

Der neuzeitliche Maschinenbau

Ein Handbuch
zum Studium und zum Nachschlagen
von
Oberingenieur Curt Hanfland

Band 1



Leipzig

Verlag der Literaturwerte „Minerva“
R. Max Lippold

Läßt man einen Dampfstrahl aus einer Düse austreten, so wird der die Düsenmündung umgebenden Flüssigkeit eine lebendige Kraft erteilt und die Flüssigkeit in Bewegung gesetzt. Die Dampfstrahlpumpen beruhen also darauf, daß ein Dampf- oder auch ein Wasserstrahl, der

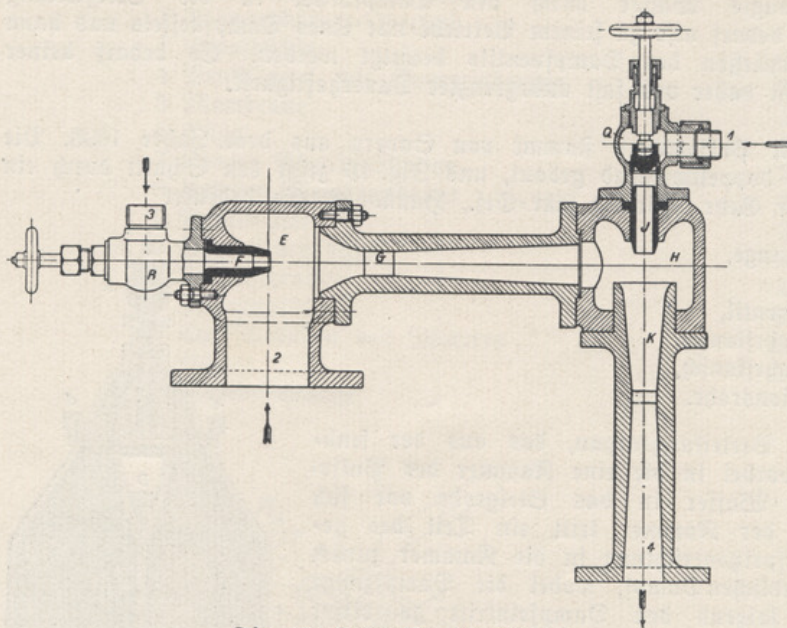


Fig. 17. Dampfstrahlluftsauger.

durch eine andere Flüssigkeit strömt, die ihm zunächst liegenden Teile derselben mitreißt. Hierdurch würde ein Vakuum um ihn entstehen, wenn nicht sofort neue Flüssigkeit aus der weiteren Umgebung nachströmen würde. Der Strahl und die Flüssigkeit vermischen sich und strömen gemeinsam weiter. Wird nun, wie es bei den Dampfstrahlapparaten der Fall ist, ein Dampfstrahl durch eine kühlere Flüssigkeit geleitet, so kondensiert sich der Dampf bei der Vermischung, und das Ansaugen ist um so intensiver, je vollständiger die Kondensation ist. Man teilt die Dampfstrahlmaschinen ein in:

Ejektoren, die das Wasser aus den Brunnen oder Baugruben heben, und

Injektoren, in denen das Wasser durch den Dampfstrahl weiterbefördert, beispielsweise in einen Dampfkessel gedrückt wird, um denselben zu speisen.

Die letzteren finden allgemein Verwendung an fahrbaren Dampfmaschinen, wie Lokomotiven, Lokomobilen, Dampfpflügen usw. als eine der gesetzlich vorgeschriebenen beiden Kesselspeiseeinrichtungen. Auch zur Förderung von Luft werden Dampfstrahlluftsauger benutzt. Den Schnitt durch einen Dampfstrahlluftsauger der Brown, Boveri & Co., zeigt Fig. 17. Es bedeutet:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1 den Dampfeintritt, | J die Dampfduße, |
| 2 den Lufteintritt, | F die Luftduße, |
| 3 den Lufteintritt aus der Atmosphäre, | H die Dampf- und Luftkammer, |
| 4 Austritt des Dampf- und Luftgemisches, | K die Dampf- und Luftauffangduße, |
| R den Lufthahn, | Q den Dampf- und Lufthahn. |
| G die Luftauffangduße, | |

Die Wirkungsweise ist folgende:

Dieser Dampfstrahlluftsauger dient zum Absaugen der Luft aus dem Kondensator einer Dampfkraftanlage. Der zuströmende Dampf strömt durch das Einlaßventil Q in die Beaufschlagungsduße J, indem er die aus dem Kondensator durch den Stutzen 2 durch die Luftduße F zufließende Luft in der Kammer H mit sich reißt, um sie in der Auffangduße K zu verdichten. In dem sich allmählich erweiternden Endstück dieser Düse erfolgt die Umwandlung von Geschwindigkeitsenergie in Druckenergie, wobei das Dampf- und Luftgemisch wieder Atmosphärendruck erreicht.

Soll nun eine besonders hohe Luftleere im Kondensator stattfinden, d. h. eine große Saugwirkung ausgeübt werden, so ist noch folgende Einrichtung getroffen: Es wird, um den Luftsauger voll zur Wirkung zu bringen, der Lufthahn R geöffnet, durch den die atmosphärische Luft in das luftverdünnte Innere hineinstürzt. Auf ihrem Wege in die Düse F wird sie zu einem Strahl ausgebildet, der die beabsichtigte Wirkung als gleichsam erste Druckstufe erfüllt, indem er die aus dem Kondensator kommende Luft in der Luftkammer E mit sich reißt und in der Auffangduße G verdichtet. Diese vorverdünnte Luft wird nun in der Kammer H mitgerissen und abgesaugt. Um die Dampfstrahlluftsauganlage möglichst wirtschaftlich zu gestalten, wird die Wärme des zu ihrem Betriebe nötigen Frischdampfes zur Anwärmerung des Kesselspeisewassers verwendet.

Das Charakteristische dieses Systems liegt in dem Fehlen des Kurbelmechanismus und des Schwungrades. Die Pumpen behalten daher eine sehr gedrängte Bauart und brauchen wenig Platz zu ihrer Aufstellung. Fast immer sind Dampfzylinder und Pumpenzylinder hintereinandergelagert.

Je nachdem, ob ein Dampfzylinder mit einem Pumpenzylinder verbunden ist, wobei die Steuerung auf besondere Art bewirkt wird, oder zwei Dampfzylinder mit je einem Pumpenzylinder nebeneinander aufgestellt sind und die Steuerung des einen Zylinders jeweils durch die Nebenmaschine bewirkt wird, unterscheidet man

Simplex-Pumpen,
Duplex-Pumpen,

Nachfolgend seien die heute fast allein noch verwendeten Duplex-Pumpen beschrieben, von denen die erste von Worthington im Jahre 1848 erbaut wurde. Der vom Dampfkolben zu überwindende Widerstand setzt sich zusammen aus dem Wasserdruck, aus der Reibung in den Stopfbüchsen und aus der Reibung in den Schiebern und Zylindern. Bei langsamem Lauf erfordert der Dampfzylinder volle Füllung. Bei schnelllaufenden Pumpen ist infolge des Einflusses der lebendigen Kraft der bewegten Teile etwa von der Mitte des Hubes an nicht mehr die volle Antriebskraft erforderlich, so daß man sie mit kleinerer Füllung, mit Expansion laufen lassen kann. Die Pumpen brauchen im Verhältnis zu ihrer Pumpenleistung ziemlich viel Dampf, der pro Stunde etwa zwischen 30 und 60 kg für eine PS der Pumpenleistung, gemessen am gehobenen Wasser, beträgt.

Eine Duplex-Dampfmaschine, die zum Speisen von Kesseln dient, zeigt in äußerer Ansicht Fig. 18. Sie ist gebaut von Weise & Monski, Halle a. S. Die Betriebswerte und Abmessungen der Kesselspeisepumpen, Modell I, sind im folgenden zusammengestellt:

Zylinder = Abmessungen			Doppel- hübe in der Minute n	Leistung minutlich l	Lichte Weite der Rohre			
Dampf- zylinder mm	Pumpen- zylinder mm	Hub mm			Saug- rohr mm	Druck- rohr mm	Dampf- eingang mm	Dampf- ausgang mm
55	30	70	150	25	30	20	10	13
70	40	70	150	45	35	25	13	17
80	50	80	125	65	40	30	16	19
110	60	100	95	90	65	50	19	25
110	70	100	93	120	65	50	19	25
120	75	120	90	160	65	50	19	25
135	90	125	73	200	70	60	20	30
150	90	150	70	240	75	65	25	30
150	100	150	67	280	90	65	25	30
160	110	150	67	340	100	70	25	30
180	120	150	67	400	100	70	25	35
200	130	150	66	460	100	80	35	45
220	140	150	66	540	125	100	40	50
220	150	150	66	620	125	100	40	50

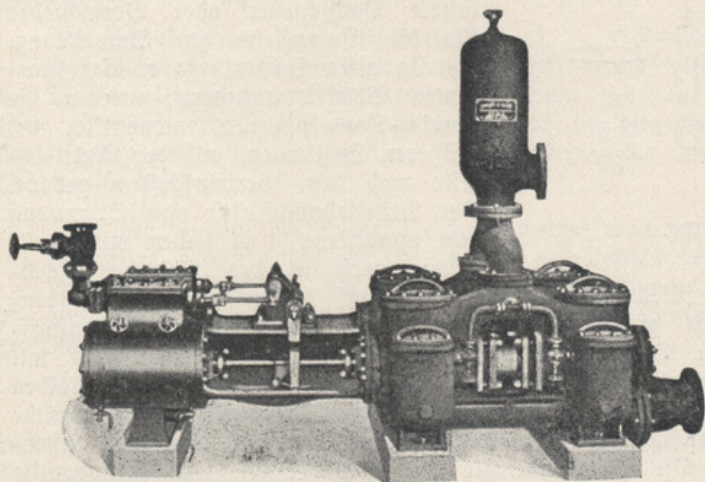


Fig. 18. Duplex-Dampfmaschine.

Sie besteht aus zwei doppelwirkenden Pumpen mit je einem Dampfzylinder, deren einfache Muschelschieber wechselweise von der Kolbenstange des Nachbarzylinders aus zwangsläufig und geräuschlos umgesteuert werden. Jeder Dampfkolben muß nach Beendigung seines Hubes warten, bis der zugehörige Dampfschieber geöffnet wird. Die dadurch entstehende charakteristische Hubpause gestattet ruhigen Schluß der Pumpenventile und damit einen hohen volumetrischen Wirkungsgrad. Da aber während der Hubpause einer Seite der andere Pumpenkolben sich in Bewegung befindet, bleibt die Leistung der Pumpe und die Geschwindigkeit des Wassers eine gleichmäßige, Stöße in der Pumpe und in den Leitungen werden vermieden, die Pumpe hat keinen toten Punkt

und ist durch einfaches Öffnen des Dampfventils immer betriebsbereit. Zwischen den Dampfzylindern und Schieberkästen sind für den Dampf- und -ausgang getrennte Kanäle angeordnet, von denen die äußeren, den Zylinderdeckeln naheliegenden für den Dampftritt dienen. Der vor dem Kolben ausströmende Dampf kann also nur so lange entweichen, bis der innere Auspuffkanal vom Kolben überlaufen wird. Der im Zylinder verbleibende Dampf wird komprimiert und verhindert als Puffer das Anstoßen des Kolbens an den Zylinderdeckel. Als Steuerung dient die außenliegende Gelenksteuerung. Den Schnitt durch eine Duplex-Dampfpumpe mit innenliegenden Plungerstopfbüchsen zeigt Fig. 19.

Zur Erläuterung der Einzelteile, die mit Ziffern bezeichnet sind, dient folgende Aufstellung:

- | | |
|--|--|
| 3 Schieberstange | 24 Kolbenstangenstopfbüchse |
| 4 Schieberstangenbolzen | 25 Überwurfmutter zur Kolbenstangenstopfbüchse |
| 5 Schieberstangenverbindung | 26 Ventilspindel |
| 6 Obere Steuerwelle | 27 Ventilsfeder |
| 7 Untere Steuerwelle | 28 Ventilteller |
| 8 Kurzer Steuerhebel | 29 Ventilsitz |
| 9 Langer Steuerhebel | 30 Kolbenstange |
| 10 Steuermuffe | 31 Plunger |
| 11 Bolzen zur Steuermuffe | 32 Plungerhaube |
| 12 Plungerstopfbüchse | 33 Ventilhaube |
| 13 Kolbenkörper | 34 Steuerbock |
| 14 Kolbenring | 35 Dampfzylinderdeckel |
| 15 Kolbendeckel | 36 Schieberkastendeckel |
| 16 Kolbenmutter | 39 Plungermutter |
| 17 Pumpenfuß | 40 Plungerstopfbüchsen-schrauben |
| 18 Schieberkasten | 41 Komplettes Pumpenventil |
| 19 Dampfchieber | 42 Dampfabsperrentil |
| 20 Dampfchiebermutter | 43 Schmierhahn |
| 21 Schieberstangenstopfbüchse | 44 Lufthahn |
| 22 Überwurfmutter zur Schieberstangenstopfbüchse | 45 Frostschrauben. |
| 23 Stopfbüchsenkörper zur Kolbenstange | |

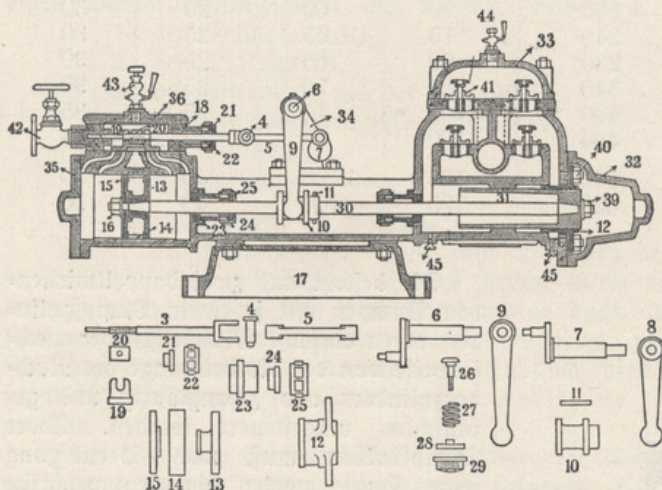


Fig. 19. Duplex-Dampfpumpe.

druckzylinder, und von dort in den Niederdruckzylinder, um auf dessen größerer Kolbenfläche die noch vorhandene Spannkraft günstig auszunutzen. Die Dampf- und Brennstoffersparnis beträgt bis zu 30 vH. Die Pumpen können mit Scheibenkolben sowie auch mit Plungerkolben mit innen- und außenliegenden Stopfbüchsen ausgerüstet werden. Scheibenkolben und Plungerkolben mit innenliegenden Stopfbüchsen finden gewöhnlich Anwendung für Drücke bis zu etwa 15 at, während bei höheren Drücken fast ausschließlich Plungerkolben mit außenliegenden Stopfbüchsen benutzt werden. Die Pumpenventile sind teils Teller-, teils Ringventile und werden meist in Bronze ausgeführt, in besonderen Fällen auch in Gußeisen und mit Leder oder Gummi gelidert. Die Duplex-Dampfpumpen werden bevorzugt zur Kessel-

Die Duplexpumpen werden in Normalserien für 15 at Betriebsdruck gebaut, ferner für Drücke von 18—20 at und entsprechend den Drucksteigerungen moderner Kesselanlagen auch für solche von 30, 40, 60, 80 bis zu 120 at. Die Pumpenzylinder erhalten dann natürlich eine andere konstruktive Ausbildung, auch kommen zum Teil nicht gewöhnliche Flachschieber, sondern entlastete Dachschieber oder Drehschieber für die Dampfseite zur Anwendung.

In allen Fällen, wo es auf sparsamen Betrieb ankommt, werden die Duplex-Dampfpumpen, namentlich bei größeren Leistungen, auf der Antriebsseite nach dem Verbundsystem gebaut. Der Arbeitsdampf, der eine Spannung von mindestens 4 at haben muß, tritt dabei zuerst in den kleineren Hoch-

speisung benutzt. Für die Größenbestimmung einer Speisepumpe gilt die Regel, daß sie imstande sein soll, das doppelte des im normalen Betriebe erforderlichen Speisewassers zu beschaffen, das ist etwa 40 l/m^2 Heizfläche und h.

2. Die Zentrifugalpumpen

Die Zentrifugalpumpen oder Kreiselpumpen sind als Mittel zum Wasserheben bereits seit der Mitte des 17. Jahrhunderts bekannt. Da jedoch die Beherrschung der Wasserverhältnisse noch nicht genügend erkannt war, kamen die ersten leistungsfähigen Maschinen erst zu Anfang dieses Jahrhunderts, nachdem die Erfahrungen im Turbinenbau auf den Bau der Kreiselpumpen sinngemäß übertragen waren, in Gebrauch. Vor allem half auch die Einführung des elektrischen Antriebes, der die Einführung hoher Tourenzahlen gestattete und dessen drehende Betriebsweise auch am einfachsten durch drehende Pumpen ergänzt wurde, bei der weiteren Entwicklung der Zentrifugalpumpen.

Die Turbinen setzen als Kraftmaschinen Gefälle in Geschwindigkeit, die Zentrifugalpumpen als Arbeitsmaschinen Geschwindigkeit in Druck um. Bei den ersteren ist der Wassereintritt außen und Austritt innen, bei den letzteren Eintritt am inneren Umfang, Austritt am äußeren Umfang. Die Wirkungsweise ist derart, daß das Wasser durch die Fliehkraft des in einem Gehäuse sich rasch drehenden Schaufelrades nach außen geschleudert wird. Die Saugwirkung entsteht dadurch, daß der auf den Unterwasserspiegel wirkende Atmosphärendruck das Wasser in den durch das weggeschleuderte Wasser frei gewordenen Raum drückt. Wird also bei der Kolbenpumpe die Antriebsenergie in die ruhende Energie des Wassers übergeführt, so setzt sich bei der Zentrifugalpumpe die eingeleitete Antriebsarbeit zunächst in kinetische Energie und diese wiederum in Druckenergie um. Es findet also eine zweifache Energieumwandlung statt.

Arbeitsweise

Das durch die Zentrifugalkraft nach außen geschleuderte Wasser sammelt sich am äußeren Rande des Laufrades im Gehäuse an. Je nachdem nun das Gehäuse das Wasser weiterbefördert bzw. aufnimmt, teilt man die Kreiselpumpen in verschiedene Gruppen ein:

Einteilung

Zentrifugalpumpen ohne Diffusor.

Das Wasser strömt bei dieser Ausföhrung aus dem Laufrad unmittelbar in das spiralförmig ausgebildete Gehäuse, in welchem die im Laufrad erzeugte Wassergeschwindigkeit in Druck umgesetzt wird, und zwar bei verhältnismäßig hohem Nuzeffekt. Es entsteht bei ihnen durch Wirbelung ein Druckverlust von etwa 75 vH.

Diffusor

Zentrifugalpumpen mit Diffusor.

Das Wasser strömt hier aus dem Laufrad zunächst in einen sich ringförmig erweiternden Raum, der als Diffusor bezeichnet wird, und der die Geschwindigkeiten des Wassers allmählich verringern bzw. langsam in Druck umsetzen soll, bevor es in den Sammelraum bzw. die Druckleitung strömt. Der Druckverlust beträgt etwa 60 vH, d. h. ist um etwa 15 vH geringer, als bei der Ausföhrung ohne Diffusor.

Zentrifugalpumpen mit Leitschaukeln.

Bei diesen Pumpen wird das Laufrad mit einem feststehenden Leitrad umgeben, in welchem das Wasser allmählich zum Druckraum umgelenkt und seine Geschwindigkeit in Druck umgewandelt wird. Dadurch erhöht sich der Wirkungsgrad im allgemeinen um 10 bis 15 vH. Man nennt Zentrifugalpumpen mit Leitschaukeln auch Turbopumpen, weil sie, wie die Turbinen, Laufrad und Leitschaukel besitzen.

Nach der Anzahl der Laufräder unterscheidet man:

Einstufige Pumpen, die nur ein Laufrad und Leitrad besitzen,

Mehrstufige Pumpen, die zur Überwindung größerer Druckhöhen mehrere Stufen erhalten, die hintereinander geschaltet werden. Die einzelnen Laufräder sitzen auf einer Welle in einem gemeinsamen Gehäuse.

Nach der Förderhöhe teilt man die Zentrifugalpumpen ein in:

Niederdruckzentrifugalpumpen, bis zu 25 oder 30 m Förderhöhe. Sie werden bis zu einer Leistung von 5 PS ohne Diffusor, von 5 bis 10 PS mit Diffusor versehen und über 10 PS als Turbopumpen ausgeföhrt.

Hochdruckzentrifugalpumpen von 25 m Förderhöhe bis über 1000 m Förderhöhe, die stets als Turbopumpen gebaut werden.