaum mehr als der anderthalbfache Betrag des eigenen Dampfkonsums abgezapft werden darf, ohne Schleifen im Dampfdiagramm, Abklappen der Schieber, Wasserschläge und dergl. befürchten zu müssen.

Schliesslich sei noch auf die bekannten Vorteile der Dampfturbinen, Bauart Brown-Boveri, hingewiesen, als da sind:

Absolute **Betriebssicherheit** infolge ihrer einfachen Konstruktion und der geringen Anzahl von Reibungsstellen.

Grosse **Dauerhaftigkeit**, da wegen der geringen Dampfgeschwindigkeit die Schaufeln sich nicht abnützen und infolge der grossen Schaufelzahl die Beanspruchung in niedrigen Grenzen bleibt.

Geringe **Unkosten** für **Wartung, Bedienung** und **Schmiermaterial**, da wenig Schmierstellen, leicht zugänglich und übersichtlich angeordnet.

Geringer **Raumbedarf**, leichte **Fundamente**, einfache **Montage**.

Niedrige **Instandhaltungs-** und **Reparaturkosten**, leichte **Revision**.



III. BESCHREIBUNG DER SPEZIALTURBINEN, BAUART BROWN-BOVERI, FÜR GEMISCHTEN HEIZ- UND KRAFTDAMPFBETRIEB.

Bei gemischtem Heiz- und Kraftdampfbetrieb lassen sich je nach dem Verhältnis, in dem die für Heizzwecke benötigten Dampfmengen zu den für Kraftzwecke benötigten stehen, zwei Fälle unterscheiden.

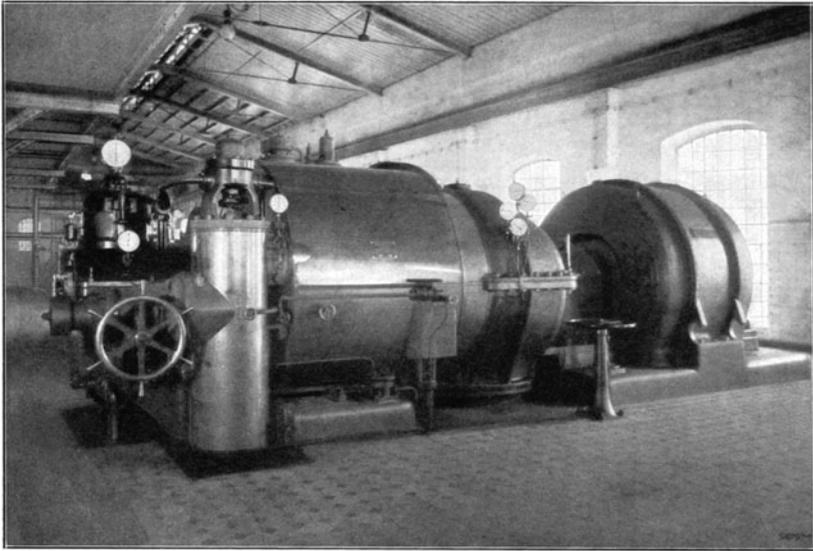
1) Der Bedarf an Wärme wird durch den Abdampf der Kraftmaschine vollständig oder annähernd gedeckt. Die von der Turbine erzeugte Energie wird in annähernd gleichem Verhältnis verbraucht, wie die von der Turbine gelieferte Heizdampfmenge.

2) Die für Heizzwecke benötigte Dampfmenge schwankt in weiten Grenzen und steht in keinem bestimmten Verhältnis zu der für Kraftzwecke benötigten Wärme.

Im ersten Falle empfiehlt sich die Anwendung von Gegendruckturbinen, im zweiten von Anzapfturbinen.

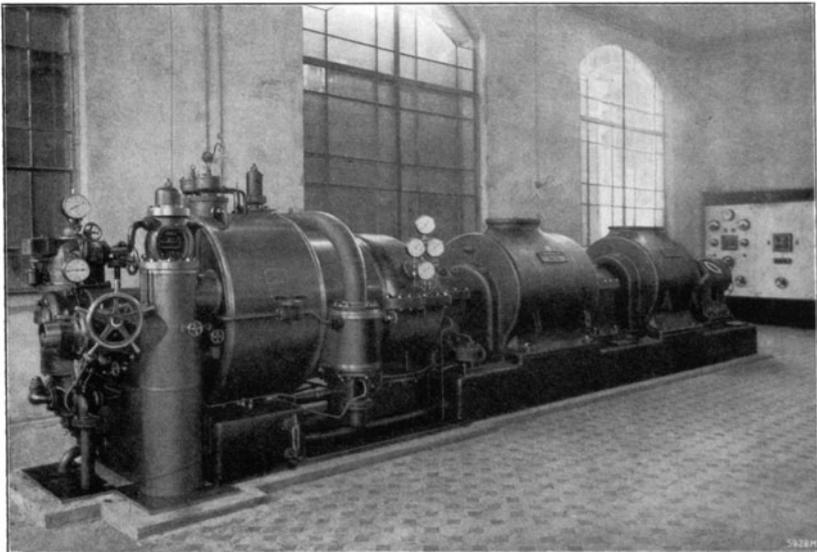
A. Die Gegendruckturbine, Bauart Brown-Boveri-Parsons.

Der einfachste und wirtschaftlich günstigste Fall, der sich bei kombiniertem Betrieb präsentiert, ist derjenige, wo gerade soviel Energie dem Dampf entnommen werden kann, bevor er zur Heizung verwandt wird, als für Betriebszwecke nötig ist. Es lassen sich, wie an Ausführungen leicht nachzuweisen, mit den diesem Falle entsprechenden Gegendruckturbinen Wirkungsgrade bis zu



**2500 KW Anzapfturbine mit Drehstrom-Generator, 1500 U. p. M.,
für eine maximale Dampfentnahme von 12000 Kg/Std. bei 2,5 Atm. abs.**

Elektro-Chemische Werke A.-G., Ammendorf.



**Anzapfturbine mit 400 KW Drehstrom- und 400 KW Gleichstrom-Generator,
3000 U. p. M., maximale Dampfentnahme 11500 Kg Std. bei 3 Atm. abs.**

Gewerkschaft Niedersachsen, Wathlingen.

74 % erzielen, d. h. bei bestimmtem Druckgefälle und gegebener Anfangstemperatur lassen bis zu 74 % der bei adiabatischer Expansion sich ergebenden Wärmemengen in mechanische, bis zu 70 % in elektrische Energie umsetzen. Nun wird freilich nicht häufig der Fall eintreten, dass in einer Anlage der Heiz- und Kraftdampfbedarf sich so glücklich ergänzen, dass mit einer Gegendruckturbinenanlage allein alle Ansprüche an Energiebeschaffung und Heizung befriedigt werden können. Es ist deshalb in den meisten Fällen daneben entweder noch eine besondere Kraftmaschine oder eine Niederdruckkesselanlage bzw. eine Einrichtung vorzusehen, mittelst deren Dampf direkt aus den Hochdruckkesseln entnommen werden kann.

Den verschiedenen Anforderungen, die praktisch an Gegendruckturbinen gestellt zu werden pflegen, hat die Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. durch Ausbildung zweier Maschinen-Typen Rechnung getragen, die im folgenden beschrieben werden sollen:

1. Die Parsons-Gegendruckturbinen, Bauart Brown-Boveri.

Wie aus der umstehenden Zeichnung ersichtlich ist, unterscheidet sich die Bauart der Parsons-Gegendruckturbinen von derjenigen der normalen Kondensationsturbinen (vgl. Broschüre 383 D) durch den Wegfall der Niederdruckstufe und die Ersetzung des Aktionsrades durch eine Trommel mit Parsons-Beschaukelung.

Der verhältnismässig kurze Zylinder der Parsons-Gegendruckturbinen weist nur geringe Variationen im Durchmesser auf. Im Zusammenhang mit einer vollständig symmetrischen Anordnung ist bei dieser Bauart eine durchaus gleichmässige Erwärmung sämtlicher Teile gewährleistet. Die in Nuten in die Wand des Zylinders eingesetzten Leitschaukeln aus Stahl bzw. Spezialbronze werden durch Passtücke in Distanz gehalten.

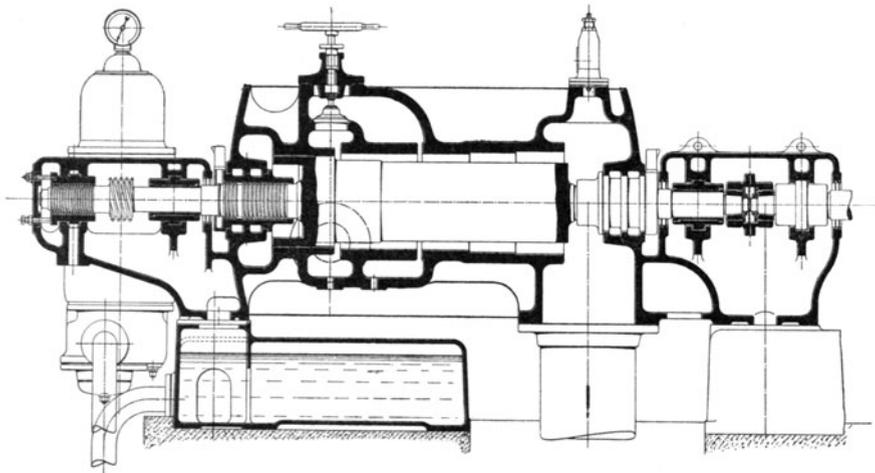


Fig. 1. Schnitt durch eine Parsons-Gegendruck-Turbine, Bauart Brown-Boveri.

Die Laufspindel oder Trommel aus Stahl ist so konstruiert, dass sich die an ihrem Umfang wirksame Temperatur leicht nach innen mitteilt.

Die Laufschaufeln aus Stahl bezw. Spezialbronze werden durch Nasen in den für die Laufschaufelkränze vorgesehenen Rillen festgehalten. Die Schaufelenden werden durch einen Bimetalldraht verlötet. Anordnung, Konstruktion

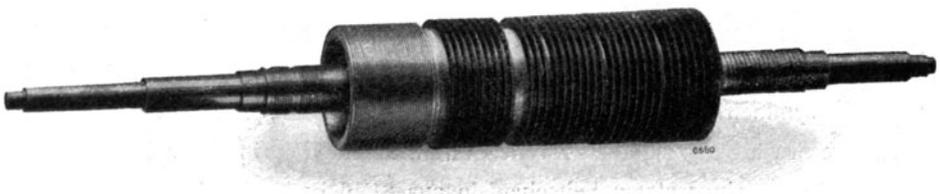


Fig. 2. Laufspindel einer Parsons-Gegendruck-Turbine.

und Zahl der Schaufeln sind so bemessen, dass sie eine mehr als zehnfache Sicherheit gegen Einwirkungen der Zentrifugalkraft aufweisen. Infolge der geringen Dampfgeschwindigkeiten, für die sie konstruiert sind, zeigen sie selbst nach jahrelangem Betriebe keinerlei Abnutzung. Die Lage der Laufspindel im Zylinder ist derartig, dass die an ihrem Umfange befindlichen Laufradkränze zwischen die feststehenden Leitschaufelkränze unter Wahrung eines gewissen radialen und axialen Abstandes hineinragen, sodass auf je einen Leitschaufelkranz ein Laufradkranz folgt. Dem sich stetig vergrößernden Dampfvolument entsprechend, wird der Querschnitt für den Durchgang des Dampfes gegen das Niederdruckende grösser. Sowohl die Entfernung zweier aufeinanderfolgender Schaufelreihen, also zwischen Leitschaufelkranz und Laufrad, wie auch der freie Spielraum in radialer Richtung ist so bemessen, dass ein Anstreifen ausgeschlossen ist.

Es ist dank der gleichmässigen Erwärmung, die durch die Bauart der Brown-Boveri-Parsons-Turbinen bedingt ist, durch das reichliche axiale und radiale

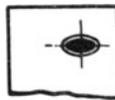
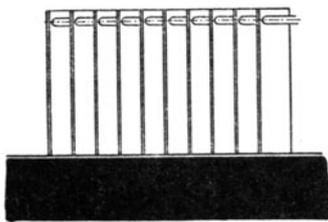


Fig. 3.
Laufschaukeln der Parsons-Trommel.

Schaufelspiel und die saubere Bearbeitung der vom Dampf durchströmten Teile, durch die Entfernung, in der die als starre Trommel ausgebildete Welle von der kritischen Umdrehungszahl bleibt, und durch die solide Konstruktion der Parsons-Beschaufelung für die denkbar grösste Betriebssicherheit bei dauernd günstigem Wirkungsgrad Sorge getragen.

Die Parsons-Gegendruckturbine ist, wie die übrigen Turbinentypen, Bauart Brown-Boveri, in zwei Lagern gebettet und durch eine Gelenkkupplung mit der Generatorwelle verbunden. Die Kupplung besitzt bei grossen Einheiten eine

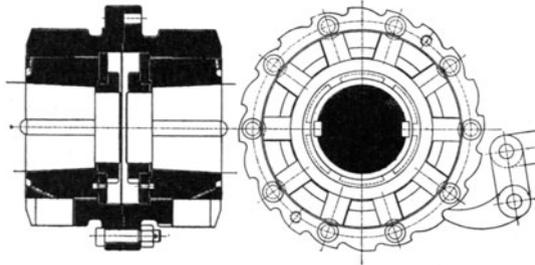


Fig. 4. Kupplung mit Schaltvorrichtung.

Schaltvorrichtung zur Erleichterung des Drehens der Turbinentrommel von Hand. Die Lagerschalen sind mit Weissmetall ausgegossen und reichlich dimensioniert.

Als ein bei Gegendruckturbinen besonders ins Gewicht fallender Vorzug muss die Tatsache bezeichnet werden, dass keinerlei Dichtungsvorrichtungen

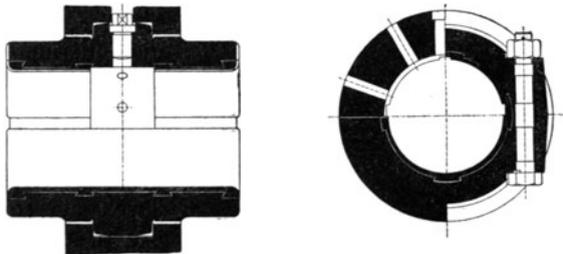


Fig. 5. Lagerschalen.

vorhanden sind, welche die Einführung von Schmiermaterial in das Innere der Turbine nötig machen. Die in Anwendung gebrachte Art der Labyrinthdichtung gestattet unter Vermeidung jeglicher Reibung metallischer Teile an ein-

ander ein gutes Abdichten der Welle bei voller Bewegungsfreiheit in axialer Richtung.

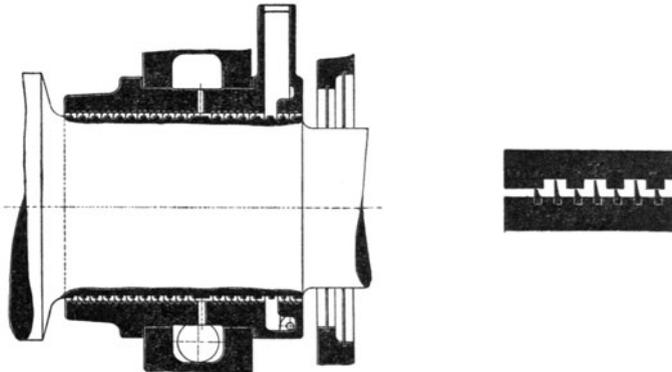


Fig. 6. Labyrinthdichtung.

Die Regulierung des Dampfeintrittes erfolgt durch eine Druckölsteuerung, nach Fig. 7, deren Kraftkolben direkt unter dem Einfluss des Drucköls der Zentralschmierung steht und den Vorteil bietet, dass die Turbine bei Versagen

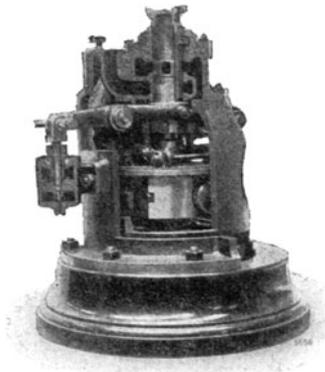


Fig. 7. Modell der Druckölsteuerung.

der Schmierung automatisch zum Stillstand gebracht wird. Die Steuerung ist auf dem Kammlagerdeckel der Turbine aufgebaut. Ihre Bauart und Wirkungsweise ist in Broschüre 383 D ausführlich beschrieben, sodass es überflüssig ist, hier näher darauf einzugehen.

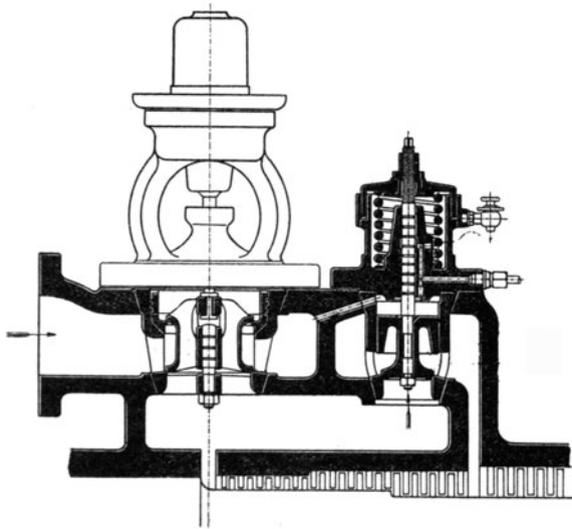
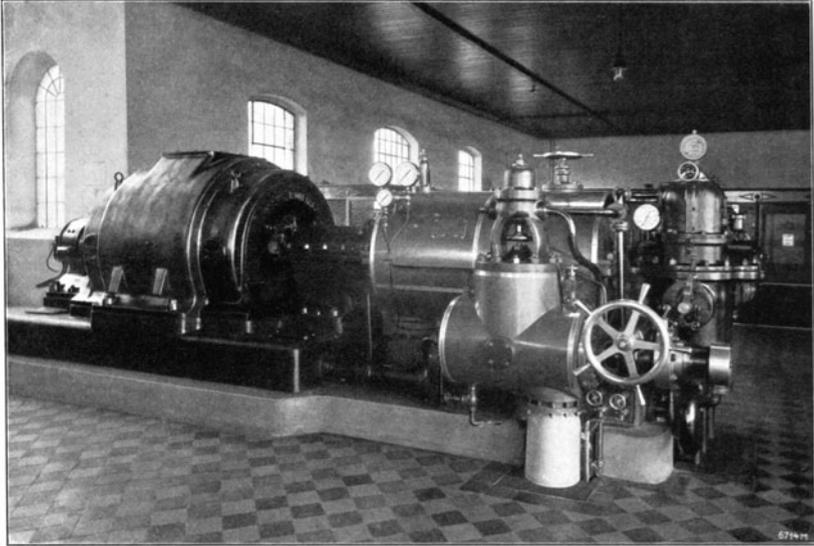
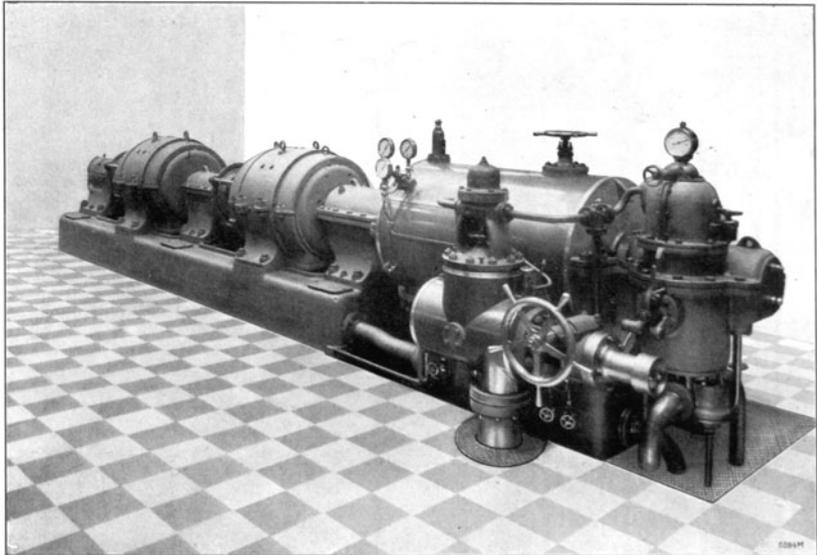


Fig. 8. Automatisches Überlastungsventil (schematische Darstellung).

Dagegen ist hier noch das bei der Parsons-Gegendruckturbine zur Anwendung gelangende Umlaufventil für Überlastung zu erwähnen. Wie aus der Abbildung hervorgeht, gibt das automatisch arbeitende Ventil dem Dampf die direkte Passage nach dem Niederdruckteil der Turbine frei, solange infolge der Überlastung im Hochdruckteil der Druck einen bestimmten, mittels Stellschraube und Feder einstellbaren Wert übersteigt.



1000 KW Parsons-Gegendruckturbine mit Drehstrom-Generator, 3000 U. p. M.
Admissionsdruck 9 Atm. Überdruck, Gegendruck 2,5 Atm. abs.
Braunschweigische Braunkohlenwerke Helmstedt, Grube Treue.



Parsons-Gegendruckturbine mit 2 Gleichstrom-Generatoren à 270 KW,
3000 U. p. M., Admissionsdruck 10 Atm. Überdruck, Gegendruck 4 Atm. abs.
Manufaktur der Gebr. Krestownikoff, Kasan.

2. Die Brown-Boveri-Aktions-Gegendruckturbine.

Seit einer Reihe von Jahren hat die Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Fällen, wo weniger auf niedrigen Dampfverbrauch bei Vollast, als vielmehr auf geringe Zunahme desselben bei Teillast, auf billige und doch absolut zuverlässige Konstruktion und geringen Raumbedarf abgestellt wurde, reine Aktions-

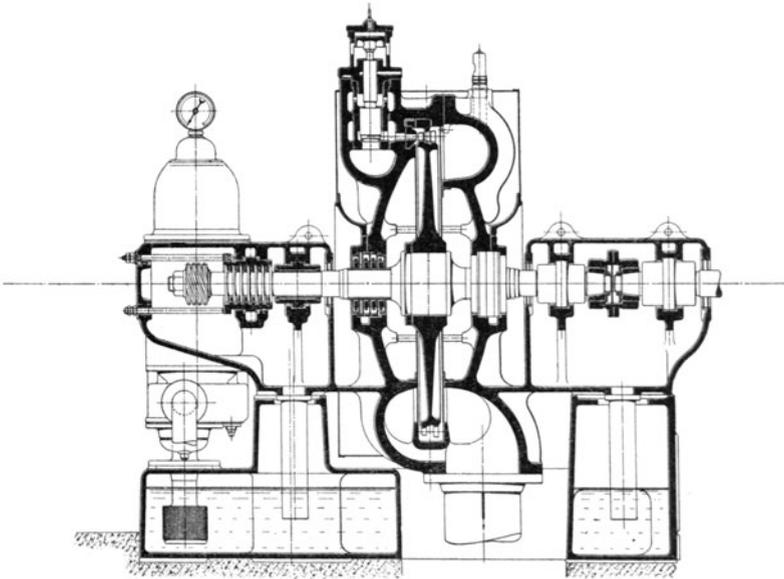


Fig. 9. Schnitt durch eine Aktions-Gegendruck-Turbine, Bauart Brown-Boveri.

turbinen empfohlen. Sie eignen sich sowohl zum Antrieb von Generatoren, als auch besonders von Kondensationsgruppen, Gassaugern, Gebläsen, Kompressoren, Pumpen usw. und finden hauptsächlich dort Verwendung, wo aus Betriebsgründen nur kleine Wärmegefälle zur Ausnutzung gelangen können.

Die Konstruktion des Rades der Brown-Boveri-Aktions-Gegendruckturbine geht aus der Schnittzeichnung, Fig. 10, hervor. Die aus Spezial-Stahl hergestellten Schaufeln sind in Rillen befestigt, welche in den Kranz der Laufscheibe eingedreht sind und durch Passtücke in Distanz gehalten werden. An der Stelle, wo das letzte Zwischenstück eingeführt wird, ist der Kranz in der Rille radial durchbohrt. Der verlängerte Fuss des Abschlusstückes wird durch die radiale Bohrung gesteckt und an der inneren Seite des Scheibenkranzes vernietet. Auf diese Weise wird eine einfache und durchaus zuverlässige Befestigung der Schaufeln erzielt.

Die Regulierung der Aktions-Gegendruckturbine erfolgt gleichfalls durch die oben erwähnte Druckkölsteuerung des Einlassventils und durch automatische Zusatzventile nach Fig. 12, die dazu dienen, auch bei Teilbelastungen den Dampfdruck völlig auszunutzen und unwirtschaftliche Drosselungen zu vermeiden.

Die Düsen bestehen, wie aus Fig. 11 hervorgeht, aus 3 Teilen: einem offenen, kammartigen Segment, dem zugehörigen Deckelstück und einem keilförmigen Passtück, das durch Stellschrauben so nach unten auf das Deckelstück gepresst wird, dass die Düsentteile nicht nur unter sich, sondern auch gegen den Dampfeinlass abgedichtet werden (siehe auch Fig. 12).

Wenn bei wachsender Belastung der Dampfdruck hinter dem Einlassventil steigt, gewähren die Zusatzventile automatisch dem Dampf Zutritt zu einem oder mehreren weiteren Düsensätzen. Dabei erfolgt das Öffnen und Schliessen in einer Weise, durch welche die Steuerung keineswegs störend beeinflusst wird. Die Arbeitsweise der Zusatzventile ist folgende (vgl. Fig. 12):

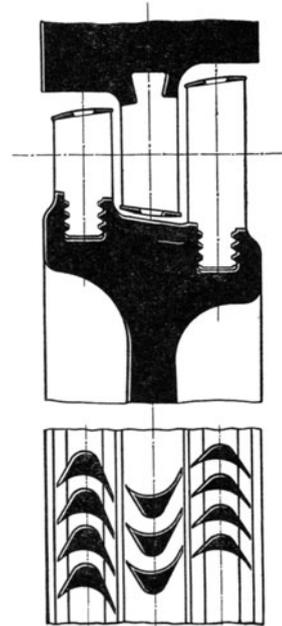


Fig. 10. Beschauelung eines Brown-Boveri-Aktionsrades.

Der in einer festen Büchse geführte Ventilkolben A wird durch den Druck des bei B zugelassenen Frischdampfes auf seinen Sitz gepresst, während auf seine untere Fläche D der durch das Dampfeinlassventil gedrosselte Dampf des Ringkanals C wirkt. Aus dem Kanal C strömt der Dampf auch durch die stets offene Düsengruppe (siehe auch Fig. 16—18).

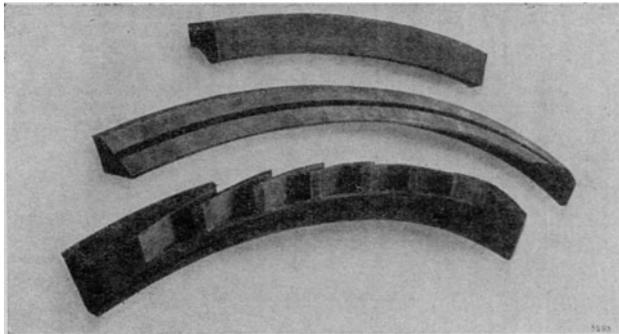


Fig. 11. Düsensegmente.

Sobald sich infolge steigender Belastung die Drosselung durch das Dampfeinlassventil verringert und der Druck in C sich demjenigen bei B nähert, wird der Ventilkolben gehoben, da die Fläche D etwas grösser ist als die Ringfläche E. Bei geschlossenem Ventil herrscht in dem Raum F wie in der Radkammer G der viel niedrigere Druck des durch die erste Düsengruppe expandierten Dampfes. Sowie sich das Ventil ein wenig hebt, stellt sich in F ein Druck ähnlich demjenigen in C ein, der dann auf die Fläche des Durchmessers H, welche grösser ist als die Fläche D, einwirkt und ein plötzliches vollständiges Anheben des automatischen Ventiles hervorruft, das durch den Pufferkolben J gedämpft wird.

Durch dieses Anheben wird dem Dampf in C der Zutritt zu einer weiteren Düsengruppe freigegeben, während das sehr empfindliche und exakt arbeitende Dampfeinlassventil den Druck in C der Belastung entsprechend reguliert.

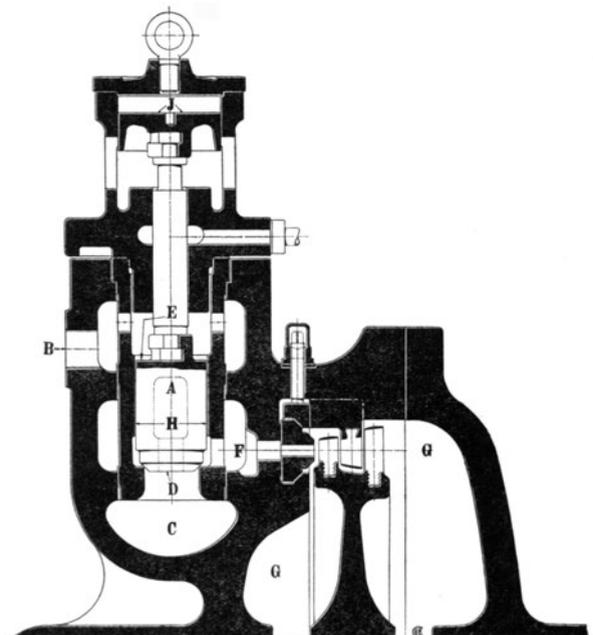


Fig. 12. Zusatzventil.

Diese Regulierungsweise bewirkt, dass dauernd in allen Düsen derselbe Dampfdruck herrscht, und die aus den verschiedenen Düsengruppen austretenden Dampfstrahlen die Aktionsbeschaufelung mit genau gleicher Geschwindigkeitsbeaufschlagung.

Die sonst üblichen Düsenregulierungen mit individueller Drosselung der Düsenzuschaltventile haben den Nachteil, dass die Düsen oder Düsengruppen

mit verschiedenem Druckgefälle arbeiten, sodass die Geschwindigkeiten, mit welchen die Dampfstrahlen auf das Aktionsrad treffen, nicht dieselben sind. Hierdurch werden verlustbringende Wirbelungen in der Dampfströmung hervorgerufen. Durch obige Regulierung werden solche Störungen und Verluste vermieden.

B. Die Anzapfturbine, Bauart Brown-Boveri-Parsons.

Steht die für Heizzwecke benötigte Dampfmenge nicht in einem bestimmten Verhältnis zum Kraftbedarf oder kann die Abwärme der Dampfturbine nicht voll in der Heizanlage ausgenutzt werden, so ist es wirtschaftlicher, die Dampfturbine auf Kondensation arbeiten zu lassen und das gerade benötigte Quantum

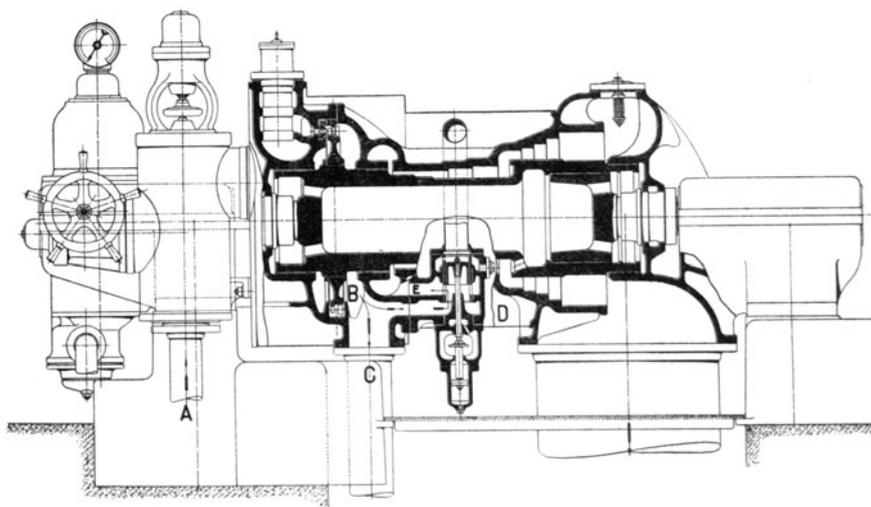


Fig. 13. Schnitt durch eine kombinierte Anzapfturbine, Bauart Brown-Boveri-Parsons.

Heizdampf bei dem gewünschten Druck durch eine Anzapfung aus der Turbine zu entnehmen.

In normaler Ausführung wird die Anzapfturbine, Bauart Brown-Boveri-Parsons, wie eine kombinierte Kondensationsturbine mit Aktionsrad im Hochdruckteil und Parsonsbeschaufelung im Niederdruckteil ausgestattet. Sie vereinigt durch diese Bauart in sich die Vorzüge der kombinierten Turbine, nämlich bei kurzer Baulänge und geringem Raumbedarf hohe Widerstandsfähigkeit und überlegene Wirtschaftlichkeit. Das auf das vordere Ende der

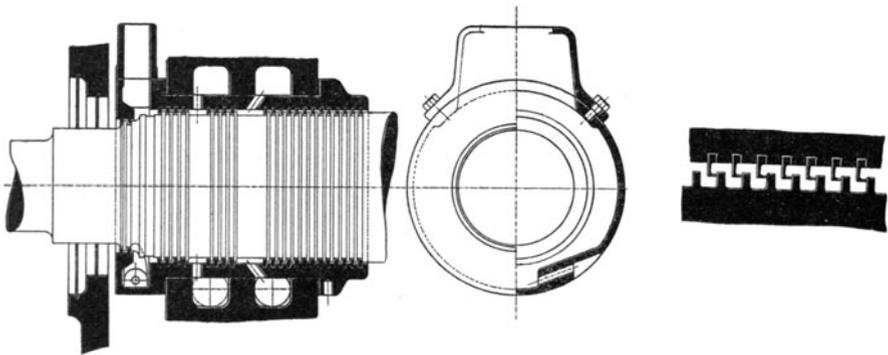
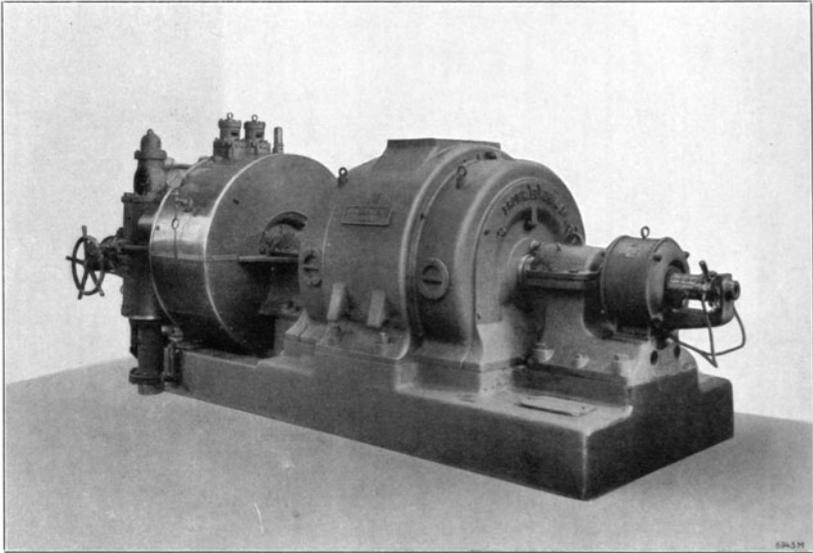


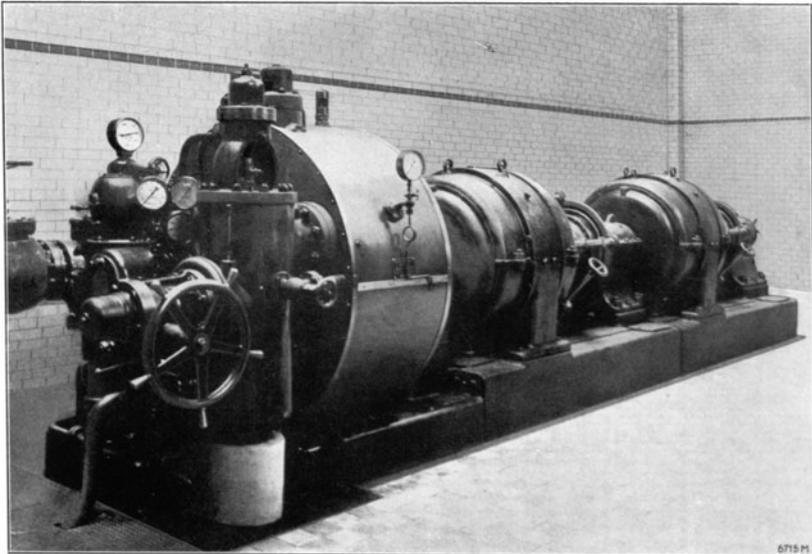
Fig. 14. Labyrinthdichtung zwischen Hoch- und Niederdruckteil.

Turbinentrommel aufgesetzte Aktionsrad bildet mit diesem zusammen einen starren Laufapparat mit kurzer Lagerentfernung und reichlichem Spielraum. Dadurch werden kritische Umlaufzahlen vermieden und ein Anstreifen der Laufschaufeln am Zylinder infolge Verbiegens oder Vibrierens der Welle ist ausgeschlossen.

Der Niederdruckteil der kombinierten Anzapfturbine ist vom Hochdruckteil (Aktionsrad) durch eine Labyrinthdichtung nach Fig. 14 getrennt. Die Konstruktion der kombinierten Anzapfturbine geht aus der Schnittzeichnung hervor.



550 KW Aktions-Gegendruckturbine mit Drehstrom-Generator, 3000 U. p. M.
Admissionsdruck 11 Atm. Überdruck, Gegendruck 3,3 Atm. abs.
Bleichertsche Braunkohlenwerke A.-G., Neukirchen-Wyhra.



Aktions-Gegendruckturbine mit 2 Gleichstrom-Generatoren à 200 KW,
2700 U. p. M., Admissionsdruck 15,5 Atm. Überdruck, Gegendruck 4,5 Atm. abs.
Chemische Fabrik auf Aktien vorm. E. Schering, Charlottenburg.

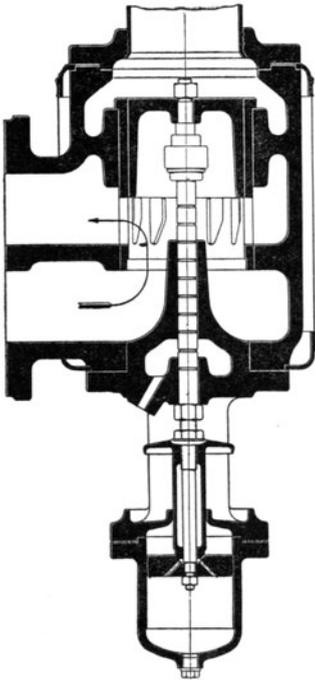


Fig. 15.
Automatisches Überström-Ventil.

Bezüglich des allgemeinen Aufbaues sei auf die Beschreibung der normalen kombinierten Kondensations-Dampfturbine, Bauart Brown-Boveri-Parsons, in Broschüre 383 D verwiesen.

Entnahme: Die Entnahme des Heizdampfes erfolgt hinter dem Aktionsrad, dessen Druckgefälle so gewählt ist, dass der Dampf in den Düsen bis auf die Heizdampfspannung expandiert.

Zur Konstanthaltung des Druckes in der Heizdampfleitung bei Änderungen der Belastung und der entnommenen Heizdampfmenge dient das in Fig. 15 dargestellte Kolbenventil. Während von unten der Druck der Anzapfstelle auf den Kolben des Ventiles einwirkt und denselben nach oben zu drücken sucht, wodurch die Passage des Dampfes nach dem Niederdruckteil freigegeben würde, wirkt, durch ein kleines Reduzierventil konstant gehalten, Dampf unter Druck im entgegengesetzten Sinne auf Schlies-

sen des Überströmventils und lässt bei sinkendem Druck an der Anzapfstelle, verursacht durch starken Heizdampfverbrauch, weniger Dampf nach der Niederdruckseite der Turbine überströmen. Das im übrigen automatisch arbeitende Überströmventil kann vermittelt des Reduzierventils von Hand je nach den besonderen Bedürfnissen der Fabrikation in gewissen Grenzen für einen bestimmten Anzapfdruck einreguliert werden, bei 4 Atm. z. B. um je $\frac{1}{2}$ Atm. nach oben und unten. Dadurch wird in gewissen Grenzen eine nachträgliche

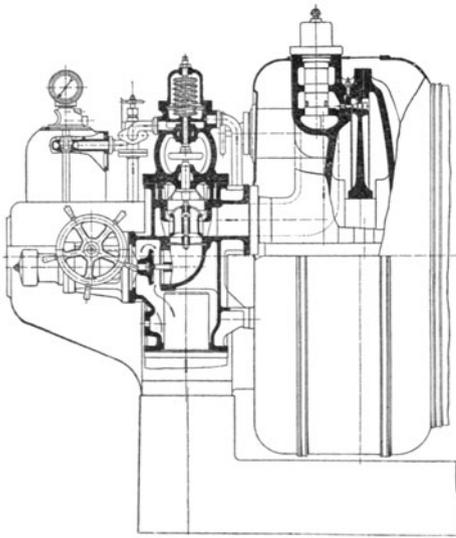


Fig. 16. Von der Seite.

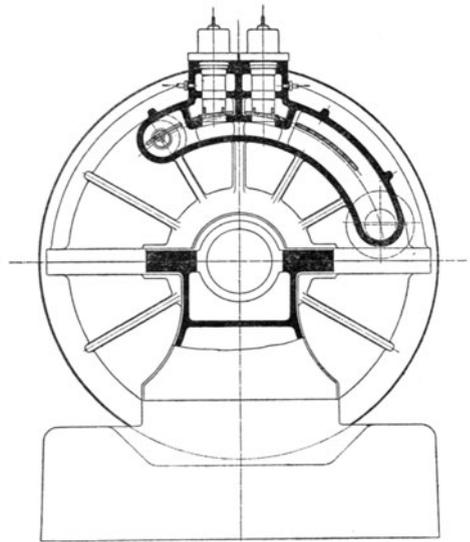


Fig. 17. Von vorn.

Fig. 16—18. Düsenbogen mit Zusatzventilen.

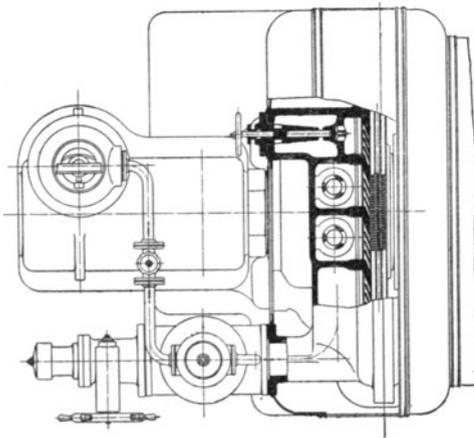


Fig. 18. Von oben.

Anpassung der Turbine an Betriebsverhältnisse ermöglicht, die bei Aufgabe der Bestellung noch nicht festlagen. Gewöhnlich werden zwei Überströmventile an der Anzapfturbine angebracht. Um zu verhindern, dass Heizedampf aus irgendwelchen Gründen in die Turbine zurückströmt, ist in der Heizedampfleitung ein Rückschlagventil vorgesehen.

IV. DIE WICHTIGSTEN ANWENDUNGSGEBIETE DER SPEZIALTURBINEN FÜR GEMISCHTEN HEIZ- UND KRAFTDAMPFBETRIEB.

1. Der gemischte Heiz- und Kraftdampfbetrieb in der Zuckerindustrie.

Im allgemeinen reicht der Abdampf der in Zuckerfabriken Verwendung findenden Kraftmaschinen nicht aus, um den starken Bedarf an Koch- und Heizdampf zu decken, der hier vorliegt. Wegen der grossen in Frage kommenden Dampfvolumina und der verhältnismässig konstanten Abdampfverwertung finden fast ausschliesslich reine Gegendruckturbinen Verwendung. Dieselben arbeiten je nach Art der Ausnutzung des Abdampfes mit Gegendrücken von 1,2 bis 5,5 Atm. abs.

Da in vielen Zuckerfabriken direkter Dampf zu den verschiedensten Zwecken benötigt wird, so ist seine Ölfreiheit eine ganz wesentliche Voraussetzung für die gedeihliche Anwendung des gemischten Kraft- und Heizdampfbetriebes. Es genügt, hier nochmals darauf hinzuweisen, dass die Dampfturbine in dieser Hinsicht gegenüber der Kolbenmaschine einen entschiedenen Vorzug aufweist.

Die Kampagne in der Zuckerindustrie dauert nur 60—90 Tage. Es muss deshalb im Hinblick auf Amortisation und Verzinsung des in den Maschinen angelegten Kapitals auf möglichst niedrige Anlagekosten abgestellt werden. Es dürfte ohne weiteres einleuchten, dass auch in dieser Hinsicht kaum ein geeigneteres Betriebsmittel als die Gegendruckturbine zu finden ist, bei der die hohen Kosten der Kondensationsanlage wegfallen.

2. Der gemischte Heiz- und Kraftdampfbetrieb in Cellulose- und Papierfabriken.

In Bezug auf Heizdampfverwertung nehmen die reinen Cellulosefabriken gegenüber den Cellulose- und Papierfabriken und den Papierfabriken eine Sonderstellung insofern ein, als ihr Kraft- und Heizdampfbedarf ungefähr proportional verläuft, und in der Regel der gesamte Abdampf der Kraftmaschinen ausgenutzt werden kann. Es gelangen deshalb in Cellulosefabriken vorwiegend Gegendruckturbinen zur Verwendung. Wo die zur Anwendung gelangenden Drücke die für den Abdampfbetrieb wirtschaftliche Höhe überschreiten, wird Frischdampf zum Kochen verwendet oder eine Turbine mit Zwischendampfentnahme vorgesehen.

Im Gegensatz zu den in Cellulosefabriken obwaltenden Verhältnissen variieren die in Papierfabriken benötigten Heizdampfmengen ganz erheblich bei gleichbleibendem Kraftdampfbedarf und umgekehrt. Da zudem der Heizdampfbedarf im Verhältnis zum Dampfverbrauch für Kraftzwecke sehr erheblich ist, werden mit Vorliebe Anzapfturbinen verwendet. Der Anzapfdruck bleibt verhältnismässig konstant. Wie in Papierfabriken, so werden auch in Fabriken, die sowohl Holzstoff wie Papier herstellen, meist Anzapfturbinen aufgestellt.

Die oben bezüglich der Ölfreiheit des direkten Dampfes der Turbinen gemachten Bemerkungen treffen in vollem Umfange auf Cellulose-Fabriken zu. Auch in ihnen wird grosser Wert auf ölfreien Dampf gelegt.

3. Der gemischte Heiz- und Kraftdampfbetrieb in der Textilindustrie.

Fast alle Zweige der Textilindustrie, Webereien, Färbereien, Appreturanstalten, Bleichereien und Zeugdruckereien, haben starken Bedarf an Heizdampf. Für die reine Gegendruckturbine ist jedoch die Möglichkeit der Verwendung in dieser Industrie ziemlich beschränkt. In der Appretur und

Färberei ist der Heizdampfverbrauch starken und plötzlich eintretenden Schwankungen unterworfen, wogegen sich der Kraftdampfbedarf entfernt nicht im gleichen Verhältnis wie der Bedarf an Heizdampf ändert. Auch decken sich speziell in Färbereien die Zeiten der Nachfrage nach Heiz- und Kraftdampf nicht immer. Gegendruckturbinen sind in diesen Betrieben nur dann mit Vorteil zu verwenden, wenn eine weitere Kraftmaschine oder Anschluss an eine Kraftzentrale vorhanden ist, welche bei Abnahme des Heizdampfverbrauches und damit der Turbinenleistung die fehlende Kraft zu ersetzen im Stande ist. Oft wird man allerdings eine Anzapfturbine solchen Doppelanlagen vorziehen.

In grossen Webereien und Zeugdruckereien, wo der Heizdampfbedarf für die Schlichtmaschinentrommeln bezw. die Druckzylinder sich in ähnlichem Verhältnis wie der Kraftbedarf für den Antrieb dieser Maschinen ändert, empfiehlt sich unter Umständen die Aufstellung von Gegendruckturbinen. Die Schlichtmaschinen, deren eine grössere Weberei 6—8 und mehr besitzt, werden mit Dampf von 2 — höchstens 3 — Atm. abs. Spannung geheizt und arbeiten ziemlich gleichmässig. Ähnliches gilt von den Zeugdruckpressen. In Webereien wird auch viel Warmwasser zum Bereiten der Schlichte, zum Waschen und Putzen, Heizdampf für die Schlichtmaschinen, zum Erzeugen von Heissluft für die Trockenvorrichtung, zum Heizen der Walzentrockenmaschinen, zum Anfeuchten des Gewebes benötigt. Da der Kraftdampfbedarf dieser Maschinen nicht immer mit dem Heizdampfbedarf gleichen Schritt hält, häufig auch den Webereien noch Abteilungen für Färberei, Bleicherei und Appretur angegliedert sind, die einen stark schwankenden Heizdampfbedarf haben, so wird auch in diesen Betrieben der Anzapfturbine, die sich leichter den variablen Betriebsverhältnissen anpasst, öfters der Vorzug gegeben.

In Appreturanstalten werden grosse Mengen Dampf von 2—3 Atm. abs. Spannung zum Trocknen der Gewebe und zum Glätten derselben in mit Dampf

geheizten Pressen oder in Kalandern gebraucht. Endlich wird Wärme in Form von Dampf oder warmer Luft beim Bleichen, Walken, Dekatieren und Trocknen verwendet.

In Spinnereien wird Dampf nur zur Luftheizung und Luftbefeuchtung herangezogen, dagegen benötigen Färbereien grosse Mengen Abdampf zur Warmwasserbereitung für die Wollwäscherei und zum Trocknen der gewaschenen Wolle. Färbkufen werden durch Rohrschlangen oder direkten Dampf geheizt, in welchem letzterem Fall wieder die Vorteile des ölfreien Turbinendampfes zur Geltung kommen. Der Druck des Heizrampfes schwankt in den Färbereien zwischen 2 und 4 Atm. abs.