

Füllung, lösen die *statischen Leistungsregulatoren*, die sich von Hand oder selbsttätig auf kleinere oder größere Umlaufszahlen einstellen lassen. Die Einstellung erfolgt durch einfache Verlängerung oder Verkürzung der das Regulatorstellzeug mit dem Steuerhebel der Maschine verbindenden Stange.

4. Die Kondensation.

Die mit Auspuff arbeitenden Dampfmaschinen, bei denen der Dampf nach der Arbeitsleistung ins Freie entweicht, zeigen mancherlei Übelstände. Zunächst pufft der Dampf mit etwas über Atmosphärenspannung aus. Zur Erzeugung von 1 kg Dampf von 1 at Spannung sind aber 637 WE erforderlich, die auf diese Weise ungenutzt ins Freie gehen. Ferner muß bei Auspuffmaschinen dem Kessel ständig neues Speisewasser zugeführt werden, was oft ungünstig ist, denn gutes Kesselspeisewasser (frei von Kesselstein bildenden Salzen) ist nicht häufig. Um diesen Übelständen abzuweichen, wird der Dampf, nachdem er in der Maschine Arbeit geleistet hat, in einem mit dem Dampfzylinder in Verbindung stehenden Raum, dem *Kondensator*, niedergeschlagen. Hierdurch wird, da Dampf von 1 at einen ungefähr 1700mal so großen Raum einnimmt wie Wasser, die Spannung des austretenden Dampfes vor dem Kolben bedeutend unter den Atmosphärendruck herabgebracht. Es wird

ein Unterdruck (Vakuum) erzeugt, so daß der Überdruck des hinter dem Kolben wirkenden Dampfes erhöht und die Leistung der Dampfmaschine ohne Erhöhung des Dampfverbrauches vergrößert wird. Obwohl nicht die ganze durch Kondensation gewonnene Arbeit ausnutzbar ist, da ein Teil zum

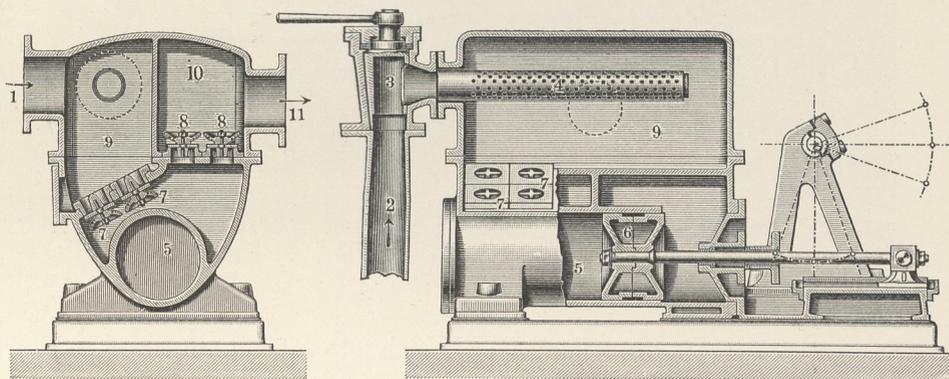


Fig. 134.

Fig. 135.

Fig. 134 und 135. Einspritzkondensator mit liegender Luftpumpe.

Betrieb des Kondensationsapparates verwendet werden muß, verbleibt doch ein so großer Arbeitsgewinn, daß für die gleiche Leistung der Dampfmaschine ein beträchtlich niedrigerer Dampfverbrauch und damit eine Brennmaterialersparnis von 25—33 Proz. erzielt wird. Wenn trotzdem nicht jede Dampfmaschine mit einer Kondensationseinrichtung ausgestattet wird, so liegt das teils daran, daß eine solche Einrichtung die Dampfmaschine komplizierter macht, ihre Wartung erschwert und ihre Anschaffungskosten erhöht, teils daran, daß die im Verhältnis zum Speisewasser bedeutende Kühlwassermenge (bei Einspritzkondensation das 20—25fache, bei Oberflächenkondensation das 30—50fache des von der Maschine verbrauchten Dampfgewichtes) sich häufig nicht beschaffen läßt, oder daß das Brennmaterial sehr billig ist, also eine Ersparnis daran nicht nötig erscheint. Man baut ohne Kondensation Lokomotiven, die meisten Lokomobilen und sonstige transportable Dampfmaschinen (ausgenommen Schiffsmaschinen); ebenso kleine, billige Dampfmaschinen; ferner in vielen Fällen die Fördermaschinen der Bergwerke usw. Bei diesen Maschinen wird in neuerer Zeit statt des Kondensators häufig ein sog. *Wärmespeicher* (s. Niederdruckturbinen, S. 92) angeordnet.

Je nachdem der zu kondensierende Dampf mit dem Kühlwasser unmittelbar in Berührung gebracht wird oder durch Metallwände von ihm getrennt bleibt, unterscheidet man *Misch-* oder *Einspritzkondensation* und *Oberflächenkondensation*. Bei großen Anlagen mit mehreren Dampfmaschinen wird der Abdampf in einem gemeinsamen Kondensator verdichtet: *Zentralkondensation*.

Fig. 134 und 135 zeigen das Beispiel einer Mischkondensation. Bei 1 tritt der von der Maschine kommende Abdampf ein und mischt sich mit dem durch 2 zuströmenden Kühlwasser, das infolge des im Kondensator herrschenden Unterdruckes (bis auf etwa 7 m Saughöhe) angesaugt wird. Die Menge des Kühlwassers kann mittels des Hahnes 3 geregelt werden, während seine gute Verteilung durch das in den Kondensationsraum hineinragende gelochte Einspritzrohr 4 bewirkt

wird. Das Kühlwasser mit dem Kondensat (d. h. mit dem aus dem Dampf niedergeschlagenen Wasser) und die durch Undichtheiten sowie durch das Wasser in den Kondensationsraum 9 gelangende Luft werden durch die Luftpumpe 5, 6 entfernt, die, da sie Flüssigkeit und Luft fördert, *nasse Luftpumpe* genannt wird. Die Luftpumpe ist doppelwirkend; sie saugt das Gemisch durch

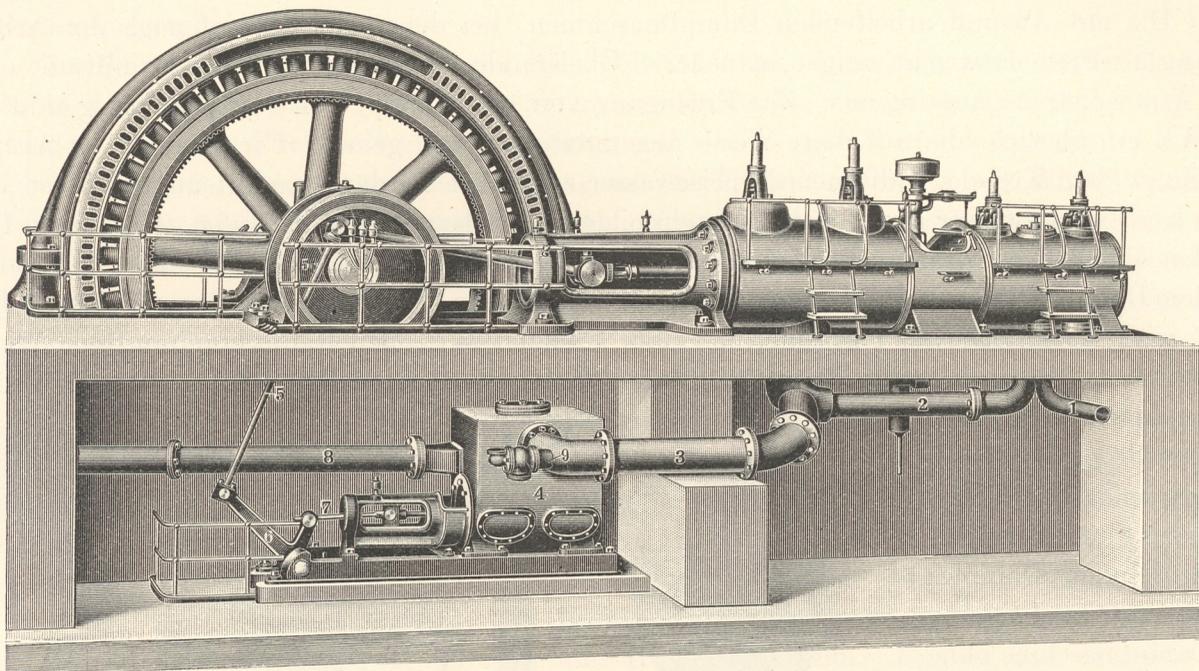


Fig. 136. Dampfdynamo mit Einspritzkondensation. Von Gebr. Sulzer.

die Saugventile 7 an und drückt es durch die Druckventile 8 in den Druckraum 10, aus dem es bei 11 abfließt. Der Kondensator wird entweder in gleicher Linie mit dem Dampfzylinder auf-

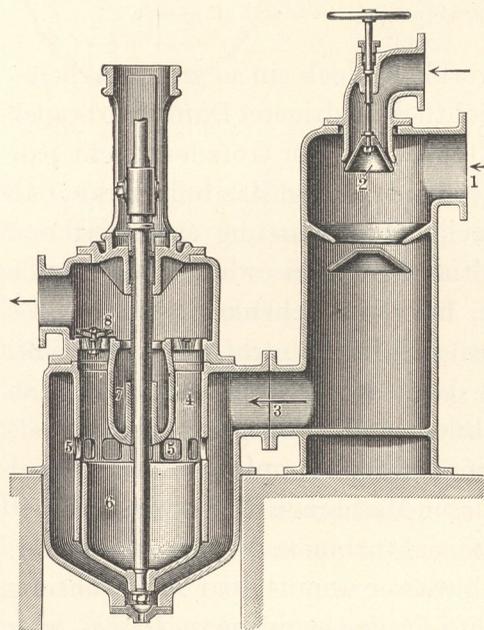


Fig. 137. Einspritzkondensator mit stehender Luftpumpe.

gestellt, so daß die Kolbenstange der Luftpumpe die Verlängerung der Kolbenstange des Dampfzylinders bildet, oder er wird, wie Fig. 136 veranschaulicht, tiefer als die Dampfmaschine angeordnet. Diese Figur zeigt eine mit Sulzersteuerung ausgerüstete *Dampfdynamo*, deren Anker als Schwungrad ausgebildet ist. 1 ist das Dampfzuleitungsrohr, 2 das Überströmrrohr vom Hoch- zum Niederdruckzylinder und 3 das zur Luftpumpe 4 führende Abdampfrohr, in das bei 9 Kühlwasser eingespritzt wird. Die Luftpumpe wird von der Verlängerung des Kurbelzapfens der Maschine angetrieben, von der eine Stange 5 zum Schenkel 6 eines drehbar gelagerten Winkelhebels führt, dessen anderer Schenkel durch Stange 7 mit dem Kreuzkopf der Luftpumpe in Verbindung steht. 8 ist das Abflußrohr der Luftpumpe.

Eine Anordnung, bei der der Kondensator unabhängig von der Luftpumpe und letztere stehend ausgebildet ist, zeigt Fig. 137. Der Dampf tritt bei 1 ein und strömt gegen den durch den verstellbaren Einspritzkegel 2 gebildeten Kühlwasserkegel. Das Luft-, Dampf- und Wassergemenge fließt dann durch 3 der Pumpe zu, die statt der Saugventile in der Lauffläche des Zylinders 4 Schlitze 5 besitzt, die während eines Teiles des Nieder- und Aufganges des Kolbens 6 freigelegt werden und das Gemenge in den Pumpenraum einlassen. Sobald beim Aufgang des Kolbens die Schlitze 5 geschlossen sind, wird bei seiner Weiterbewegung durch den Verdränger 7 zuerst das Luftdampfgemenge und darauf ein

Teil des eingeschlossenen Wassers durch die Druckventile 8 gedrückt. Der Antrieb der Luftpumpe erfolgt bei liegenden Maschinen ähnlich wie in Fig. 136, bei stehenden Maschinen mittels Gelenkstangen und Balanciers (s. Fig. 165, Teil 17, 18) von dem Kreuzkopfzapfen aus. Eine andere Bauart einer stehenden Luftpumpe zeigt Fig. 170, Teil 10.

Die bisher beschriebenen Kondensatoren arbeiten nach dem *Parallelstromprinzip*, d. h. bei ihnen fließen Dampf und Kondensationserzeugnisse in gleicher Richtung und werden durch eine gemeinsame Naßluftpumpe abgesaugt. Bei der *Gegenstromkondensation* bewegen sich Wasser und Dampf im Kondensator entgegengesetzt, und das warme Wasser sowie die Luft werden getrennt durch gesonderte Pumpen abgeführt. Vorteile der Gegenstromkondensation sind: geringerer Kühlwasserbedarf bei besserem Vakuum, kleinere Abmessungen der Pumpen, von denen allerdings für Luft und Warmwasser je eine vorhanden sein muß, und niedrigerer Arbeitsbedarf der Pumpen.

Fig. 138 zeigt schematisch eine Weißsche Zentralgegenstromkondensation. In den hoch angeordneten Kondensator 1 tritt unten durch das Rohr 3 der zu kondensierende Abdampf ein, oben durch Rohr 4 das Kühlwasser. Durch die Abwärtskrümmung von 3 wird der Dampf gezwungen, erst im Kondensator seine Richtung zu ändern, und außerdem veranlaßt, möglichst lange im unteren Teile des Kondensators, dem eigentlichen Kondensationsraume, zu bleiben. Durch die Überfälle 2 wird das Kühlwasser verteilt und gelangt mit dem entgegenströmenden Dampf in Berührung, wobei dessen Kondensation erfolgt. Das warme Wasser wird unten in der Nähe des Dampfeintrittes, wo es am heißesten ist, aus dem Kondensator abgeführt, und zwar durch ein unter dem Wasserspiegel des Warmwasserbehälters ausmündendes, 10 m hohes, sogenanntes barometrisches Fallrohr 5, dessen Ende eine Rückschlagklappe 19 trägt, um den Rücktritt des Wassers in das Rohr zu verhindern. An Stelle des Fallrohres kann auch eine Warmwasserpumpe treten, in welchem Falle die hohe Lage des Kondensators nicht nötig ist. Die Luft wird oben an der Stelle, wo es wegen des dort eintretenden Kühlwassers am kältesten ist, durch Rohrleitung 6, 7 mittels der trockenen Luftpumpe 8 abgesaugt. Um zu verhüten, daß bei zu starkem Absaugen der Luftpumpe Wasser aus dem Kondensator in diese gelangt, ist eine Sicherheitsvorrichtung vorgesehen, die aus Wasserabscheider 9 und Abfallrohr 10 mit Klappe 11 besteht. Gelangt zu viel Wasser in die Sicherheitsvorrichtung, so strömt es in den Behälter 12 aus und fließt durch eine Überlaufrinne in den Eimer 13, der nunmehr nach unten geht und ein Ventil 14 öffnet, wodurch Luft atmosphärischer Spannung in die Saugleitung eingelassen wird. Der Wasserübertritt in die Teile 9, 10 hört jetzt auf, der Eimer 13 entleert sich, und das Ventil wird durch das Gewicht 15 wieder geschlossen. Zur Regulierung der vom Kondensator angesaugten Luftmenge von Hand ist ein Hahn 18 vorgesehen. Die Zuführung des Kühlwassers erfolgt durch die als Kapselräder- oder Rotationspumpe ausgebildete Kaltwasserpumpe 16, die durch die Saugwirkung des Kondensators unterstützt wird. Kaltwasserpumpe 16 und Luftpumpe 8 erhalten ihren Antrieb durch eine kleine Dampfmaschine 17.

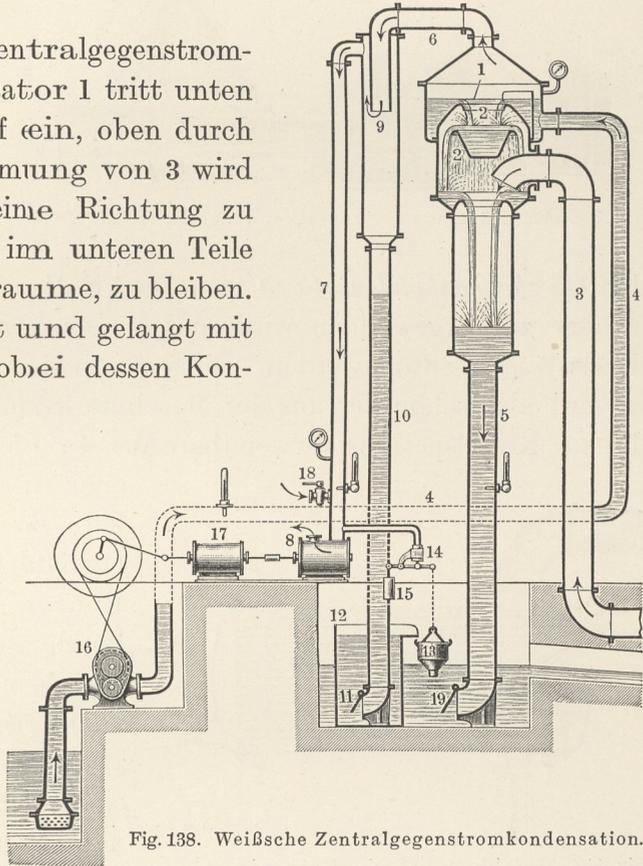


Fig. 138. Weißsche Zentralgegenstromkondensation.

Um zu verhüten, daß bei zu starkem Absaugen der Luftpumpe Wasser aus dem Kondensator in diese gelangt, ist eine Sicherheitsvorrichtung vorgesehen, die aus Wasserabscheider 9 und Abfallrohr 10 mit Klappe 11 besteht. Gelangt zu viel Wasser in die Sicherheitsvorrichtung, so strömt es in den Behälter 12 aus und fließt durch eine Überlaufrinne in den Eimer 13, der nunmehr nach unten geht und ein Ventil 14 öffnet, wodurch Luft atmosphärischer Spannung in die Saugleitung eingelassen wird. Der Wasserübertritt in die Teile 9, 10 hört jetzt auf, der Eimer 13 entleert sich, und das Ventil wird durch das Gewicht 15 wieder geschlossen. Zur Regulierung der vom Kondensator angesaugten Luftmenge von Hand ist ein Hahn 18 vorgesehen. Die Zuführung des Kühlwassers erfolgt durch die als Kapselräder- oder Rotationspumpe ausgebildete Kaltwasserpumpe 16, die durch die Saugwirkung des Kondensators unterstützt wird. Kaltwasserpumpe 16 und Luftpumpe 8 erhalten ihren Antrieb durch eine kleine Dampfmaschine 17.

Eine besondere Gattung der Einspritzkondensatoren bilden die *Wasserstrahlkondensatoren*, bei denen der zu verdichtende Dampf gleichzeitig mit dem Kühlwasser in den luftleer gemachten Verdichtungsraum eintritt, wo er sich unmittelbar mit dem Wasser mischt. Eine besondere Pumpe zum Hinausschaffen des Kühlwassers und des Kondensates aus dem Kondensator ist

hier nicht nötig; diese Arbeit wird durch die lebendige Kraft des Einspritzwassers oder des Abdampfes verrichtet.

Fig. 139 zeigt einen Körtingschen Universalkondensator, bei dem eine besondere Förderpumpe für das Kühlwasser nicht nötig ist. Bei 1 wird der Abdampf zugeführt und gelangt durch zahlreiche schräge Löcher in die Mischdüse 2, wo er mit dem bei 3 eintretenden, die Düse 4 durchströmenden Kühlwasser zusammentrifft. Der Ausfluß des Gemisches erfolgt bei 5. Zur Inbetriebsetzung des Kondensators läßt man während kurzer Zeit bei 6 durch eine dritte Düse 7 Frischdampf in die Wasserdüse eintreten, wodurch das Kühlwasser angesaugt und durchgetrieben wird. Läßt man nun den Abdampf eintreten, dann arbeitet der Kondensator weiter, und der Frischdampf kann abgestellt werden. Die Mischdüse läßt sich der jeweils zu kondensierenden

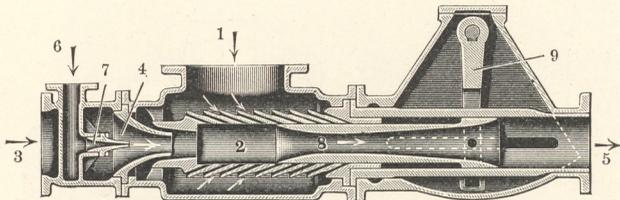


Fig. 139. Körtings Universalkondensator (Schnitt).

Abdampfmenge entsprechend regulieren durch Verschieben des Düsenrohres 8 mittels des von außen einstellbaren Hebels 9. Sehr geeignet sind diese das Kühlwasser selbst ansaugenden Kondensatoren für Flußdampfer.

Während bei den vorstehend beschriebenen Kondensatoren eine Mischung des Kühlwassers mit dem Kondensat stattfindet, ist dieses bei

den *Oberflächenkondensatoren* nicht der Fall, bei denen der kondensierte Dampf als destilliertes Wasser zurückgewonnen wird und immer wieder zur Kesselspeisung dient; vorher muß jedoch dieses Wasser entölt werden. Meistens findet diese Entölung schon vor dem Kondensator statt, es wird also schon der aus der Maschine kommende Dampf durch Ölabscheider geleitet. Kann das zur Kesselspeisung verwendbare Wasser nicht billig beschafft werden, wie z. B. auf Seedampfern

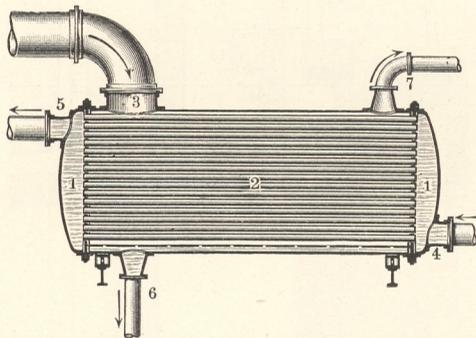


Fig. 140. Geschlossener Oberflächenkondensator (Längsschnitt).

oder in manchen Grubenbezirken, wo man nur saure Wasser hat, so greift man deshalb zur Oberflächenkondensation. Oberflächenkondensatoren bestehen aus einem System von Rohren, die von Kühlwasser durchflossen und von dem zu kondensierenden Dampf umspült werden, oder umgekehrt. Bei dem in Fig. 140 dargestellten *geschlossenen* Oberflächenkondensator sind in einem kesselartigen Zylinder zwischen zwei ebenen Rohrböden 1, 1 zahlreiche Rohre 2 dicht nebeneinander eingesetzt, die von dem bei 3 eintretenden Abdampf umspült werden. Das Kühlwasser wird bei 4 zugeführt, durchströmt die Rohre und verläßt den Kondensator bei 5. Das Kondensat wird bei 6 und die Luft bei 7 durch je

eine Pumpe entfernt; beide können aber auch gemeinsam durch eine nasse Luftpumpe abgeführt werden. Bei den *offenen* Oberflächenkondensatoren ist ein Rohrbündel entweder liegend in einem offenen Wasserbehälter angeordnet (Bassinkondensator), wobei der Dampf durch die Rohre strömt, oder stehend, wobei das Kühlwasser in den vom Dampf umspülten Rohren aufsteigt. Bei den *Rieselkondensatoren* rieselt das Kühlwasser in fein verteiltem Zustande über die Oberfläche von Schlangenrohren, die vom Abdampf durchzogen werden. Diese Kondensatoren sind sehr wirksam und erfordern wenig Wasser, weil die Wärmeabgabe durch Verdunsten unterstützt wird.

Von der durch die Kondensation gewonnenen Arbeit muß ein Teil für den Betrieb der Kondensationsanlage abgerechnet werden. Häufig ist aber nicht nur diese Arbeit sehr erheblich, sondern es macht überhaupt die Beschaffung der nötigen Wassermenge Schwierigkeiten. So verbraucht z. B. eine Maschinenanlage von 10 000 PS, wie sie bei elektrischen Zentralen nicht selten ist, bei einem Dampfverbrauch von 5,6 kg für die St-PS, in der Stunde $5,6 \cdot 10\,000 = 56\,000$ kg Dampf. Da der Kühlwasserverbrauch bei Oberflächenkondensation im Mittel das 40fache des verbrauchten Dampfgewichtes ist, wird er $56\,000 \cdot 40 = 2\,240\,000$ kg = 2240 cbm in der Stunde betragen, das sind 37,3 cbm in der Minute. Ist die ununterbrochene Neubeschaffung einer solchen

Wassermenge nicht möglich, so wird das aus dem Kondensator kommende warme Kühlwasser in einer Rückkühlanlage wieder abgekühlt. Hierzu dienen *Kühltürme* oder *Kaminkühler* (Fig. 141), in denen das Wasser fein verteilt über Rieselböden herabfließt. Durch die aus dem Wasser aufsteigende Wärme wird in dem Kamin ein Luftzug erzeugt, wodurch unten Luft nachgesaugt wird, die mit dem Wasserregen in Berührung kommt. Hierdurch verdunstet ein Teil des Wassers, und die hierbei entstehende Kälte dient zur Abkühlung des übrigen. Auch die Rückkühlanlage verursacht übrigens Kosten und verbraucht Arbeit.

5. Die verschiedenen Bauarten der Dampfmaschinen.

Nach der Bauart zerfallen die Dampfmaschinen in zwei Hauptgruppen: die *liegenden* und die *stehenden* Dampfmaschinen. Bei ersteren liegt die Zylinderachse wagerecht, bei letzteren steht sie senkrecht. Die Anlagekosten der liegenden Maschinen sind geringer, dafür braucht aber die stehende zu ihrer Aufstellung nur halb soviel Bodenfläche und einfachere Fundamente. Ferner sind bei der liegenden Maschine die Teile leichter zugänglich; daher ist die Wartung einfacher als bei der stehenden. Bei der liegenden Maschine sind die Zylindergleitflächen einseitig belastet, bei der stehenden nicht. Erstere eignet sich mehr für hochüberhitzten Dampf und geringere Tourenzahlen, letztere mehr für gesättigten und schwach überhitzten Dampf und hohe Tourenzahlen. In wirtschaftlicher Hinsicht sind beide bei guter Ausführung gleichwertig.

Im folgenden seien zunächst schematisch die gebräuchlichen Hauptanordnungen der Dampfmaschine dargestellt. Fig. 142 u. 143 zeigen eine einfache *Einzylindermaschine*, deren Zylinder auf einem Fuße ruht. Der die Gleitführung für den Kreuzkopf und das Lager für die Kurbelwelle tragende Rahmen wird wegen seines an ein Bajonett erinnernden Grundrisses als *Bajonettrahmen* bezeichnet. Die nach der Kurbel zu liegende Seite der Maschine wird die vordere und die andere die hintere genannt. Die Schubstange der Maschine (s. Fig. 104) wirkt abwechselnd drückend und ziehend auf den Kurbelzapfen. Ist sie im ersteren Falle nach oben gerichtet, so übt der Kreuzkopf stets nur einen gegen die untere Seite der Geradföhrung gerichteten Druck aus. Derartige Maschinen werden rechtsumlaufend genannt. Liegt die Schubstange dagegen, während sie drückend auf den Kurbelzapfen wirkt, in der unteren Hälfte des Kurbelkreises, so ist der Druck in der Geradföhrung stets nach oben gerichtet und die Maschine heißt linksumlaufend. Mit anderen Worten, *vorwärts-* oder *rechts-umlaufend* heißt eine Maschine, deren obere Schwungradhälfte sich von den Dampfzylindern wegdreht; umgekehrt heißt sie *rückwärts-* oder *links-umlaufend*. Die letztgenannte Bauart wird nach Möglichkeit vermieden, da die den Druck aufnehmende Fläche eine gute und regelmäßige Schmierung verlangt, die natürlich bei untenliegender Gleitfläche leichter zu erreichen ist. Einzylindermaschinen müssen stets angedreht werden, d. h. die Maschine muß in eine Lage gedreht werden, bei der die Steuerung so steht, daß dem Dampf der Zutritt in den Zylinder geöffnet ist. Kleinere Maschinen werden durch Drehen des Schwungrades angedreht; größere Maschinen haben hierzu ein besonderes Schaltwerk, das neben dem Schwungrad angeordnet ist, in das die Zähne eingegossen sind (s. Fig. 157, Schalthebel 19; Fig. 162, Zähne 25).

Eine einzylindrige *stehende* Maschine zeigt Fig. 144. Sehr häufig wird bei diesen Maschinen die Geradföhrung nicht, wie in der Figur dargestellt, doppel-, sondern einseitig (s. Fig. 154 u. 163) ausgebildet, da der Druck, wie oben ausgeführt, stets nur in einer Richtung gegen die Geradföhrung wirkt.

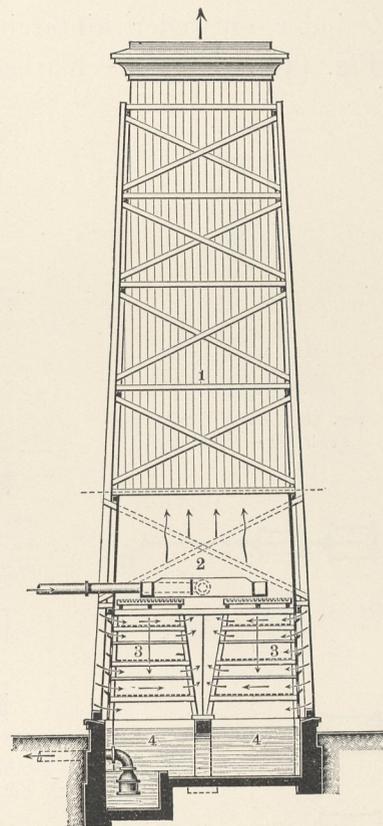


Fig. 141. Kaminkühler von Balcke & Co. (1 Kamin, 2 Wasserverteilung, 3 Rieselböden, 4 gekühltes Wasser.)

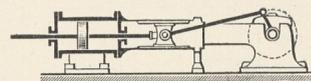


Fig. 142.

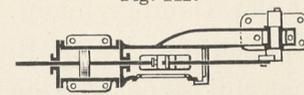


Fig. 143.

Fig. 142 und 143. Einzylindermaschine (Bajonettmaschine).