

dann wird das Wasser mit der Lauge durch eine Dampföse unter Frischdampf gemischt und erwärmt.

Die **Filtrierapparate** unterscheiden sich von den Absitzapparaten im wesentlichen dadurch, daß das Wasser nach erfolgter Versetzung mit Chemikalien und vorhergegangener Erwärmung unter Druck durch Filtriertücher gepreßt wird. Größere zu reinigende Wassermengen erfordern große Filterflächen; es ist dies eine Bedingung wirksamer Filtrierapparate, weil sich die Tücher sonst zu rasch verschlammen und unwirksam werden. Um daher in einem kleinen Raume große Filterflächen zu erhalten, pflegt man den Apparat aus einer größeren Anzahl viereckiger, mit einer Reihe von Rillen zum Zwecke des Ablaufens des Wassers versehener gußeiserner Platten zu bilden, welche beiderseits mit Tuch überspannt und neben einander oder aufeinander liegend durch Schrauben zusammengespannt werden.

Das Wasser gelangt aus einem Hochbehälter oder durch eine Pumpe zunächst in einen Vorwärmer, in welchem es mittels Dampf auf 70° bis 80° C erwärmt wird; von hier kommt es in einen Behälter behufs Mischung mit den Reagentien und Absetzung der schweren Niederschläge (Kalk- und Magnesiumsalze) und von diesem unter fortwährendem Drucke in den Filter, aus welchem es klar abfließt und in warmem Zustande in den Kessel gedrückt oder in Behältern gesammelt werden kann*).

Die Reinigung mittels eigener Filtrierapparate wird zur Reinigung des Kesselspeisewassers selten verwendet.

191. Speisevorrichtungen. Man kann im allgemeinen drei Arten von Speisevorrichtungen unterscheiden, und zwar: Speisepumpen, Strahlapparate und selbsttätige Speiser.

Die zur Zeit gebräuchlichste Speisevorrichtung ist die Pumpe, als Handpumpe, Transmissionspumpe, Dampfpumpe oder von der Dampfmaschine selbst betätigte Speisepumpe.

Die Handpumpen eignen sich nur zum Speisen kleiner Kessel in Fällen, wo eine andere Kraft nicht zur Verfügung steht; sie haben gewöhnlich einen Durchmesser von 3 bis 7 cm bei einem Hube von 6 bis 12 cm, sind wie alle Speisepumpen einfach wirkend und werden durch Hebel oder Kurbel mit Schwungrad bewegt. Die liegende Aufstellung ist die gebräuchlichere.

*) Zeichnungen und Beschreibung ausgeführter bewährter Reinigungsmethoden und Apparate siehe u. a.: *Handbuch der Maschinenkunde* von Hoyer, München 1898, S. 282. Wehrenfennig, *Über die Untersuchung und das Weichmachen des Kesselspeisewassers*, Wiesbaden 1893. Fr. Schwackhöfer, *Technologie der Wärme und des Wassers etc.*, Wien 1883. Dr. Dammer, *Handbuch der chemischen Technologie*, Stuttgart 1895, I. Band. Possamer, *Technologie der landwirtschaftlichen Gewerbe*, Wien 1894, 4. Aufl., I. Band.

Steht in der Nähe der Kesselanlage eine Transmission zur Verfügung, dann kann von dieser der Antrieb der Pumpe abgeleitet werden, die dann zumeist als Wandpumpe oder auch als liegende Pumpe ausgeführt wird.

Bei kleineren Kesselanlagen hängt man die Speisepumpe häufig an die Betriebsmaschine selbst an, indem man ihre Bewegung von einer Gegenkurbel, einem Excenter oder dem Kreuzkopfe der Maschine ableitet, in welchem Falle der Hub der Pumpe im allgemeinen beliebig angenommen werden kann; nur wenn die Pumpe ohne Übersetzung direkt an den Kreuzkopf angehängt ist, ist ihr Hub durch jenen der Maschine gegeben.

Für größere Kesselanlagen werden fast ausschließlich selbständige **Dampfpeisepumpen** verwendet; sie bieten den Vorteil vollkommener Unabhängigkeit von den übrigen Betriebseinrichtungen und lassen sich sehr leicht dem jeweiligen Dampfverbrauche anpassen. Sie bestehen dem Wesen nach aus einer Saugdruckpumpe in möglichst direkter Verbindung mit einer Dampfmaschine.

Hinsichtlich der Ausführung unterscheidet man Dampfmaschinen mit oder ohne Hilfsrotation. Bei ersteren wird der Hub der Pumpe durch eine Kurbel begrenzt; die Steuerung der Maschine funktioniert daher wie bei jeder anderen Dampfmaschine. Die Rotationsbewegung wird von der geradlinigen Bewegung der gekuppelten Kolbenstangen entweder durch eine Schubstange oder durch eine Kurbelschleife abgeleitet; beide Methoden finden sowohl bei stehenden, als auch bei liegenden Pumpen Anwendung.

Besitzen die Dampfmaschinen keine Drehbewegung, dann kann die Hubbegrenzung nur durch die Steuerung erreicht werden, deren Bewegung von der Kolbenstange in geeigneter Weise abgeleitet wird; in der Regel dienen hierzu Stoßknaggen, aus welchem Grunde man diese Pumpen gewöhnlich **Stoßpumpen** nennt.

Nachdem bei den Dampfpeisepumpen die Dampfökonomie keine Rolle spielt, wird das Hauptaugenmerk auf eine möglichst einfache, verlässlich arbeitende Konstruktion gelegt; man verwendet daher für die Dampfsteuerung nur einfache Schieber, für die Pumpe die einfachsten Ventilkonstruktionen und pflegt die Pumpe selbst häufig nur einfach wirkend mit Plungerkolben auszuführen. Die Regulierung des Ganges der Pumpe, sowie die In- und Außergangsetzung derselben erfolgt in der Regel von Hand aus durch das Dampfabsperrenteil. Man findet aber auch Vorrichtungen in Gebrauch, um den Gang der Pumpe automatisch, durch den Wasserstand des Kessels selbst zu regeln. In diesen Fällen wird gewöhnlich die Bewegung eines an einem Hebel hängenden Schwimmers benützt, um einen kleinen Steuerkolben zu betätigen, welcher, dem jeweiligen Wasserstande im Kessel entsprechend, die zur Pumpe führende Dampf-

leitung öffnet oder schließt; hierbei empfiehlt es sich, die Einrichtung so zu treffen, daß die Pumpe ununterbrochen in Tätigkeit bleibt, also das verdampfte Wasser fortwährend ersetzt.

Beim Speisen heißen Wassers würde sich im luftverdünnten Raume unter dem Kolben Dampf bilden, wodurch die Saugwirkung, somit der Effekt der Pumpe nachteilig beeinflußt würde; man muß daher bei solchen Anlagen Sorge tragen, daß das Wasser der Pumpe zuläuft oder wenigstens über den Saugventilen steht.

Hinsichtlich der Größe sei bemerkt, daß man die Pumpen so zu dimensionieren pflegt, daß sie imstande sind, das drei- bis vierfache Quantum des vom Kessel in der Zeiteinheit verdampften Wassers zu liefern; damit sichert man genügend rasche Speisung bei geringer Wassergeschwindigkeit und als Folge dessen stoßfreien Gang.

Die Dampfstrahlapparate oder Injektoren haben, abgesehen von ihrer Verwendung bei Lokomotiven und Schiffsmaschinen, auch bei stationären Kesselanlagen ihrer Einfachheit und Verlässlichkeit wegen immer mehr und mehr Eingang gefunden und gehören heute mit zu den bewährtesten Speisevorrichtungen.

Ihre Wirkungsweise beruht darauf, daß durch die Energie eines aus einer Düse mit entsprechender Geschwindigkeit ausströmenden Dampfstrahles, unterstützt durch das infolge Kondensation des Dampfes eintretende teilweise Vakuum, Wasser gehoben und mit Überdruck in den Kessel gedrückt wird. Nachdem der Dampf unter Kondensation seine Wärme an das Speisewasser abgibt, wird dieses zugleich, wenn auch anfänglich kalt, heiß in den Kessel gespeist.

Der Injektor ist eine Erfindung des Franzosen M. Giffard (1856). Eine verbesserte Konstruktion des Giffardschen Originalinjektors stellt Fig. 190 dar.

Der Kesseldampf tritt durch den Stutzen *A* ein und strömt durch eine ringförmige Öffnung *B*, deren Größe durch die Düsenspindel und das Handrad *C* reguliert werden kann. Das Speisewasser tritt bei *D* ein, kommt mit dem Dampfe an der Düsenmündung *B* in Berührung und kondensiert denselben. Infolge des hierdurch gebildeten Vakuums strömt

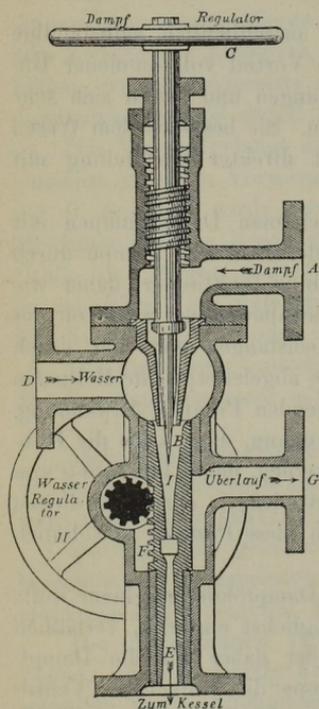


Fig. 190.

das Wasser mit großer Geschwindigkeit nach und unter Geschwindigkeitszunahme vermöge des Dampfdruckes durch die Mischdüse *I* in die Fangdüse *E*. Die Fangdüse *F* erweitert sich allmählich, infolgedessen expandiert der Wasserstrom, verliert an Geschwindigkeit und gewinnt nach einem bekannten hydrodynamischen Prinzip an Druck; am Ende der Düse ist der Druck so groß, daß das Wasser unter Überwindung des Kesseldruckes nach Hebung eines Rückschlagventiles in den Kessel einströmt.

Um den Injektor anlassen beziehungsweise in Aktion setzen zu können, ist zwischen der Misch- und Fangdüse ein freier Raum *F*, der sogenannte Übersprungraum oder Schlabberraum angebracht, welcher durch einen Kanal mit dem Überlaufrohr *G* in Verbindung steht, damit das Gemisch aus Wasser und Dampf so lange ablaufen kann, bis der Strom die nötige Energie erlangt hat, um seinen Weg in den Kessel erzwingen zu können. Ist der Injektor einmal in Tätigkeit, dann soll kein Wasser mehr aus dem Schlabberraum austreten, also bei *G* überlaufen.

Die ringförmige Öffnung für den Eintritt des Wassers bei *B* kann durch Verschieben der kombinierten Düsen *I* und *E* mittels des Handrades *H* reguliert werden.

Die Dampfstrahlpumpen sind seit der Erfindung Giffards immer einfacher, namentlich hinsichtlich der Wartung, und billiger geworden; während sie anfänglich ganz aus Rotguß hergestellt wurden, werden sie jetzt aus Gußeisen, nur Düsen und Mundstücke, und auch diese nicht immer, aus Metall ausgeführt; die Düsen spindle mit Handrad fehlt gleichfalls bei den neueren nichtsaugenden Konstruktionen. Unter diesen sei zur Illustration der Dampfstrahler von Friedmann (Fig. 191) herausgegriffen. Der Friedmannsche Injektor unterscheidet sich von einem gewöhnlichen Injektor dadurch, daß

derselbe keine Düsen spindle oder Nadel besitzt; dafür ist zwischen der Dampfdüse *a* und der Mischdüse *b* noch eine Zwischendüse, die sogenannte Wasserdüse *c* eingeschaltet; diese Düse hat den Zweck, den aus dem Rohre *a* eintretenden Dampf durch das aus *d* zuströmende Wasser

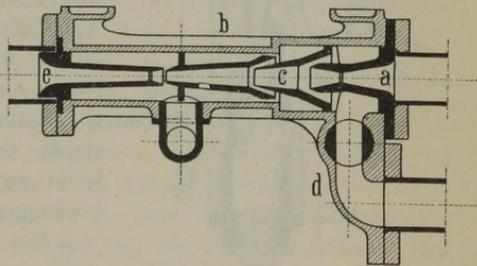


Fig. 191.

ringförmig zu umgeben, um mit diesem gemeinschaftlich durch die Mischdüse in die Fangdüse *e* zu gelangen. Nicht mit hinübergerissenes Wasser kann durch ein aus der Skizze ersichtliches Rohr ablaufen.

Bei neueren Ausführungen dieses Injektors ist die Dampfdüse der

Länge nach durch einen Hebel verstellbar, so daß sie gleichzeitig die Nadel, welche bei obiger Konstruktion fehlt, vertritt. Diese Einrichtung soll bei kaltem Wasser eine Saughöhe bis 8 m gestatten und dabei die Temperatur desselben bis auf ca. 70° C erhöhen.

Wird von einem Injektor das Ansaugen des Wassers gefordert, dann muß derselbe mit einer Stellvorrichtung für die Regulierung des Dampfzutrittes (Spindel oder verstellbare Düse) versehen sein; fließt das Wasser hingegen dem Injektor zu, dann vereinfacht sich dessen Konstruktion in gedachter Weise. Bei den nichtsaugenden Injektoren wird zum Zwecke des Anlassens zuerst der Wasserzufluß langsam geöffnet, dann das Dampfventil; der Wasserzufluß wird nun so lange reguliert, bis aus dem Überlaufstutzen kein Wasser mehr ausfließt.

Statt frischen Dampf kann man bei Dampfmaschinen ohne Kondensation, welche den Auspuffdampf sonst frei entweichen lassen, diesen zum Kesselspeisen benützen, wodurch gleichzeitig auch die Wärme des ausströmenden Dampfes in den Kessel zurückgeführt wird. Man benützt hierzu die sogenannten nichtsaugenden Retourdampf-Injektoren. Die Dampfspannung kann hierbei jedoch 5 Atmosphären Überdruck nicht überschreiten; ebenso darf die Temperatur des Speisewassers nicht höher sein als ungefähr 20° C, damit die Kondensation des Dampfes im Injektor intensiv genug vor sich gehe, um ein gutes Funktionieren zu bewirken. Das Speisewasser wird hierbei auf 70° bis 90° C angewärmt.

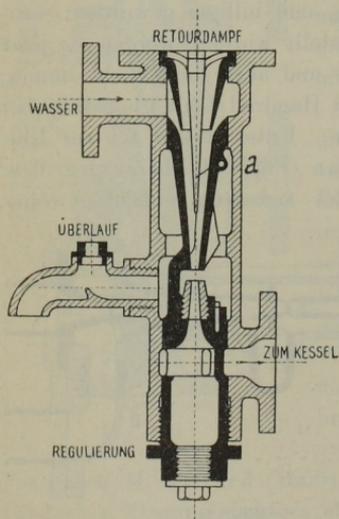


Fig. 192.

Der Gegendruck auf den Kolben der Maschine wird bei Verwendung von Retourdampf-Injektoren nicht erhöht, da die Apparate durch die Wirkung der Kondensation den Auspuffdampf ansaugen. Die Düsen sind, wie aus Fig. 192, welche die Konstruktion eines solchen Injektors darstellt, ersichtlich, herausnehmbar, somit leicht zu reinigen, ohne die Anschlußverbindungen lösen zu müssen.

Der Abdampf strömt durch die seiner geringen Spannung entsprechend weit gemachte Düse, in welche ein Stift eingeschraubt ist, welcher den Dampfstrahl ringförmig gestaltet, ein. Die Mischdüse ist, wie aus der gebrochenen Linie in Fig. 192 zu ersehen, zweiteilig; der linke Teil ist fest mit dem Gehäuse verbunden, während der rechte Teil klappenartig um den

Aufhängepunkt *a* pendeln kann; die beiden Teile sind sorgfältig aufeinander gepaßt und gegen seitliche Verschiebung gesichert. Der bewegliche Teil hängt vermöge seiner Schwere lotrecht während der Ruhelage, so daß der Durchgangsquerschnitt dieser Düse sehr erweitert ist. Sobald der Injektor funktioniert, d. h. sobald der Dampf niedergeschlagen wird, infolgedessen die lebendige Kraft des Wasserstrahles zunimmt und die Spannung im Inneren der Mischdüse vermindert wird, schließt sich unter dem Überdrucke der Außenluft die Mischdüse; von diesem Augenblicke an ist die richtige Funktion des Injektors vorhanden; der geschlossene Wasserstrahl tritt in die Fangdüse und aus dieser durch die seitlichen Öffnungen in die Speiseleitung.

Der Retour Dampf zum Betriebe des Injektors wird in einfacher Weise seitlich vom Abspuffrohr der Maschine abgeleitet; dieses kann in seiner Fortsetzung nach der Atmosphäre zu offen sein; nur in Fällen, wo die Quantität des Abdampfes zu gering ist, um das Rohr auszufüllen, muß eine Verengung hinter der Abzweigstelle eintreten. Das Wasser muß dem Injektor mit Gefälle zugeführt werden.

In neuerer Zeit verwendet man vielfach mit bestem Erfolge Dampfstrahler, welche aus zwei in einem Gehäuse neben einander liegenden Strahlapparaten bestehen, wovon der eine das Wasser ansaugt, unter bestimmtem Drucke dem anderen zuführt, um von diesem unter bedeutender Druckerhöhung in den Kessel gespeist zu werden.

Eine der besten Konstruktionen dieser Art ist der in Figg. 193, 194 (s. S. 458) skizzierte Universalinjektor von Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover.

Dieser Injektor besteht aus den beiden Strahlapparaten I und II mit den Dampf Düsen 1 und 2 und dem gemeinschaftlichen Schlabberraum *s*. Die geradlinig geführten Nadelventile der beiden Dampf Düsen hängen in Schlitzen eines Querstückes, welches drehbar an der Stange *t* befestigt ist, so daß beim Heben derselben die Ventile geöffnet werden. Die Stützen *a* und *b* dienen für die Zufuhr von Dampf und Wasser; durch *c* strömt das Speisewasser in den Kessel. Der Apparat I dient zum Ansaugen des Wassers. Das Ventil der Dampf Düse 1 ist kleiner wie jenes der Düse 2, infolgedessen öffnet sich dasselbe, weil es unter dem Drucke des bei *a* einströmenden Dampfes weniger belastet ist, als 2, beim Anheben der Stange *t* zuerst und setzt den Apparat I in Tätigkeit. Ist das Ventil 1 ganz geöffnet, dann beginnt sich unter fortgesetzter Aufwärtsbewegung der Stange *t* auch das Ventil 2 zu öffnen und nun tritt auch Apparat II in Funktion; er übernimmt das von I angesaugte Wasser und drückt es bei geschlossenem Schlabberraum durch das Rückschlagventil des Stützens *c* in den Kessel.

Die Betätigung der beiden Ventile 1 und 2, sowie des Hahnes, welcher den Schlabberraum *s* nach außen öffnet und schließt, erfolgt in sinnreicher Weise durch einfache Bewegung des Handhebels *h*; derselbe sitzt auf dem Zapfen des Hahnes *s*, welcher somit durch den Hebel unmittelbar gedreht wird. Die mit dem Hebel *h* verbundene Excenter-scheibe *p* überträgt die Bewegung durch eine zum Excentering erweiterte Stange *w* auf die nach oben führende Stange *q*; bei der Drehung des

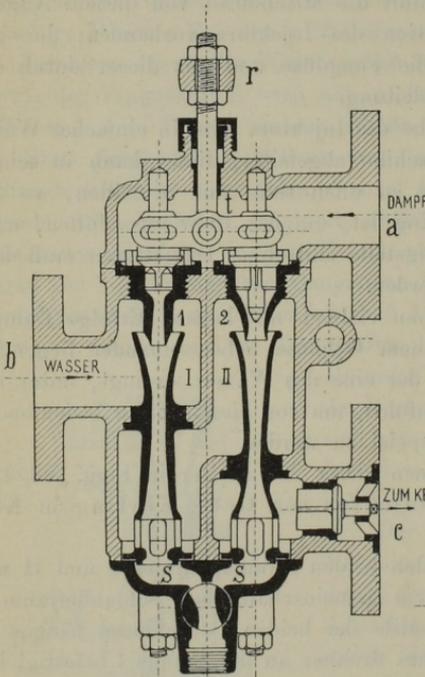


Fig. 193.

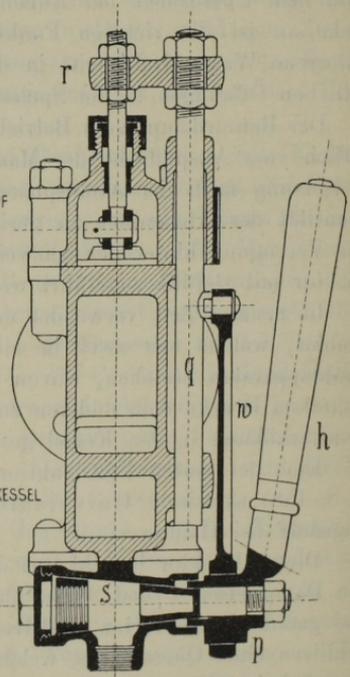


Fig. 194.

Hebels wird daher die Stange *q* gehoben oder gesenkt; diese überträgt die Bewegung durch ein kurzes Querstück *r* auf die Stange *t*. Vermöge dieser Einrichtung treten bei einer Bewegung des Hebels von einer Seite zur anderen die Bewegungen der drei Abschluß-beziehungsweise Anlaßorgane in erforderlicher Reihenfolge ein, so daß der Injektor in kürzester Zeit in Aktion gesetzt oder abgestellt werden kann.

Körtings Universalinjektor hat seit seiner vor ungefähr 25 Jahren erfolgten Einführung als Speisevorrichtung für Dampfkessel aller Art eine ungemein verbreitete Anwendung gefunden; er verdankt diese Be-

liebtheit der großen Sicherheit, mit welcher er stark erwärmtes Wasser annimmt und hohe Saughöhen überwindet; außerdem ist seine Handhabung, ein bloßes Umlegen eines Handhebels, höchst einfach.

Schließlich sei noch eine Gruppe von Injektoren erwähnt, welche im Falle eines Versagens, hervorgerufen durch Stöße oder durch Lufteintritt in die Saugleitung, selbsttätig ihre Arbeit wieder aufnehmen; man nennt dieselben selbsttätig wieder ansaugende — restarting — oder Sicherheitsinjektoren. Die Fähigkeit des selbsttätigen Wiederansaugens hat besondere Bedeutung für bewegliche Kessel, bei welchen durch Schwankungen des Wassers Luft in das Saugrohr kommen kann, also bei Lokomotiven, Schiffen, fahrbaren Kranen u. dergl.; für stationäre Kessel ist dieser Vorteil von geringerer Bedeutung.

Das wesentliche in der Konstruktion dieser Dampfstrahler besteht darin, daß, wie aus Figg. 195 und 196, welche der Konstruktion des Körtingschen Sicherheitsinjektors entsprechen, zu ersehen, in der Mischdüse eine Trennfuge angebracht ist, wodurch eine Stauung des Dampfes

vermieden und die Sicherheit des Ansaugens gewährleistet wird. Die Trennfuge ist mit einem besonderen Gehäuseumgeben, das mit der Atmosphäre durch eine Rückschlagklappe in Verbindung steht. Diese Injektoren können liegend oder stehend angeordnet sein; bei liegender Aufstellung muß die

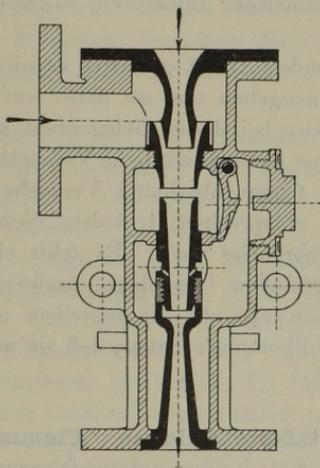


Fig. 195.

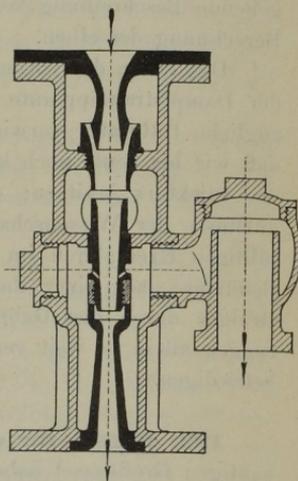


Fig. 196.

Klappe nach oben liegen. Für saugende Injektoren ist die stehende Anordnung vorzuziehen, damit eventuell abtropfendes heißes Wasser nicht in die Saugleitung gelangen kann, wodurch das Ansaugen erschwert würde.

Die Dampfstrahlapparate sind als Speiseapparate für Kessel in thermodynamischer Beziehung besser als die Speisepumpen; vom Standpunkte der Theorie müssen sie geradezu als der denkbar vollkommenste Speiseapparat angesehen werden. Wird jedoch die in das geförderte Wasser

übergeführte Wärme nicht nutzbar gemacht, dann ist der Injektor allerdings eine unökonomisch arbeitende Wasserhebevorrichtung, weil die Wärme des verbrauchten Dampfes unzweckmäßig verwertet wird.

Die erste kalorimetrische Untersuchung der Giffardschen Dampfstrahlpumpe brachte seinerzeit Prof. Zeuner im *Civilingenieur* Bd. 6, 1860, S. 315; später veröffentlichte Zeuner eine Theorie des Injektors in seinem bekannten Werke „*Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie*“, aus welchem dieselbe ziemlich unverändert in die weiteren Auflagen, deren vierte unter dem Titel „*Technische Thermodynamik*“ 1901 erschienen ist, überging (siehe Bd. 2, S. 135—145).

Die Zeunersche Theorie fand auch Aufnahme in dem „*Handbuche der mechanischen Wärmetheorie*“ von Rühlmann. Prof. Grashof bringt in seinem Werke „*Theorie der Kraftmaschinen*“ 1890, III. Teil, S. 466—487 eine ausführliche Theorie der Dampfstrahlapparate, welche für das Selbststudium bestens empfohlen werden kann. Desgleichen enthält das Werk: K. Hartmann, *Die Pumpen*, Berlin 1889, S. 544—576 eine sehr eingehende Beschreibung verschiedener Injektoren, sowie eine Anleitung zur Berechnung derselben.

Der Raum der vorliegenden Arbeit gestattet es nicht, auf die Theorie der Dampfstrahlapparate einzugehen und sei daher auf die genannte vorzügliche Litteratur verwiesen; bei dieser Gelegenheit sei jedoch bemerkt, daß wir bis heute noch keine auf zuverlässliche Versuche gestützte Theorie des Injektors besitzen; es fehlen überhaupt Versuche, welche dem Bedürfnisse der Wissenschaft entsprechen, trotzdem dieser Apparat in unzähligen Exemplaren im Gebrauche steht. Es fehlt eben das praktische Bedürfnis nach einer theoretischen Grundlage, nachdem sich die Dampfstrahler durch den Gebrauch und die an denselben gewonnenen Erfahrungen allein so weit vervollkommen haben, daß sie nach jeder Richtung befriedigen.

192. Kessel für ortsfeste Anlagen. Flammrohrkessel. Die heutigen Großkessel haben fast durchweg Innenfeuerung, d. h. die Feuerstelle ist zum Teil, meist jedoch vollständig, vom Kessel eingeschlossen. Kessel mit Außenfeuerung sind im allgemeinen, infolge der bedeutenden Wärmestrahlungsverluste (mit Ausnahme der Wasserröhrenkessel) weniger wirksam als Kessel mit innerer Feuerung; sie stehen jedoch für kleinere Anlagen oder dort, wo das Brennmaterial billig zu beschaffen ist, beziehungsweise für Betriebe, wo die Abgase anderer Feuerungsanlagen noch zur Kesselheizung ausgenützt werden können, vielfach in Verwendung. Die gewöhnliche Form derselben ist die eines horizontalen Cylinders mit konvexen Böden; nachdem die Heizfläche solcher Kessel (ca. $\frac{5}{8}$ der Ober-