

## Anhang.

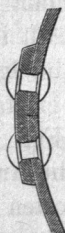
### Ergänzung zum 2. Teil des I. Kapitels.\*)

**§ 24. Konstruktion der Flammrohre.** In konstruktiver Hinsicht spielt das Flammrohr eine wesentliche Rolle. Während der Aufsenkessel dem inneren Dampfdrucke mit seiner Zugfestigkeit zu widerstehen hat und etwaige Abweichungen vom Kreisquerschnitt durch die elastische Anspannung auszugleichen gesucht werden, findet beim Flammrohr durch den von außen wirkenden Dampfdruck Beanspruchung auf Druckfestigkeit und bei nicht genau kreisylindrischer Gestalt zudem auf Biegezugfestigkeit derart statt, daß eine Zunahme der Deformation eintritt und Einknicken des Rohrs angestrebt wird. Es kommt deshalb bei der Herstellung der Flamm- und Feuerrohre vor allem darauf an, den Querschnitt möglichst genau kreisförmig zu erhalten. Man bedient sich daher statt der für die äußere Kesselschale gebräuch-

Fig. 11.



Fig. 12.



lichen Verbindung mit Überplattung, siehe Fig. 11, zweckmäßiger der Laschenverbindung, bei welcher keine schiefe Abbiegung der Längsränder des Blechs von der durch Walzen erhaltenen Kreisylinderform erforderlich ist und deren Enden in der Fuge stumpf zusammenstoßen, wie Fig. 12 zeigt, sodafs bei sorgsamer Anfertigung die Niete durch den Dampfdruck gar nicht beansprucht werden, worauf man jedoch bei ihrer Dimensionierung keine Rücksicht nehmen darf.

Noch besser ist das Zusammenschweißen der Bleche, weil hierbei keine die Wärmetransmission erschwerende Verdickung der Konstruktion vorkommt.

Nachstehende Figuren zeigen die bisher gebräuchlichen Blechverbände. Die konischen Blechsätze ermöglichen die in Fig. 13 dargestellte Anordnung zum Schutze der nach innen vorspringenden Blechkanten gegen den Anprall der Feuer-gase, insbesondere der Stichflamme bei innerer Feuerung. Bequemer ist die Herstellung zylindrischer Sätze, siehe Fig. 14. Die Blechsätze des äußeren

\*) Diese Ergänzung bildet zugleich die Fortsetzung der Abteilung „C. Konstruktion der Dampfkessel und Dampfmaschinen“, indem sie anknüpfend an S. 96 die „Bauart der Dampfkessel“ zum Abschluss bringt; weiterhin enthält dieselbe das Nötigste über „Speisewasservorwärmer und Speisepumpen“, dann unter „Konstruktion der Dampfmaschinen“ eine Übersicht über die wichtigeren Systeme von stationären Dampfmaschinen, transportablen Dampfmaschinen und Lokomobilen und zum Schluss ein Literaturverzeichnis.

Kessels bekommen entweder um zwei Blechdicken differierende Durchmesser, Fig. 13, sodafs sie für die Vernietung passend in einander geschoben werden können, oder übereinstimmende Durchmesser und Laschenverband, siehe Fig. 14.

Fig. 13.

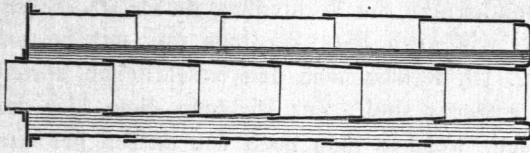
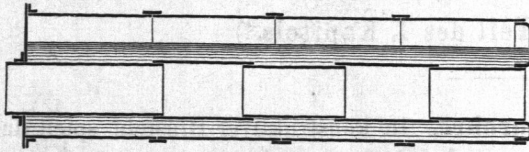


Fig. 14.



Außer der Biegungsbeanspruchung der Feuerrohre bei unrunder Form derselben, findet solche noch in etwelchem Mafse unvermeidlich infolge ihrer festen Verbindung mit den Stirnwänden des Kessels statt, indem das Rohr hier nicht nachgeben kann, während nach der Mitte seiner Länge hin durch Zusammendrücken der Durchmesser reduciert wird, also alle Längsfasern nach der Mittelaxe hin eine zwar geringe Einbiegung erfahren.

Diese verschiedenen Beanspruchungen erklären die früher so häufigen Explosionen von Dampfkesseln mit innerer Feuerung. Blossliegen der oberen Partie des Rohrs bei Wassermangel, sowie Ansammlung von Kesselstein haben leicht Erglühen des Blechs, besonders in der Gegend über dem Roste, und Deformationen zur Folge, welche bei den vorhandenen Beanspruchungen zum Einknicken und schliesslich zum Bersten des Kessels führen.

Männigfache Erfindungen von Einrichtungen zur Verhütung der Explosion sind durch schlimme Erfahrungen hervorgerufen worden; von diesen verdient als einfach und zweckmäfsig der schmelzbare Pfropfen hervorgehoben zu werden, den man vorn an der gefährlichsten Stelle oben in das Feuerrohr schraubt und dessen Legierung dem Betriebsdrucke des Kessels entsprechend so gewählt ist, dafs er beim Blossliegen, d. h. wenn der Wasserspiegel zu tief gesunken ist, infolge der dann eintretenden stärkeren Erwärmung schmilzt und durch den der entstandenen Öffnung entströmenden Dampf das Feuer auf dem Roste löscht; vergl. Fig. 13, Taf. V.

In der Steigerung der Wandstärke ist man durch die Anforderungen der Wärmetransmission und die mit dem Gewichte wachsenden Kosten beschränkt, hingegen verwendet man für die Flammrohre das beste Material, besonders Holzkohlenblech, welches bedeutende Deformationen aushält, ohne zu zerreißen, sodafs eingetretene Unregelmäßigkeiten eher noch bemerkt und durch Reparatur rechtzeitig beseitigt werden können.

Fairbairn zeigte durch Versuche<sup>85)</sup>, dafs die Festigkeit der durch äufseren Druck beanspruchten und mit ihren Enden festgespannten Rohre umgekehrt proportional ihrer Länge ist. Dies führte zur Verbindung der einzelnen Schüsse der Flamm-

<sup>85)</sup> Nach diesen Versuchen, welche mit der Länge nach genieteten Eisenblechrohren, allerdings von Durchmessern nur bis zu 476 mm, vorgenommen wurden, läfst sich die Widerstandsfähigkeit durch die Formel ausdrücken:

$$p = 569868 \frac{\delta^{2,19}}{l d},$$

worin  $\delta$  die Blechdicke,  $d$  den inneren Rohrdurchmesser,  $l$  die Länge, sämtlich in cm, und  $p$  den Druck in Atmosphären bedeutet, bei welchem das Zusammendrücken stattfindet. Für Rohre gröfserer Dimensionen, wie sie bei Dampfkesseln vorkommen, sind die Ergebnisse dieser Formel nicht mehr von befriedigender Genauigkeit. Eine von der „Hütte“ auf Grund der Fairbairn'schen Versuche berechnete, für praktische Rech-

rohre durch starke Laschen, siehe Fig. 15, und bei bestehenden Kesseln zur nachträglichen Anbringung von Versteifungsringen in Abständen von etwa 1 bis 1,5 m, welche jedoch, um zu starke Erhitzung des Blechs zu vermeiden, nicht unmittelbar, sondern mit Einschaltung eines die Niete umgebenden Rings auf das Rohr genietet werden, wie Fig. 16 zeigt. Nicht selten wendet man die Verbindung durch  $\cup$ -Eisen, siehe Fig. 17, oder mittels  $\perp$ -Eisen an, wie auch die allerdings nur mit bestem Materiale ausführbare Umbordung, Fig. 18, welche noch den wesentlichen Vorteil darbietet, daß die Nietköpfe dem Feuer entzogen sind. Zur Dichtung dient hier der eingelegte Ring aus weichem Schmiedeisen, welchen man noch von aussen her einstaucht und sorgfältig verstemmt.

Fig. 15.

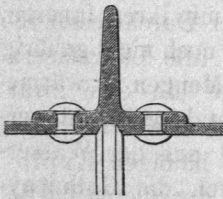


Fig. 16.

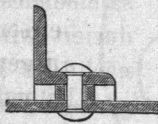


Fig. 17.

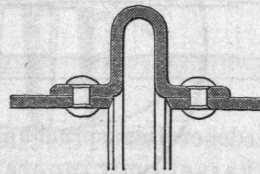
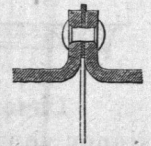


Fig. 18.



Die beiden letzten Verbindungskonstruktionen zeichnen sich noch besonders dadurch aus, daß sie dem Rohre in dessen Längsrichtung eine gewisse elastische Nachgiebigkeit verleihen, vermöge welcher die infolge verschiedener Erwärmung eintretenden Längendifferenzen zwischen Außenkessel und Flammrohr ohne zu starke Beanspruchungen des Verbands der einzelnen Schüsse unter sich und mit den Stirnwänden aufgenommen werden können.

Am besten jedoch entsprechen den zu stellenden Anforderungen, nämlich hohe Festigkeit gegen Einknicken und elastische Nachgiebigkeit in der Längsrichtung,

Fig. 19.



die gewellten Flammrohre, siehe Fig. 19, welche mit vorteilhaftester Materialverwendung zugleich einen Gewinn an Heizfläche verbinden, deren Wert

übrigens durch die zulässige geringere Blechdicke noch erhöht wird.

Je nach der Höhe der Wellung beträgt die Festigkeit derartiger Rohre bei gleicher Blechdicke das 4 bis 5fache derjenigen von glatt cylindrischen Rohren; somit lassen sich nun auch Flammrohre von größeren Durchmessern unbedenklich ausführen. Als ein weiterer Vorteil wird angeführt, daß der Kesselstein infolge der elastischen Nachgiebigkeit des gewellten Blechs nicht haften bleibe.

Erst in den letzten Jahren gelang es dem englischen Ingenieur Samson Fox<sup>86)</sup>, gewellte Rohre, welche schon vor etwa 30 Jahren in England herzustellen versucht wurden, durch Schweißen und Pressen oder Walzen in zuverlässiger Weise zu fabricieren. In Deutschland hat die

nungen bequemere Formel ist:

$$p = 376721 \frac{\delta^2}{l d} + 1160 \frac{\delta^2}{d} - 93 \frac{\delta}{d} .$$

Vergl. Berechnung der Widerstandsfähigkeit schmiedeiserner Röhren gegen äußeren Druck. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbfl. in Preußen. 1870. S. 115.

<sup>86)</sup> Schellhaas. Fox' patentierte Feuerrohre aus gewelltem Blech. Eisenbahn. 1878 II. S. 73. Mit Abb. — F. Kühne. Wellenblech für Feuerrohre. Mitt. d. Sächs. Ing. u. Arch. Ver. 1879 I. Mit Abb. — Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881. S. 14.

Firma Schulz, Knaut & Co. in Essen sich dieser Specialität angenommen und liefert Kessel mit seitlich (excentrisch) angebrachten Flammrohren, wodurch die Wassercirkulation begünstigt und an Zugänglichkeit für die Reinigung des Kessels gewonnen wird.

Ein vortreffliches Mittel zur Versteifung der Feuerrohre sind die von dem englischen Dampfkesselfabrikanten Galloway eingeführten konischen Rohre mit Umbordungen, siehe Fig. 20 u. 21, welche so dimensioniert werden, daß sie sich mit ihrem kleineren Durchmesser nach unten in das Feuerrohr einschieben und vernieten

Fig. 20.

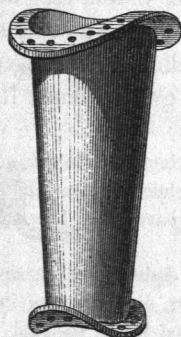
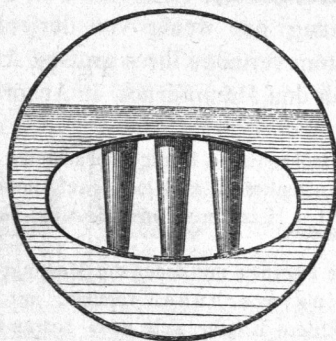


Fig. 21.



lassen. Sie vermehren übrigens nicht nur die Heizfläche, sondern erhöhen auch deren Wert, indem einerseits die das Feuerrohr durchstreichenden Feuergase gebrochen und mit ihren inneren, heißeren d. h. noch nicht gehörig ausgenutzten Mengen zu wärmeleitendem Kontakt gebracht werden, während auf der Wasserseite die durch die Gallowayröhren erzielte Wassercirkulation ebenfalls der Wärmetransmission

zu statten kommt. Besonders zweckmäßig dienen die Gallowayröhren zur Versteifung elliptischer Kammern, siehe Fig. 21, wie solche bei größeren Dampfkesseln mit zwei Feuerbüchsen vorkommen; vergl. die Konstruktion in Fig. 7 u. 8, Taf. I.

**§ 25. Heizröhrenkessel im allgemeinen.** Die Heizröhrenkessel oder Röhrenkessel, wie sie gewöhnlich kurzweg genannt werden, entstanden, indem die vor allem im Lokomotiv- und Schiffsbau gestellte Aufgabe, innerhalb gegebener Außen-dimensionen eine möglichst große Heizfläche unterzubringen, durch Anwendung einer größeren Zahl von Flammrohren kleineren Durchmessers, der sogenannten Heizrohre<sup>87)</sup>, ihre Lösung finden mußte. Man ist mit der Weite der Rohre bis auf das kleinste Maß herabgegangen, bei welchem die Reinigung von Ruß noch gut geschehen kann; damit ist aber zugleich eine vorteilhaftere Wärmeausnutzung erreicht, indem die Feuergase mit der Heizfläche in innigen Kontakt gebracht werden und durch die verhältnismäßig dünneren Röhren die Wärmetransmission leichter stattfindet. Hierin beruht wesentlich die Güte der Röhrenkessel, welche sich vermöge ihres geringen Gewichts- und Raumbedarfs für transportable Anlagen vortrefflich eignen, wobei die Entbehrlichkeit äußerer Züge und des sonst dafür erforderlichen Mauerwerks als ein großer Vorzug vor anderen Kesselsystemen in die Wagschale fällt.

Der Wasserraum der Röhrenkessel ist im allgemeinen mächtig. Die Feuerung wird meistens innen, entweder in einem Feuerrohre oder einer kastenartigen Ausbildung des Kessels (Feuerkiste) untergebracht. Die Heizrohre werden aus Schmiedeeisen, Stahl oder Messing, seltener aus Kupfer, in Durchmessern von 32 bis etwa 250 mm und in Längen bis zu 5 m hergestellt, mit Wanddicken von 2 bis 9 mm, doch sind für Lokomobilen vorwiegend Durchmesser von 43 bis 52 mm bei 2 bis 3 mm Wandstärke, für Schiffskessel Durchmesser bis 90 mm gebräuchlich.<sup>88)</sup>

<sup>87)</sup> Nach der Nomenklatur der deutschen Reichsstatistik, statt der bisher allgemein gebräuchlichen allerdings nicht scharfen Bezeichnung „Siederrohre“.

<sup>88)</sup> Die Bestimmung, daß die von der Feuerluft berührte Heizfläche nicht bis in den Dampfraum ragen

Da Messingrohre in den Rohrwänden besser dicht halten und sich eventuell leichter dichten lassen als solche aus Eisen und Stahl, und das Undichtwerden durch Kesselstein auf den Rohren erfahrungsgemäß befördert wird, so empfehlen sich Messingrohre um so mehr, je weniger gut das Speisewasser ist; außerdem kommt noch die bessere Wärmeleitfähigkeit des Messings in Betracht.

Eiserne Rohre besitzen dagegen eine weit größere Haltbarkeit und platzen weniger leicht; sie sind demnach bei gutem Speisewasser und bei öfterer Reinigung des Kessels sowohl in der Beschaffung als auch in der Unterhaltung die billigeren und haben noch den Vorzug als Verankerungen der Rohrwände zu dienen, indem ihre durch die Erwärmung bedingte Ausdehnung nur wenig von derjenigen des Aufsenkessels abweicht, während bei Messingrohren vermöge ihres großen Ausdehnungskoeffizienten bedeutende Ausbiegungen der durch den Dampfdruck in Anspruch genommenen Rohrwände stattfinden.

Die bis zur Höhe der oberen Heizröhrenreihe häufig beobachteten Furchen der Rohrwände in der Nähe ihrer Verbindungen mit dem Aufsenkessel sind meist auf diese ungleichen Ausdehnungen zurückzuführen; sie machen sich daher bei Heizrohren aus Messing bemerkbarer als bei solchen aus Eisen.

Häufig sucht man die Vorzüge der eisernen mit denen der Messingrohre dadurch zu vereinigen, daß man die ersteren mit kurzen Messingvorschuhern versieht, mit denen die Dichtung in den Rohrwänden bewirkt wird. Da das duktilere Kupfer sich noch besser dichten läßt, so sind auch Kupfervorschuhe gebräuchlich, doch erfordern alle diese Anordnungen besondere Sorgfalt in der Verlöthung der verschiedenen Materialien.

Undichtwerden der Heizrohre ist im allgemeinen bei vertikal stehender Anordnung der Rohre mehr zu befürchten und die Beseitigung schwieriger als bei horizontaler Lage; demnach beanspruchten stehende Röhrenkessel eher besseres Speisewasser.

Die Zwischenräume der einzelnen Heizrohre und des Heizraums (Feuerbüchse) mit dem Aufsenkessel fallen meistens sehr gering aus, sodaß sie durch Kesselstein bald verstopft werden. Deshalb müssen Heizrohrkessel unter sonst gleichen Bedingungen häufiger gereinigt werden, als die Kessel der früher behandelten Systeme, ein Übelstand, der schwer zu ihren Ungunsten ins Gewicht fallen kann. Wenn man sich nicht zur Anwendung ausziehbarer Rohrkonstruktionen entschließen will<sup>89)</sup>, sind Röhrenkessel für Anlagen mit dauerndem Betrieb nur bei besonders gutem oder vorher gereinigtem Speisewasser zu empfehlen.

Der Gesamtquerschnitt der Heizrohre ergibt sich unter Umständen für die durchströmenden Heizgase verhältnismäßig klein; dann ist es, um hinreichenden Zug zu erhalten, nötig, entweder den Durchmesser der Rohre zu vergrößern, was zugleich ihre Verlängerung erforderlich macht, wenn nicht auf einen Teil der Heizfläche verzichtet werden darf, oder den Zug künstlich zu verstärken, wenn man sich nicht natürlicher Zugerzeugung mit einer höheren Essentemperatur und verhältnismäßig größerem Brennmaterialaufwand bedienen will.

Die Breite des zwischen zwei Nachbarrohren stehenden Stücks der Rohrwand, die Stegstärke, darf nicht unter ein gewisses Maß fallen (bei Lokomotivkesseln etwa 16, bei Schiffskesseln circa 25 mm), um noch hinreichende Festigkeit zu haben. Ist dieses Maß für einen Kessel bestimmt,

darf, findet auf Heizrohre von weniger als 10 cm Weite keine Anwendung; für manche Dampfkesselsysteme sind daher Heizrohre von größerem Durchmesser schon durch diese Verfüzung ausgeschlossen.

<sup>89)</sup> Entweder sind die Rohre mit konischen Enden in die Rohrwände derart eingesetzt, daß sie behufs Reinigung einzeln herausgezogen werden können, solche Kessel werden von Paucksch & Freund in Landsberg a/Warthe gebaut, oder es wird das vollständige Röhrenbündel mit der vorderen Stirnwand des Kessels herausgezogen, vergl. Fig. 15, Taf. II, und Fig. 1—4, Taf. VI.

so erhält man die größte Heizfläche in den Rohren, wenn der lichte Durchmesser derselben gleich Stegstärke plus der doppelten Wandstärke der Rohre (also für Lokomotivkessel 20 und für Schiffskessel 31 mm) genommen wird. Üblich ist es, den lichten Durchmesser der Siederohre annähernd dreimal größer als die Stegstärke plus der doppelten Wanddicke zu nehmen.

Abgesehen von der nur während des Anheizens und der Arbeitspausen zur Anfachung des Feuers üblichen Einführung frischen Kesseldampfes in den Schornstein<sup>90)</sup> dient meistens der Auspuffdampf der Dampfmaschine zur Erzeugung des erforderlichen Zugs, indem man diesen durch ein in den Schornstein mündendes Blasrohr von entsprechender Weite leitet. Der heftig ausströmende Dampf reißt die ihn umgebende Luft mit fort und bewirkt daher hinten ein Vakuum (Differenz des Drucks der äußeren Atmosphäre und der Spannung der Verbrennungsgase unterhalb des Dampfstrahls), welches der Menge des ausströmenden Dampfes und dem Rückdrucke desselben auf den Kolben der Dampfmaschine direkt und der mitgerissenen Luftmenge umgekehrt proportional ist. Es ergibt sich aus diesen Beziehungen, daß bei gleichem Vakuum die Menge der Luft, welche dem Brennmaterial zugeführt wird, der verbrauchten Dampfmenge proportional ausfällt.

Man hat aus dem Vorigen häufig den Schluß gezogen, daß z. B. bei Lokomotivkesseln die Dampfbildung in dem gleichen Maße wachsen müsse, in welchem der Dampfverbrauch zunehme. Die Unrichtigkeit dieser Schlußfolgerung geht daraus hervor, daß bei einer Kesselanlage von gegebenen Abmessungen allerdings bei doppelter Luftzuführung annähernd das doppelte Kohlenquantum in gleicher Zeit auf dem Roste verbrannt werden kann, daß aber dieses doppelte Kohlenquantum keineswegs im Stande ist, bei der Verbrennung auch die doppelte Dampfmenge zu liefern, weil sich das Güteverhältnis der Kesselanlage bei wachsender Leistung verschlechtert.

Da die Geschwindigkeit der Gase für gleiche Anlagen annähernd proportional der Wurzel aus dem Vakuum unter dem Schornstein ist und dieses Vakuum wiederum dem im Blasrohre vorhandenen Dampfüberdrucke proportional ausfällt, so wird ersichtlich, daß auch der Rückdruck des ausströmenden Dampfes auf den Kolben mit dem Quadrate des Verhältnisses würde wachsen müssen, in welchem sich der Gesamtquerschnitt der Siederohre gegen den normalen verkleinert, wenn eben der Widerstand der Gase in den Rohren der einzige in Frage kommende wäre. Wird dieser Widerstand für normale Verhältnisse zu 25% sämtlicher übrigen Zugwiderstände, werden letztere also zu 0,75 angenommen, so steigt ersterer auf  $2^2 \cdot 0,25 = 1$  und auf  $3^2 \cdot 0,25 = 2,25$ , somit der Gesamtwiderstand auf 1,75 und auf 3, wenn der lichte Querschnitt aller Heizrohre nur die Hälfte oder ein Drittel des normalen beträgt.

Wird der Feuerluft durch andere Heizflächen bereits erheblich Wärme entzogen, ehe sie in die Heizrohre gelangt, so dürfen diese natürlich, der verminderten absoluten Temperatur d. h. der Volumenreduktion entsprechend, etwas enger angeordnet werden.

Man unterscheidet bei Röhrenkesseln direkte und indirekte Heizfläche, indem man unter ersterer diejenige der Feuerkiste, welche von der strahlenden Wärme des Brennmaterials getroffen wird, und unter letzterer die übrige Heizfläche, nämlich diejenige der Heizrohre versteht.

Außer der strahlenden Wärme empfängt die direkte Heizfläche stets die erste, also auch die stärkste Hitze von der Feuerluft; es ist demnach erklärlich, daß sie pro Flächeneinheit überwiegend mehr Dampf liefert, als jeder andere Teil des Kessels. Wird deshalb besonderer Wert auf große direkte Heizfläche gelegt, so darf dabei nicht übersehen werden, daß die hier stattfindende starke Dampfbildung notwendigerweise eine entsprechende Temperaturverminderung der Verbrennungsprodukte und demnach eine Wertverminderung der indirekten Heizfläche zur Folge hat. Eine Vergrößerung der direkten bedingt konstruktiv eine weit erheblichere Verminderung der

<sup>90)</sup> Siehe Fig. 21, Taf. IV, und Fig. 1, Taf. VI.

indirekten Heizfläche, wenn nicht zugleich die Dimensionen des Aufsenskessels verändert werden dürfen; sie erscheint daher über das sich aus den übrigen Konstruktionsverhältnissen von selbst ergebende Maß hinaus im ganzen nicht als ratsam.

Da bei den meisten Kesselanlagen mit der direkten Heizfläche zugleich die Rostfläche wächst, große Rostflächen aber das Verbrennen größerer Brennstoffmengen gestatten, so kann eine Erweiterung der direkten auf Kosten der sonst erhältlichen

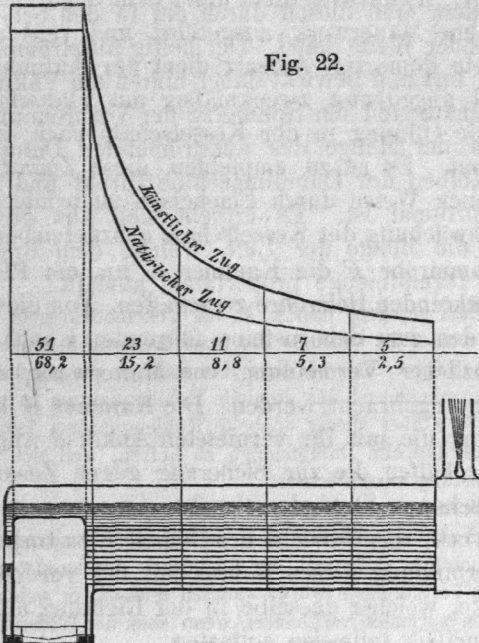


Fig. 22.

indirekten Heizfläche für Anlagen als ratsam erscheinen, welche außer der normalen Leistung zeitweise erheblich gesteigerten Ansprüchen genügen müssen.

Die für die Dampfproduktion hervorragende Bedeutung der Feuerkiste<sup>91)</sup> verdeutlicht nebenstehende Fig. 22, in welcher nach Mittelwerten zahlreicher Versuche mit verschiedenen Brennmaterialien die in den fünf Abteilungen eines Lokomotivkessels bei gewöhnlichem (natürlichen) und starkem (künstlichen) Zuge, entsprechend einem Vakuum von 20 bis 100 mm Wassersäule, erzeugten Dampfmen gen als Flächen über den zugehörigen Horizontalstrecken des Kessels erscheinen. Die in den einzelnen Sektionen gemessenen Dampfmen gen sind in Prozenten der jeweiligen gesamten Dampfproduktion für den ersten Fall unten, für den zweiten Fall oben eingeschrieben, wobei das Verhältnis der in den beiden Fällen erzielten gesamten Dampfmen gen sich gleich 1:1,4 herausstellt. Die Heizfläche der Heizrohre kommt also bei forciertem Betriebe mehr zur Verwertung, übrigens

im allgemeinen bei verschiedenen Brennmaterialien um so mehr, je langflämmiger sie brennen.

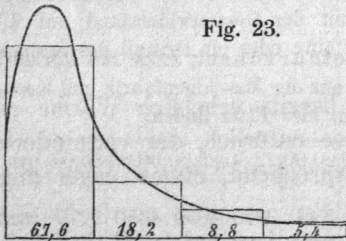


Fig. 23.

Aber auch bei gewöhnlichen Cylinderkesseln mit Unterfeuerung ist die Dampfproduktion direkt oberhalb der Feuerung eine relativ sehr bedeutende, wie Fig. 23 nach Graham's Versuchen verdeutlicht, welche bei offenem Kessel für das erste Viertel seiner Länge 67,6% der totalen Dampfproduktion ergaben. Die Rostfläche betrug  $\frac{1}{30}$  der Heizfläche.

**§ 26. Horizontale Röhrenkessel.** Die Fig. 16 u. 17, Taf. II, stellen einen Kessel mit horizontalen Heizrohren und cylindrischer Feuerbüchse *F* dar. Obgleich die Feuerbrücke in einiger Entfernung vor der anderen Heizrohrwand liegt, werden doch die oberen Rohrreihen vorzugsweise von der Stichflamme getroffen; die Erwärmung der Rohrwand ist demnach eine ungleichmäßige, was leicht zu Leckagen Anlaß giebt. Während der Fairbairn-Kessel, Fig. 7 bis 10, Taf. II, weit weniger unter diesem Übelstande leidet, fällt er bei der in Fig. 18 u. 19 dargestellten, für Lokomobilen häufig angewendeten Konstruktion mit sogenannten Retourröhren gänzlich fort, indem hier die Heizrohre von der Stichflamme nicht mehr getroffen werden. Dagegen

<sup>91)</sup> Petiet, Etude sur la vaporisation dans les générateurs. Oppermann. Portef. écon. 1877. S. 23. Taf. 12. — Ähnliche Darstellungen hat Nöggerath gegeben. Civiling. Bd. X. 1864. S. 382. — Vergl. § 9. S. 61. Berechnung der Heizfläche. Temperaturgefälle.

erscheint letzterer Kessel bezüglich des Nachstemmens und des Reinigens dennoch undicht gewordener Rohre als der ungünstigste, weil diese hier am wenigsten zugänglich sind.

Nach Fig. 17 gelangen die Heizgase aus den Rohren in die Rauchkammer *R* und aus dieser in den direkt an dem Kessel befestigten und demnach entsprechend kürzeren Schornstein *S*; zur Erzeugung des erforderlichen Zugs wird die Anbringung eines Blasrohrs für den gebrauchten Dampf (Exhaustors) dicht unter dem Schornstein notwendig. Der Kessel selbst ist ganz ohne Mauerwerk ausgeführt und ruht auf gußeisernen Stützen. Der mit *D* bezeichnete domartige Aufsatz dient zur Aufnahme des Dampfventils und wird, wie punktiert angedeutet, zweckmäfsig mit Flanschenverbindung abnehmbar hergestellt, wenn die Öffnung in der Kesselschale nach dem Dampfdom hin als Mannloch zu dienen hat. Es ist zu empfehlen, diese Zugangsöffnung in der in der Zeichnung vorgesehenen Weise durch Flacheisen zu armieren, um die durch den Ausschnitt bedingte Verschwächung der Kesselschale auszugleichen.

In Fig. 19 schließt sich an das Flammrohr *F* die Kammer *K* an, um Platz für die nach der Rauchkammer *R* zurückführenden Heizrohre zu schaffen. Von dieser aus gelangen die Heizgase nach unten in den zum Schornsteine führenden Kanal *S*; hingegen könnte statt dessen, behufs gänzlicher Vermeidung von Mauerwerk, ein Blechschornstein oben an der Rauchkammer angebracht werden. Die Kammer *K* hat oben eine gerade Decke, zu deren Absteifung die mit ihr vernieteten Anker *d* angebracht sind. Bei der Kürze dieser Kammer hätten die zur Sicherung gegen Zusammendrücken durch den Dampfdruck vorgesehenen Stehbolzen wohl erspart werden können, indessen haben die unteren den Zweck, das Gewicht des Rohres *F* zu tragen, während die horizontalen Stehbolzen die Verbindung dieses Rohres mit der vorderen Stirnwand des Kessels von dem Dampfdrucke, welcher dasselbe in der Richtung nach dem Feuerraum fortzupressen sucht, zweckmäfsig teilweise entlasten.

Einen ähnlichen Dampfkessel mit abnehmbarer Rauchkammer besitzt die Halb-lokomobile; Fig. 21, Taf. IV.

Über die Hauptdimensionen von Dampfkesseln mit Retourröhren möge mit Rücksicht auf ihre vielfache Anwendung im Baumaschinenwesen eine Tabelle aus der Maschinenfabrik und Kesselschmiede von J. Soeding & v. d. Heyde in Hörde (Westfalen) hier Platz finden.

Feuerberührte Fläche . . .	5,50	7,00	9,50	12,50	15,60	17,60	20,00	22,50	25,00	30,00	35,00	qm
Länge des Kessels inkl. Rauchkammer circa . . . . .	2050	2360	2550	3020	3200	3550	3550	3920	4050	4650	5270	mm
Durchmesser des Kessels . . . . .	750	830	920	1030	1160	1160	1220	1220	1320	1370	1370	mm
Durchmesser des Feuerrohrs . . . . .	425	460	510	575	630	630	650	650	725	760	760	mm
Zahl der Heizrohre . . . . .	10	12	16	16	18	18	20	20	20	22	22	Stück
Durchmesser der Heizrohre . . . . .	64	64	64	70	76	76	83	83	89	89	89	mm
Durchmesser des Kamins . . . . .	200	200	235	270	300	300	300	300	350	400	400	mm
Ungefähres Gewicht des Kessels	900	1400	1600	2200	2750	3000	3400	3650	4200	5000	5500	kg.

Diese Kessel haben abschraubbare Stirnwände, sodafs die Feuerbüchse samt Heizrohren behufs Reinigung herausgezogen werden kann. Das Ausziehen, Reinigen und Zusammensetzen kann in einem Tag recht gut ausgeführt werden. Die Verdampfung wird als eine acht- bis zehnfache angegeben.

Der Kessel nach Fig. 7 bis 10 ist mit Doppelfeuerung konstruiert. Die betreffenden Rohre vereinigen sich hinter der Feuerbrücke zu einer Zwischenkammer *K*, wo bei abwechselnder Beschickung der Roste Rauchverbrennung stattfindet. Von hier aus führen Heizrohre nach der Rauchkammer *R*, deren Hinterwand mit einem abnehmbaren Deckel versehen ist, um behufs Reinigung einsteigen zu können. Zur

Taf. II



leichteren Entfernung der Flugasche führt aus dem Raume  $K$  ein während des Betriebes verschlossener Rohrstützen  $A$  in einen unter ihm befindlichen besteigbaren Kanal.

Trotz der Kürze des Raumes  $K$  sind zur Sicherung seiner Form oben besondere Anker angebracht, während diese unten als entbehrlich erscheinen, da hier der Rohrstützen  $A$  die Absteifung gegen den Aufsenkessel bewirkt.

Die Zwischenkammer  $K$  wird mit einer Kraft nach unten gedrückt, welche dem Dampfdrucke auf eine Fläche vom Querschnitte des Stützens  $A$  gleichkommt; mit Rücksicht hierauf ist die angedeutete Aufhängung des betreffenden Konstruktionsteiles an dem Aufsenkessel um so mehr angemessen. Die Revision derartiger, ohne eine solche Aufhängung konstruierter Kessel zeigt meistens, daß die Verbindungen des Stützens  $A$  mit den betreffenden Teilen schadhafte und verbogen sind.

Die Röhrenkesselkonstruktion von R. Wolf in Buckau-Magdeburg, siehe Fig. 1 bis 4, Taf. VI, mit cylindrischer und hinsichtlich des Aufsenkessels vertical excentrisch angebrachter Feuerbüchse gestattet gründliche Reinigung des Kessels und der Rohre nach Herausnahme der inneren Feuerkiste mit den Rohren, wozu nur die Lösung der Schrauben erforderlich ist, welche die vordere Stirnwand mit dem Aufsenkessel und die hintere Rohrwand mit der entsprechend ausgeschnittenen hinteren Stirnwand verbinden.

**Lokomotivkessel.** Die für Lokomobile und provisorische Anlagen vielfach angewendeten Lokomotivkessel unterscheiden sich von dem in Fig. 16 u. 17, Taf. II, dargestellten Dampfkesseltypus insofern, als die Feuerbüchse zu einer nach unten offenen Feuerkiste mit flachen Seitenwänden ausgebildet ist, zu deren Versteifung mit den äußeren Kesselwänden (äußere Feuerkiste) Stehbolzen dienen. Durch einen unmittelbar darüber angebrachten Dampfdom, wie in Fig. 17 abnehmbar angedeutet, kann man zum Reinigen des Kessels in das Innere gelangen.

Die äußere Feuerkiste, welche oben die direkte Fortsetzung des Langkessels bilden kann, wird häufig über diesen erhöht, siehe Fig. 14, um sowohl hinreichenden Dampfraum zu gewinnen, als auch die Decke der inneren Feuerkiste zugänglicher zu machen; außerdem gestattet die Anordnung eine geringe Erweiterung der inneren Feuerkiste nach oben und daher eine entsprechende Vermehrung der Zahl der Heizrohre.

Diese kompliziertere und daher schwieriger auszuführende Konstruktion kommt bei Lokomobilkesseln weit seltener als bei Lokomotiven vor, dagegen empfiehlt sich auch hier die dort in neuerer Zeit sehr beliebte Absteifung der Feuerkistendecke durch Stehbolzen. Diese, durch die Figuren 11, 12 u. 13, Taf. II, illustrierte Methode der Deckenversteifung macht die Deckenanker überflüssig und entlastet die Seitenwände von dem vertikal nach unten wirkenden Dampfdrucke. Die Deckenreinigung muß durch seitlich angebrachte Reinigungsluken bewirkt werden. Die in Fig. 11 u. 12 dargestellte, unten geschlossene Feuerkistenkonstruktion hat noch den Vorzug der besseren Wassercirkulation und der leichteren Reinigung der unteren Partie.

In Frankreich sind für Lokomobilkessel die früher bei Lokomotiven gebräuchlich gewesenen, bedeutend überhöhten äußeren Feuerbüchsen noch verbreitet, welche einen aufrecht stehenden kreisförmigen Cylinder bilden und eine gleichfalls cylindrische innere Feuerbüchse enthalten, die soweit, als die Heizrohre reichen, eine ebene Wand erhält; vergl. Fig. 3, Taf. V.

Verschiedene Konstruktionen von **Reinigungsluken** verdentlichen nachstehende Figuren 24—28. Die aus Blech geprefste Platte in Fig. 27 bildet einen Schlamm-sack. Die geschlossene Mutter, Fig. 28, gewährt Abdichten gegen Ausströmen von Wasser oder Dampf durch die Zwischenräume im Schraubengewinde.

Fig. 24.

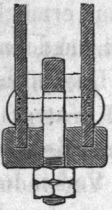


Fig. 25.

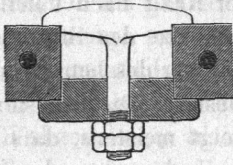


Fig. 26.

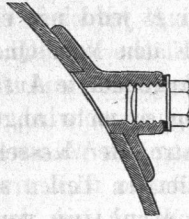


Fig. 27.

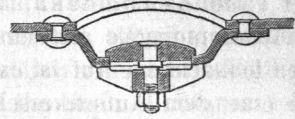
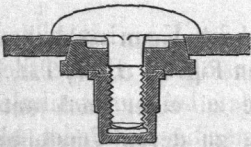


Fig. 28.



Die Anordnung der Heizrohre geschieht nach Quadraten oder gleichseitigen Dreiecken. Wird die mindest zulässige Entfernung von zwei Nachbarrohren mit  $e$  bezeichnet, so beansprucht jedes Rohr bei der quadratischen Anordnung eine Rohrwandfläche  $= e^2$ , bei der zweiten Anordnung hingegen eine solche von nur  $0,866 e^2$ ; es ist also ersichtlich, dafs die Dreieckanordnung die Einbringung einer erheblich größeren Zahl von Rohren gestattet. Ob in letzterem Falle die Heizröhrenreihen vertikal oder horizontal laufen oder ob bei der quadratischen Einstellung der Rohre die Diagonalen, wie in Fig. 13, Taf. II, mit den Vertikal- und Horizontallinien zusammenfallen, erscheint von untergeordneter Bedeutung. Obwohl vertikal gestellte Röhrenreihen das Aufsteigen der Dampfblasen zu erleichtern scheinen und die Wände widerstandsfähiger gegen den sie niederdrückenden Dampfdruck der Feuerkisten- decke machen sollen, pflegt man doch vorwiegend die Anordnung zu wählen, welche die Einbringung der meisten Rohre gestattet.

**Röhrenkessel mit Ten-Brink'scher Feuerung (Halbgasfeuerung).** Die für größere stationäre Dampfkesselanlagen mit gutem Erfolge angewendeten Ten-Brink'schen Feuerungen sind von Gebr. Decker & Co. in Cannstadt auch auf kleinere, beziehungsweise transportable Röhrenkessel übertragen worden (D. R. P. No. 8213), wie der horizontale Kessel Fig. 15, Taf. II, und der Fieldkessel, Fig. 11, Taf. III, Beschreibung S. 486, zeigen. Zur Aufnahme der Feuerung ist eine konische Büchse eingebaut, welche samt den Heizrohren herausgezogen werden kann. Zu diesem Zwecke braucht man nur die Befestigungsschrauben zu lösen, mit welchen die vordere schiefe Stirnwand mit dem durch Winkeleisen umringten Langkessel und die hintere Rohrwand mit der excentrisch ausgeschnittenen anderen Stirnwand des Kessels (mit Einlage von Dichtungsmaterial) verbunden ist.

Von den drei Klappthüren der Einföuerung dient die mittlere zur Einbringung des Brennmaterials, welches auf dem etwas mehr als  $45^\circ$  geneigten Roste allmählich herabrutscht, in dem Mafse wie die Verbrennung vorschreitet. Der intensivere Verbrennungsprozess in den unteren Partien des Brennmaterials bewirkt vermöge der Richtung, welche der Flamme durch die Anordnung der Feuerbüchse gegeben wird, eine successive Vorwärmung und teilweise Vergasung der von oben nachfolgenden Kohlen, und wird durch die oberste, mittels Schraube stellbare Klappe die zur vollständigen Verbrennung der sauerstoffarmen Gase noch erforderliche Luft zugelassen. Die ausgebrannten Rückstände sammeln sich unten im Boden der Feuerbüchse an und schliessen den Zwischenraum unterhalb des Rostes gegen Luftzutritt ab.<sup>92)</sup>

<sup>92)</sup> Derartige Kessel werden von 5 bis 30 qm Heizfläche gebaut und wird die stündlich pro qm Heizfläche verdampfte Wassermenge zu 12 bis 18 kg angegeben; siehe Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing.

**§ 27. Stehende Kessel im allgemeinen.** Die stehenden oder vertikalen Dampfkessel werden fast ausschließlich als Röhrenkessel gebaut; sie eignen sich wegen geringen Bedarfs an Bodenfläche und bequemer Aufstellung hauptsächlich für halblokomobile Maschinen, während für Lokomobilen horizontale Kessel meistens vorgezogen werden, da sie sich bequemer mit zwei Radaxen versehen lassen und ein stabileres Fuhrwerk ergeben. Der verhältnismäßig kleine Wasserraum ermöglicht zwar rasches Anheizen, bedingt jedoch in Verbindung mit der geringen Ausdehnung des Wasserspiegels andererseits den Nachteil, daß das Aufsteigen der Dampfblasen unter lebhafterem Aufwallen stattfindet und somit verhältnismäßig viel Wasser von dem erzeugten Dampfe mit fortgerissen wird, welcher dann auch in dem relativ kleinen Dampfraum zur Absonderung des Wassers nicht hinreichende Ruhe finden kann. Eine Verminderung dieses Übelstands wird erzielt, indem man die Züge so anordnet, daß die Feuergase auf ihrem Wege nach dem Kamin entweder durch den Dampfraum geleitet werden oder die Außenfläche des Kessels bestreichen, wobei noch Wärme abgegeben und der Dampf mehr oder weniger getrocknet wird. Immerhin sind die Einrichtungen zur Sicherung regelmäßiger Strömung des Wassers und des Dampfes im Wasserraume, ferner Wasserabscheider (Dampfentwässerungsapparate)<sup>98)</sup> in der Dampfleitung gerade bei vertikalen Dampfkesseln für einen einigermaßen ökonomischen Betrieb kaum zu entbehren.

Da die Züge der stehenden Kessel zugleich einen Teil des Kamins bilden, darf das noch aufzusetzende Essenrohr entsprechend kürzer ausfallen. Hinsichtlich des Verdampfungseffektes ist der Umstand hervorzuheben, daß bei nur vertikaler Leitung der Feuergase die Wärmeabgabe insofern weniger vollständig stattfindet, als ein Teil des Gasgemenges central durch die Siederohre streichen kann, ohne mit der Kesselwand in direkte Berührung zu kommen. Obwohl dieser Nachteil nicht hoch anzuschlagen ist, da die ohnedies wesentliche Wärmeabgabe durch Strahlung durch die gebräuchlichen engen Siederohre begünstigt wird, so verdienen doch die Kesselkonstruktionen Beachtung, bei welchen die Feuergase sich nicht parallel zur Heizfläche bewegen, sondern schief gegen dieselbe anprallen oder durch den Wechsel ihrer Bewegungsrichtung und das damit bewirkte Durcheinanderwirbeln mehr zu direkter Wärmeabgabe gelangen.

### § 28. Konstruktion vertikaler Kessel.

**Stehender Röhrenkessel mit Feuerbüchse und durchgehenden Heizrohren;** Fig. 1, Taf. III. Der cylindrische Kessel ruht mit einer gußeisernen ringförmigen Fußplatte auf einem zugleich den Aschenfall bildenden Mauersatz. Die Anordnung der Züge im Innern des Dampfkessels macht jede Ummauerung entbehrlich. Mit Einschaltung eines schmiedeisernen Ringes ist die Feuerbüchse mit dem Außenkessel unten vernietet. Beide werden durch die Einf Feuerungsöffnung durchbrochen, welche Verschwächung jedoch durch den zwischen genieteten starken Ring wieder ausgeglichen wird. Das Kamin, zur Regulierung des Zugs in der Regel mit einer Drossel-

1880. S. 529. — Versuche mit einer größeren stationären Dampfkesselanlage (mehrfacher Cylinderkessel mit Gegenstromvorwärmer) mit Ten-Brink'scher Feuerung ergaben bei 5 Atm. Betriebsdruck pro 1 kg Saarkohle eine Verdampfung von 9,28 kg Wasser, reduziert auf 0° Anfangstemperatur. Verdampfung pro Stunde und qm Heizfläche 14 kg, stündliche Verbrennung pro qm Rostfläche 60 kg. Temperatur im Fuchs nur 102°; allerdings war die S. 94 hervorgehobene Rostbildung auch hier zu beobachten. Dingler's polyt. Journ. 1877 IV. S. 461.

<sup>98)</sup> Siehe II. Kap. § 64, S. 249. Dampfentwässerungsapparate und Kondensationswasserableiter.

klappe versehen, steht auf einem gußeisernen trichterförmigen Untersatz, durch dessen Lucken nach Beseitigung der Verschlussdeckel die Heizrohre behufs Reinigung von Rufsansatz von oben her durchfahren werden können, während für die Befreiung der Rohre von Kesselstein die Putzlöcher in Höhe des Feuerbüchsen Scheitels vorgesehen sind. Die Anordnung der Rohre ist so gewählt, daß sie ohne Schwierigkeit sämtlich mit den Putzwerkzeugen bestrichen werden können. Durch die genannten Putzlöcher geschieht auch die Reinigung der Feuerbüchsendecke, welche übrigens zu möglicher Verhütung der Ansammlung von festen Niederschlägen, sowie auch im Interesse der Festigkeit gewölbt ist. Endlich dienen zum Herausschaffen des Schlammes die unten angebrachten kleinen Öffnungen mit Deckelverschlufs.

Der Rost, dessen reichliche Größe die Feuerung mit Steinkohlen, Coaks, Holz, Torf oder auch Sägemehl hinreichend gestattet, ruht mit einem besonderen Ringe auf der Grundplatte und zwar in solcher Höhe, daß die unterste ringförmige Kesselpartie, in welche die Speiseleitung mündet, kühler bleibt und bei Anfüllung mit Kesselstein kein Durchbrennen zu befürchten ist.

Zur Verminderung der Abkühlung wird der Kessel mit einem Blechmantel umschlossen, der den Öffnungen der Kesselschale entsprechend durchbrochen und zum Zwecke der Kesselrevision zerlegbar eingerichtet ist. Bezüglich der sonst noch zur Wärmehaltung direkt auf der Kesseloberfläche zweckmäßig zu benutzenden Umkleidungsmaterialien darf auf § 62 des II. Kap. „Umhüllung der Dampfleitungen“ verwiesen werden.

Über die Hauptdimensionen derartiger Kessel von J. Soeding & v. d. Heyde in Hörde (Westfalen) giebt nachstehende Tabelle Aufschluß.

Totale feuerberührte Fläche <i>H</i> . . . . .	2,5	4	5	6	7	9	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	30	qm
Höhe des Kessels excl. Kaminuntersatz . . .	1880	2190	2180	2280	2290	2510	2600	2670	2850	2880	2980	3280	3360	3880	mm
Durchmesser des Kessels	500	600	655	700	760	870	870	965	1050	1050	1160	1160	1220	1220	mm
Zahl der Heizrohre . . . . .	9	12	16	18	19	23	25	30	33	33	36	36	40	40	Stück
Durchmesser der Heizrohre . . . . .	57	57	57	57	63	63	63	63	63	76	76	76	76	76	mm
Durchmesser des Kamins	150	215	215	235	235	270	270	270	300	300	320	320	350	350	mm
Gewicht des Kessels inkl. Kaminuntersatz circa	400	630	720	815	975	1270	1330	1580	1870	2060	2430	2660	3070	3200	kg.

Betriebsdruck 6 bis 7 Atm. absolut. Pro Pferdestärke werden mindestens 1,5 qm feuerberührte Fläche gerechnet. Stündliche Verdampfung pro qm Heizfläche 17 bis 19 kg. Kessel von weniger als 7 qm Heizfläche bekommen nur ein Mannloch.

Zur Erleichterung des Reinigens baut man nicht selten die äußere Dampfkesselschale getrennt und mit Flanschenverbindung derart, daß der obere etwa bis zur Feuerbüchse reichende Teil nach dem Lösen der Verbindungsschrauben abgehoben werden kann. Dies läßt sich jedoch bei größeren Ausführungen nicht bequem bewerkstelligen und erfordert das Abnehmen der anschließenden Rohrleitungen.<sup>94)</sup>

**Röhrenkessel mit eintauchender Rauchkammer.** An den vorstehend beschriebenen Dampfkesseln hat man häufig die Erfahrung gemacht, daß die Heizrohre in der Gegend des Wasserspiegels, besonders durch Korrosion von der Wasserseite her, zerstört werden. Nicht selten mag bei forcierter Feuerung eine schädliche Erhitzung der Rohre in der unteren Partie ihrer Dampfheizfläche eintreten, während

<sup>94)</sup> Diesem Mifsstande begegnet die Dampfkesselkonstruktion von Schubert. D. R. P. No. 15 823.

das starke Anfressen von der anderen Seite her hauptsächlich sauren Ölen zuzuschreiben ist, welche mit Kondensationswasser von der Dampfmaschine her in den Kessel gelangen. Die in Fig. 5, Taf. III, dargestellte Kesselkonstruktion beseitigt die Heizrohre im Dampfraum durch eine cylindrische Rauchkammer, deren Boden die obere Siederohrwand bildet. Allerdings dürfte, wenn da oben Erglühen der Heizfläche überhaupt zu befürchten ist, nach dem Dampfkesselregulativ (vergl. Fußnote 88 auf S. 475) der Durchmesser nicht über 10 cm betragen.

Mit dieser Einrichtung wird aber nicht allein die zur Trocknung des Dampfes dienende Heizfläche verkleinert und der für die Dampfentwässerung günstige Dampfraum eingeschränkt, sondern auch der Wasserspiegel wesentlich verringert, ferner in etwelchem Maße noch der Wasserraum durch das Eintauchen der Rauchbüchse in denselben.

Der gußeiserne Kasten, auf welchem der Kessel steht, dient als Aschenfall. Der in Vergleich mit Fig. 1 tiefer liegende Rost läßt bei starker Ablagerung von Kesselstein und Schlamm in dem ringförmigen Innenraum des Kessels, welche bei nachlässiger Unterhaltung vorkommen kann, das Erglühen der unteren Partie der Feuerbüchse eher befürchten.

Diesen im Maßstabe  $\frac{1}{50}$  dargestellten Röhrenkessel hat Oberingenieur Hohenegger für Wasserstationen der österreichischen Nord-West-Bahn mit gutem Erfolg benutzt. Dampfspannung 6 Atm. Überdruck; Heizfläche 8,8 qm (Feuerbüchse 3,5 qm, Siederohre 5,3 qm); Rostfläche 0,57 qm; Anzahl der Siederohre 36; Gewicht inkl. Ummantelung und Armatur 2940 kg (Schmiedeeisen 2500 kg, Gußeisen 400 kg, Messing 40 kg). Das Anheizen geschieht so rasch, daß ein Arbeiter mehrere Wasserstationen bedienen kann.

**Vertikaler Dampfkessel mit Querrohren.** Die Feuerbüchse des in Fig. 2, Taf. II, dargestellten stehenden Dampfkessels enthält zwei kreuzweise angeordnete horizontale Querrohren, zu deren bequemer Reinigung je zwei Deckel im Aufsenkessel angebracht sind, welche mittels einer in der Rohrxaxe durchgehenden Schraube gemeinsam dicht angepresst werden. Der angegebene Winkelleisenverband dieser Rohre mit der Feuerbüchse hält sich besser dicht als eine der Einwirkung der Flamme ausgesetzte Umbordung, wie sie bei den Galloway-Rohren gebräuchlich ist. In der Neuzeit werden solche Querrohre nicht selten durch Schweissen mit der Feuerbüchse verbunden, wodurch übrigens eine abgerundete glatte, der Wassercirkulation günstige Form gewonnen wird.

Zur besseren Unterbringung der Rohre und um dieselben nicht unmittelbar der Stichflamme auszusetzen, ist die Feuerung in einem gemauerten Unterbau angeordnet. Zur Vermeidung des Durchbrennens der unteren Partie der Feuerbüchse muß bei unreinem Wasser der sich ansammelnde Schlamm öfters durch den Abflահahn ausgeblasen werden.

Behufs Vergrößerung der Heizfläche und Ermöglichung raschen Anheizens werden, besonders für Feuerspritzen, ähnliche Kessel mit einer größeren Zahl von Rohren kleineren Durchmessers gebaut, denen man zur Erleichterung des Abfließens (Emporsteigens) der Dampfblasen etwas Neigung giebt.<sup>95)</sup> Dann können für die einzelnen Rohre nicht mehr besondere Putzdeckel angebracht werden, indem der Aufsenkessel zu sehr geschwächt würde, sondern dieser wird zweiteilig mit Flanschenverbindung oder mit ablösbarem Deckel oder Boden konstruiert, wie dies bei dem Dampfkessel des kleinen Fontaine'schen Motors, Fig. 14, Taf. V, der Fall ist.

<sup>95)</sup> C. Bach. Die Kessel der Dampffeuerspritzen. Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1879. S. 241.

Der **Dampfkessel von Keable**, Fig. 13, Taf. III, gebaut von Priestman Brothers in Hull, zeigt als Eigentümlichkeit einen innerhalb der Feuerbüchse herabhängenden Topf, wodurch die Heizfläche in sehr wirksamer Weise vermehrt ist. Zwischen demselben und der Feuerbüchse steigen die Feuergase empor und gelangen durch ein Querrohr nach dem Kamin. Die unten im Siedetopf sich ablagernden erdigen Bestandteile werden mit Benutzung des am Außenkessel befindlichen Ausblasehahns durch das bis nahezu auf den Boden herabreichende Rohr zeitweise beseitigt. Reparaturen sind an diesem Kessel nicht bequem ausführbar und muß bei unreinem Wasser und nicht aufmerksamer Wartung Durchbrennen des Siedetopfbodens befürchtet werden.<sup>96)</sup>

### § 29. Fieldkessel und verwandte Systeme.

**Fieldkessel.** Statt durchgehender Wasserrohre, wie bei der in Fig. 2 angegebenen Konstruktion, hat Field vertikale, von der Feuerbüchsendecke herabhängende, unten mit einem Boden endigende Siederohre angewendet, in welche noch ein kürzeres, oben und unten offenes Rohr von kleinerem Durchmesser eingesetzt wird. Diese Kessel haben vermöge der Einfachheit ihrer Konstruktion, des geringen Raumbedarfs und des vorzüglichen Verdampfungseffekts ihrer Heizfläche eine große Verbreitung gefunden; sie lassen sich rasch anheizen und bequem unterhalten, sodaß sie für Feuerspritzen und für halblokomobile Anlagen, wie sie im Baumaschinenwesen häufig vorkommen, siehe Fig. 6—11, Taf. IV, recht wohl geeignet sind.

Das in Fig. 11 verkürzt dargestellte Fieldrohr ist mit konischer Endung passend in die Feuerbüchsendecke eingesetzt, wobei der Dampfdruck und das Gewicht des Rohrs im Sinne des dichten Anschlusses wirken. Diese Konstruktion bietet den Vorteil, daß die Rohre zur bequemeren Reinigung herausgehoben werden können, doch ist darauf zu achten, daß sie bei der Beschickung des Rostes nicht nach oben gestofsen werden.

Indem das entstehende Gemisch von Dampf und Wasser in dem ringeylindrischen Raum zwischen dem Außenrohr und dem Innenrohr aufsteigt und in letzterem das Wasser vermöge seines größeren spezifischen Gewichts herabsinkt, entsteht eine lebhaftere Cirkulation. Doppelrohre für denselben Zweck waren früher schon vielfach versucht worden. Einen wesentlichen Punkt der Erfindung Field's bildet die unentbehrliche obere trichterförmige Erweiterung des Innenrohrs (bei der vorliegenden Ausführung durch zwei zusammengenietete Hälften gebildet, deren Lappen noch zur Stützung auf der Feuerbüchsendecke dienen), denn erst durch die hiermit bedingte Ablenkung des aufsteigenden Stroms wurde der Konflikt mit der Abwärtsbewegung des Wassers gehoben und eine regelmäßige Cirkulation erzielt.<sup>97)</sup>

Die energische Wasserbewegung (man hat beobachtet, daß die Geschwindigkeit des Aufsteigens 4 m betrug) ist noch insofern günstig, als die Ablagerung von Kesselstein erschwert wird und demnach das Reinigen der Rohre nicht so häufig zu geschehen braucht; deshalb verzichtet man meistens auf die Herausnehmbarkeit der Rohre und verbindet sie durch Ausweiten, Umnieten und Verstemmen fest mit der

<sup>96)</sup> Engng. 1881 II, S. 61.

<sup>97)</sup> Modifikationen der Fieldrohre siehe: v. Reiche, Anlage und Betrieb der Dampfkessel, Leipzig 1872, S. 140. — Cirkulationsrohre mit durchlöcherter Aufsatz, Engng. 1879 II, S. 69. — Barret, Tubes pendants avec lame verticale mobile, Génie industriel, 1869, Vol. 38, Juillet; auch Armengaud, Progrès de l'industrie, Paris 1867, Vol. I, Pl. 115—116.

Feuerbüchsendecke. Andererseits hat die rasche Wasserbewegung jedoch den Nachteil der Produktion stark feuchten Dampfes, sodaß Entwässerungsapparate kaum entbehrt werden können; jedenfalls ist es zweckmäßig, die Wasserschicht über der Feuerbüchse möglichst hoch zu nehmen. Ferner empfiehlt es sich, auch in dem ringcylindrischen Raume zwischen Feuerbüchse und Aufsenkessel durch Einhängen einer cylindrischen Blechwand Cirkulation herzustellen; es bewegt sich dann das Wasser an der Seite des Aufsenkessels abwärts, kehrt unten um und steigt auf der Innenseite des angebrachten Blechcylinders mit dem entstehenden Dampfe empor. Hierdurch wird wiederum der Wert der Heizfläche der Feuerbüchse erhöht.

Um zu verhindern, daß ein Teil der Feuergase ohne gehörige Wärmeabgabe direkt durch den Kamin entweicht, dient meistens eine in der Mitte hängende Feuerbrücke (Schirm oder Birne)<sup>98)</sup> aus Gußeisen oder feuerfesten Steinen, durch welche die Feuergase abgelenkt und in einer für die Wärmeabgabe günstigen Weise schief gegen die Rohre geführt werden. Diese Birne kann auch zur Regulierung des Zuges als Ersatz einer Drosselklappe, welche im Kamin anzubringen sein würde, dienen, zu welchem Zwecke sie nur an einem in den Kamin hineinragenden Hebel aufgehängt zu werden braucht, welcher vom Kesselwärter verstellbar werden kann. Auch hat man wohl bei der Verwendung des Auspuffdampfes zur Zugerzeugung diesen in eine hohle gußeiserne Birne geleitet, welche dann oben in ihrer Mitte mit der Blasrohrmündung versehen wurde.

Der hier speciell dargestellte Fieldkessel (konstruiert von G. G. Pétau in Paris) ist für eine Dampfspannung von 6 Atm. bestimmt und hat 9,63 qm Heizfläche, wovon je 5,88 qm, 2,96 qm und 0,79 qm auf die Rohre, die Feuerbüchse und den Kamin entfallen; Beschreibung der zugehörigen Maschine siehe S. 506.

Eine Kombination von Fieldrohren mit Heizrohren zeigt der in Fig. 6, Taf. III, im Maßstabe von circa  $\frac{1}{16}$  dargestellte kleine Dampfkessel<sup>99)</sup>, welcher sich übrigens dadurch auszeichnet, daß der Verband des Aufsenkessels mit Feuerbüchse und Decke nur durch Zusammenschweißen mit deren Umbordungen hergestellt ist. In diesem für einen Dampfdruck von etwa 16 Atm. konstruierten Kessel, dessen Durchmesser nur 760 mm beträgt, sind 36 Heizrohre und 48 Fieldrohre untergebracht; letztere haben, um gereinigt werden zu können, unten abschraubbare Kapseln. Das in der Mitte der Decke eingeschraubte Rohr bildet einen Dampfdom und dient zur Trocknung des Dampfes, indem es von den Feuergasen umspült wird, welche durch die Heizrohre nach der, eine Erweiterung des Kaminrohrs darstellenden Rauchkammer gelangen. Von dem oberen Ende des Dampfdoms wird einerseits der Dampf abgeleitet, andererseits befindet sich die Kommunikation mit dem Manometer und dem Wasserstandsanzeiger. Zur Versteifung von Feuerbüchsendecke und äußerer Kesseldecke dient eine centrale Verbindungsstange.

Beim Anheizen wird in 15 Minuten der Dampfdruck auf 1 Atm. gebracht.

**Fieldkessel mit Ten-Brink-Feuerung;** Fig. 11, Taf. III. Die in dem vertikalen Kessel recht geschickt untergebrachte Feuerung stimmt in ihrer Einrichtung mit der in Fig. 15, Taf. II dargestellten und auf S. 481 beschriebenen überein. Durch die seitliche Anordnung des Kamins, welches sich an die Durchbrechung des Aufsen-

<sup>98)</sup> Diese Einrichtung läßt sich ersparen, indem man die Fieldrohre nach der Mitte hin geneigt anordnet, sodaß sie mit ihren unteren Enden einander nahe kommen.

<sup>99)</sup> Engng. 1866 II. S. 163.

kessels und der Röhrenkammer anschließt, wird der Vorteil gewonnen, daß die Decke der letzteren für die Anbringung von Fieldrohren vollständig zur Verfügung steht und, was besonders schätzenswert ist, sowohl der Oberteil des Außenkessels als auch die Rohrwand samt Fieldrohren behufs bequemer Reinigung abnehmbar eingerichtet werden können. Durch eine in die Rohrkammer eingesetzte Zunge (Blechplatte) wird den Feuergasen eine für die Ausnutzung der Röhrenheizfläche günstige Bewegung vorgeschrieben. Gebr. Decker in Cannstadt bauen derartige Dampfkessel (D. R. P. No. 8213) von 5 bis 20 qm Heizfläche.<sup>100)</sup>

**Smart's Dampfkessel mit Saugrohren**, Fig. 3, Taf. III, zeigt als Modifikation der Fieldrohre die Kommunikation der Innenrohre mit einem gemeinsamen, nach einer tieferen Stelle des Kessels führenden, U-förmig gebogenen Rohre, durch welches vermöge des Auftriebs der in den Fieldrohren sich entwickelnden Dampfblasen das zu verdampfende Wasser so zu sagen angesaugt wird. Die Heizrohre, mit welchen der Dampfkessel in kreisförmiger Anordnung noch versehen ist, führen von der Erweiterung der Feuerbüchse aus durch den Boden des Kessels in einen um den Aschenfall herumgehenden Kanal, von welchem aus die Feuergase in den Kamin gelangen.

Fig. 4 zeigt die Anbringung derartiger Rohre in einem Flammrohrkessel, eine Kombination, welche auch von Field vielfach ausgeführt wurde, wie sich überhaupt die Fieldrohre an manchen Kesseln zur Vermehrung der Heizfläche nachträglich ohne Schwierigkeit noch anbringen lassen.

**Dampfkessel mit zweiseitenkligen Siederohren**, von Glépin & Colombet; Fig. 7, Taf. III. Die Feuerbüchse bildet zwei Etagen, in deren Decken die konischen Enden der gebogenen Wasserrohre mit gespalteten Bronzeringen so befestigt sind, daß sie herausgenommen werden können; schiebt man nämlich die Rohre mit den Ringen nach innen, so lassen sich diese auseinanderbiegen und abnehmen und hiernach die beiden Schenkeln mit ihren konischen Erweiterungen durch die Löcher in den Feuerbüchsen herausziehen. Die Aufwärtsbewegung des Dampfes und Wassers findet in dem längeren Schenkel statt, in welchem sowohl wegen seiner größeren Länge als auch seiner für die Erwärmung günstigeren Lage nach der Mitte der Feuerung hin eine lebhaftere Dampfentwicklung erfolgt als in dem hinteren Rohrschenkel.<sup>101)</sup> Zur Vermeidung des Durchbrennens der unteren Partie der Feuerbüchse ist der Rost zweckmäßig mit einem Ringe von feuerfesten Steinen umgeben.

**Kombiniertes Kesselsystem** von Robey & Co.; Fig. 8, Taf. III. Die Feuerbüchse erweitert sich mit einer Umbordung zu einem Raume, in welchem sich ein Kranz schief stehender Siederohre befindet. Die Feuergase sind genötigt, sich zwischen diesen Rohren hindurch zu bewegen, um die dahinter befindlichen, im Kreise angeordneten Heizrohre zu durchstreichen und nach dem Kamine zu gelangen, welches mit einem konisch sich erweiternden Untersatz auf dem Kessel ruht. Zur besseren Anbringung der Wasserrohre, sowie zur Vermehrung des Wasserraums geben die Konstrukteure der Feuerbüchse wohl auch eine konische, nach oben verjüngte Gestalt. Um die Ablagerung von Kesselstein auf der konkaven Feuerbüchsenplatte zu verhüten, ist an der centralen vertikalen Verbindungsstange ein Teller befestigt,

<sup>100)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880. S. 530.

<sup>101)</sup> Revue industrielle. 1875 II. S. 502. Hier finden sich auch verwandte Dampfkesselsysteme von den Konstrukteuren Thirion, Wilson und Devigues beschrieben und abgebildet.



welcher zugleich als Schirm gegen die rasch aufsteigenden Dampfblasen zur Beruhigung des Wasserspiegels dient. Die innere Reinigung der Heizrohre geschieht am besten von oben her und bietet diejenige der Wasserrohre keine Schwierigkeit, indem sie je zwischen den Heizrohren angeordnet und von dem oben in der Höhe des Dampfraums angebrachten (in der Zeichnung nicht angegebenen) Mannloche aus zugänglich sind. Dem im Zwischenraum zwischen Röhrenkammer und Außenkessel herabsinkenden Wasser wird bei seiner Bewegungswendung nach den Wasserrohren hin in dem unteren erweiterten Wasserraum zur Ablagerung suspendierter Bestandteile günstige Gelegenheit gegeben. Der Rost ist aus schon genannten Gründen etwas erhöht eingebaut.<sup>102)</sup>

**Vertikaler Kessel mit Feuerbrücke**, von Blake; Fig. 9, Taf. III. Durch Ausbauchung der Feuerbüchse nach innen ist eine Feuerbrücke gewonnen, durch welche die Feuergase zusammengedrängt und zu möglichst rauchfreier Verbrennung gebracht werden, bevor sie gegen die oberhalb angeordneten Rohre schlagen und zwischen denselben hindurch nach dem seitlichen Kamin entweichen. Durch diese Gestaltung wird zugleich der Wasserraum vergrößert und ein Boden für die Anbringung der Wasserrohre geboten. Das zur Verbesserung der Wassercirkulation dienende konische Verbindungsrohr zwischen der Feuerbrücke und der gegenüber liegenden Seite der Feuerbüchse kommt auch der Festigkeit der Konstruktion zu statten. Zum Reinigen der Rohre und Einziehen neuer hat das Mannloch in der Decke des Kessels die geeignete Stelle gefunden.<sup>103)</sup>

**§ 30. Vertikalkessel mit äußerer Heizfläche** ließen sich einfach durch Aufrechtstellung und Einmauerung eines Cylinderkessels herstellen, doch würde, wenn die Feuergase sich nur vertikal empor bewegen und parallel an der Heizfläche hinstreichen, keine gehörige Wärmeabgabe erfolgen. Meistens baut man solche Kessel mit Innenfeuerung und läßt die Verbrennungsgase erst auf dem Wege nach dem Schornstein die Außenfläche des Kessels noch umspülen.

**Stehender Kessel** von Gebr. Schultz in Mainz; Fig. 12, Taf. III. Dieser durch Einfachheit der Bauart sich auszeichnende Dampfkessel enthält in der cylindrischen Feuerbüchse eine den Rost abgrenzende, mit feuerfesten Steinen bekleidete gusseiserne Scheidewand, durch welche die Feuergase genötigt werden, zunächst empor zu steigen, oben umzukehren und, hinter der Wand den anderen Teil der Feuerbüchse bestreichend, sich abwärts zu bewegen, um unter dem Kessel hinweg in einen mit Backsteinen ausgekleideten Blechmantel zu gelangen und hier auf dem Wege nach dem central angebrachten Kamin den Außenkessel zu umspülen, wobei auch durch Wärmeabgabe an den Dampfraum etwelche Trocknung des Dampfes erzielt wird. Nur an der Vorderseite liegt der Dampfkessel teilweise frei, um die Feuerthür, das Mannloch und die übrige Armatur bequem anbringen zu können. Derartige Dampfkessel sind von genannter Firma zahlreich ausgeführt worden und hat der auf Taf. III in  $\frac{1}{40}$  der wirklichen Größe dargestellte, für einen Schraubendampfbagger gebaute Kessel von 14 qm Heizfläche mit Grieskohle ungefähr 7fache Verdampfung und eine stündliche Dampfproduktion von etwa 22 kg pro qm Heizfläche ergeben.<sup>104)</sup>

<sup>102)</sup> Engng. 1874 II. S. 34.

<sup>103)</sup> Iron. 1876 I. S. 100. — Eine etwas abweichende Konstruktion findet sich in: Revue industrielle. 1880 II. S. 135.

<sup>104)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880. S. 419.

Der mit der eben beschriebenen Konstruktion sehr verwandte kleine Dampfkessel von Proctor & Wallis, siehe Fig. 10, Taf. III, weicht zunächst insofern ab, als der Rost, mit Ausnahme der Öffnung nach der Einfeuerung hin, mit einer cylindrischen Wand aus feuerfesten Steinen umgeben ist, während bei Schultz der Rost nur an einer Seite, der Einfeuerung gegenüber durch zwei schief gegeneinander angeordnete ebene Wände begrenzt wird. Diese Modifikation darf als eine Verbesserung bezeichnet werden, da gewissermaßen eine Vorfeuerung gewonnen und die Feuerbüchse mehr geschont wird. Der Kamin befindet sich seitlich, sodafs das Mannloch vorteilhaft central oben angebracht und der äufsere Blechmantel vollständig um den Kessel herumgeführt werden konnte, also dieser besser geheizt und vor Abkühlung mehr geschützt wird. Mit drei Füfsen steht der Kessel auf einem gufseisernen Kasten, welcher als Aschenfall und Speisewasserreservoir ausgebildet ist. Die in der Quelle angegebenen Verdampfungsergebnisse sind gleichfalls recht günstige.<sup>105)</sup>

**§ 31. Sicherheitskessel (Wasserröhrenkessel).** Explosionen von Dampfkesseln wirken umso zerstörender, je gröfser die eingeschlossene Wasser- und Dampfmenge und je erheblicher die Dampfspannung ist. Aus diesem Grunde ist bei hohem Betriebsdruck die Benutzung von Kesseln mäfsigen Rauminhalts zu empfehlen und sind als Kombinationen von Rohren kleineren Durchmessers (bis zu etwa 150 mm) zahlreiche Systeme sogenannter Sicherheitskessel in neuerer Zeit aufgetaucht. Die Rohre sind mit Wasser und in ihren oberen Partien mit Dampf gefüllt, werden also von aufsen geheizt und erfahren durch die Dampfspannung im Innern nur Beanspruchung auf Zugfestigkeit, was zwar im Vergleich mit den Heizrohrkesseln bei den kleinen Durchmessern der Rohre kaum als ein wesentlicher Vorteil in Anschlag gebracht werden darf; andererseits sind die Verbindungen der Rohre im allgemeinen schwieriger, sodafs Undichtheiten eher vorkommen können. Die durch die Dampfproduktion bedingte lebhaftere Wassercirkulation in den Rohren einerseits und andererseits das annähernd senkrechte Anprallen der Feuergase gegen diese kommen bei derartigen Kesseln der Wärmetransmission wesentlich zu statten. Wenngleich bei dem Platzen eines solchen unter hohem Drucke stehenden Rohres ein Verbrühen in der Nähe befindlicher Personen durch das ausströmende Wasser nicht ausgeschlossen ist, so kann doch die Explosion vergleichsweise keine so grofsen Zerstörungen bewirken.

Einen **Wasserröhrenkessel System Root** stellt Fig. 18, Taf. III, dar und ist aus Fig. 19 ersichtlich, wie je zwei der mit *R* bezeichneten Rohre an jedem Ende in gemeinschaftlichen Kopfstücken befestigt sind, welche unter sich wieder durch eingeschraubte Kniestücke *K* mit einander in Verbindung stehen. Der Kessel wird durch das Rohr *B* gespeist, welches durch die hinter einander angebrachten Kniestücke *K* mit den verschiedenen übereinander liegenden Rohrsystemen verbunden ist. Indem solche Rohrkolonnen sich in beliebiger Zahl neben einander anordnen lassen, können mit den Konstruktionseinheiten, welche Gegenstand der Massenfabrikation sind, Dampfkessel von verschiedener Gröfse mit Leichtigkeit hergestellt werden. Der in den Rohren gebildete Dampf sammelt sich in dem gemeinschaftlichen Dampfrohre *A*, zu welchem die oberen Kniestücke führen.

Die starke Dampfbildung in den bis etwa zur Kesselmitte mit Wasser angefüllten Rohren reifst eine grofse Menge Wasser in das Dampfrohr *A* hinauf, wo es

<sup>105)</sup> Revue industrielle. 1880 I. S. 235. — Siehe Dampfkessel des Motors Baxter, S. 508 und Fig. 13, Taf. V.

abgeschieden wird, um durch das seitlich und auferhalb des Mauerwerks angebrachte Rohr in den Behälter *D* und aus diesem durch das unten anschließende senkrechte Rohr in ein tiefer liegendes Sammelrohr *C* zu gelangen, endlich von hier aus wieder durch eine Reihe von Kniestücken *K* in die verschiedenen Rohrsysteme geführt zu werden. Da die einzelnen Rohre eines vertikalen Systems direkt durch die Kniestücke *K*, die verschiedenen Rohrsysteme hingegen durch die Rohre *A*, *B* und *C* mit einander in Verbindung stehen, kann nur der Inhalt eines Rohres explosionsartig ausgeschleudert werden, während der Inhalt der anderen, zu derselben Kolonne gehörigen Rohre mit geringerer Gewalt und nicht mit explosionsartiger Wirkung aus der entstandenen Öffnung entweicht. Aus den übrigen Rohren können das Wasser und der Dampf nur auf größeren Umwegen zu der schadhafte Stelle gelangen, wodurch die Heftigkeit der Ausströmung erheblich abgemindert wird. Unter diesen Umständen ist kaum ein Umwerfen der aufgemauerten Seitenwände des Kessels oder eine erhebliche Beschädigung der vorn und hinten zur Reinigung angebrachten Thüren durch einen Rohrbruch zu befürchten; der Kessel darf demnach wenigstens insofern als explosions sicher bezeichnet werden, als er die gefährlichen Folgen von Explosionen in hohem Grade einschränkt.

Die Sicherheitskessel besitzen im Vergleich mit anderen Kesseln bei gleicher Heizfläche den geringsten Wasserraum, lassen sich daher rasch und mit dem geringsten Brennmaterialaufwand anheizen; sie erfordern aber, eben wegen dieses kleinen Wasserinhalts, eine gleichmäßige Dampfentnahme. Übrigens ist zur Vergrößerung des Wasserraums auferhalb des Mauerwerks der Kessel *D* in die Rohrleitung von *A* nach *C* eingeschaltet. Wird die Bodenlinie dieses Kessels *D* in Übereinstimmung mit dem niedrigsten und dem höchsten Wasserstande angeordnet, so darf reichlich der volle betreffende Wasserinhalt verbraucht sein, ehe durch Wassermangel eine Gefahr für den Kessel eintritt. Eine Explosion des Behälters *A* selbst ist zwar nicht gänzlich ausgeschlossen, aber doch sehr unwahrscheinlich, da er von den Heizgasen nicht getroffen wird.

Zwei einander gegenüber aufgemauerte Wände schliessen den eigentlichen Kessel ein, der durch vorn und hinten angebrachte Thüren zugänglich gemacht ist. Die äußere Reinigung der Rohre von Flugasche wird am einfachsten mit Hilfe eines Dampfstrahls bewirkt; die Entfernung von Kesselstein hingegen erfordert das Losnehmen der Kniestücke.

Die auf dem Roste entstandenen Heizgase treffen annähernd senkrecht auf die Rohre und bewegen sich zwischen ihnen hindurch nach oben, von wo sie durch den zum Schornsteine führenden Kanal *S* abgeleitet werden. Hinter der Feuerbrücke *F* ist noch ein schmaler Raum frei gelassen, aus welchem durch die von außen verschließbare Öffnung *T* die Flugasche entfernt werden kann.

Häufig nimmt man die unteren Rohrreihen weiter als die oberen, z. B. indem zwei Rohre zwischen ihren gemeinsamen Kopfstücken zu einem einzigen größeren Rohre verschmolzen werden, um der Ableitung des hier sich am stärksten entwickelnden Dampfes Rechnung zu tragen.

Um die Wärme der Heizgase noch weiter auszunutzen, wird häufig das Speisewasser, ehe es in das Rohr *B* tritt, in einem dicht über den Rohren *R* befindlichen und aus engen Rohren bestehenden Vorwärmer geleitet. Ferner bringt man, um zu verhüten, daß die Feuerluft, ohne die den Kopfstücken näher liegenden Teile entsprechend zu erwärmen, hauptsächlich in der Mitte der Rohre *R* empor

steigt, zur zickzackartigen Leitung der Feuergase mehrere Blechzungen zwischen den Rohren an.

Trotz seiner raschen Heizbarkeit erscheint der Kessel für Bauzwecke nicht sehr empfehlenswert, da seine Versetzung wegen des erforderlichen Mauerwerks umständlich ist; hauptsächlich aber deshalb nicht, weil seine Reinigung von Kesselstein das Lösen und Wiederdichten einer Menge von kleinen Teilen und Schrauben verlangt, was nur sehr geübten Arbeitern überlassen werden darf. Bei unregelmäßigem Dampfkonsument muß von der Anwendung derartiger Kessel jedenfalls abgesehen werden, da zu viel Wasser mit fortgerissen würde und infolge davon gefährliche Stöße in der Dampfmaschine eintreten könnten.

Kessel ähnlicher Art werden in Deutschland von Walther & Co. in Deutz a. Rh.<sup>106)</sup> und A. Büttner & Co. in Uerdingen a. Rh. gebaut. In Frankreich ist schon seit längerer Zeit das System Belleville<sup>107)</sup> verbreitet. Beachtenswert sind ferner die Sicherheitskessel von Howard<sup>108)</sup>, welche jedoch bisher infolge wiederholt vorgekommener Explosionen die Berechtigung ihres Namens zweifelhaft erscheinen lassen.

Zahlreiche Dampfkesselsysteme beruhen auf Kombinationen von Wasserrohren mit Feuerbüchsen, Flammrohren und Heizrohren, wie schon im vorigen Paragraphen an den Dampfkesseln von Field, Glépin & Colombet, Robey & Co., Blake, Smart u. A. kennen gelernt wurde. Ein bemerkenswertes Beispiel ist auch Smith's vertikaler Zweikammerkessel (Engg. 1879 II. S. 69), ferner der Dampfkessel von Hambruch in Berlin (D. R. P. No. 10020), welcher zwischen zwei Kesselkörpern zahlreiche vertikale Wasserrohre besitzt, in deren Mitte wiederum Heizrohre durchgehen. Zur nachträglichen Umänderung und Erhöhung der Leistung von Bouilleurkesseln und Kesseln mit Gegenstromvorwärmer besonders geeignet ist das Dampfkesselsystem von Mac Nicol<sup>109)</sup>, in welchem ein zwischen Oberkessel und Unterkessel eingeschaltetes Bündel von Wasserrohren recht zweckmäßige Verwendung findet.

## 2. Speisevorwärmer und Speisepumpen.

§ 32. Vorbemerkungen. Im Unterschiede von Vorwärmern, welche einen kommunizierenden Teil des Dampfkessels bilden und mit diesem denselben Dampfdruck auszuhalten haben, versteht man unter Speisewasservorwärmern die besonderen Einrichtungen, mittels welcher der Abgangsdampf oder die abziehenden Feuergase noch zur Vorwärmung des Speisewassers benutzt werden, bevor dieses in den Kessel tritt. Diese Verwertung der Wärme des Abgangsdampfes kommt nur bei Dampfmaschinen mit freiem Auspuff praktisch in Betracht, denn die niedrige Temperatur des entweichenden Dampfes von Kondensationsmaschinen würde eine viel zu bedeutende Heizfläche für den Speisewasservorwärmer erfordern und immerhin nur geringe Erwärmung ermöglichen, da einem Drucke von  $\frac{1}{10}$  Atm. absolut, also  $\frac{9}{10}$  Atm.

<sup>106)</sup> Root'scher Dampfkessel von Walther & Co. Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1881 I. S. 291.

<sup>107)</sup> Nähere Mitteilungen über diese Dampfkessel sind in den bezüglichen Berichten über die Weltausstellungen in Wien 1873 und Paris 1878 zu finden; siehe Litteraturverzeichnis.

<sup>108)</sup> Über Wasserröhrenkessel. Vortrag von Pendred, Engineer. 1867 I. Mit zahlr. Abb. — Hier sind auch andere Systeme von Wasserröhrenkesseln und Einrichtungen zur Verbesserung der Cirkulation der Feuergase und des Wassers besprochen, insbesondere der Dampfkessel von Alban, welche deutsche Erfindung als der Ausgangspunkt der zahlreichen verwandten Kesselkonstruktionen der Neuzeit bezeichnet werden muß. Vergl. ferner: C. Lüders, Mitteilungen über Wasserröhrenkessel, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1876, S. 89.

<sup>109)</sup> Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1881, S. 310.

Vakuum, wie es bei guten Kondensationsmaschinen erzielt wird, nur  $46,2^\circ$  Dampftemperatur entspricht. Hingegen wird das abfließende Kondensationswasser, dessen Temperatur gewöhnlich etwa  $30^\circ$  beträgt, häufig zum Speisen verwendet.

So ökonomisch diese Speisewasservorwärmer im allgemeinen sind, ist doch bei der Zugerzeugung durch Blasrohr, die für Lokomobile und alle Dampfmaschinen mit kurzen Essen allgemein in Anwendung kommt, nicht zu übersehen, daß, wenn letzterem Zwecke durch den Vorwärmer ein Teil des Dampfes entzogen wird, nun zur Erzielung derselben Zugwirkung mit einer relativ geringeren Auspuffdampfmenge ein entsprechend höherer Dampfdruck erforderlich sein, also im Dampfzylinder während der Auspuffperiode ein größerer Gegendruck auftreten und demnach für die gleiche Arbeitsleistung der Dampfmaschine mehr Dampf verbraucht werden wird. Die bei Anwendung guter Speisewasservorwärmer sich ergebende Brennmaterialersparnis beträgt etwa 5—10%.

**§ 33. Direktes Verfahren (Mischung des Auspuffdampfes mit dem Speisewasser).** Die einfachste Einrichtung der Speisewasservorwärmung besteht darin, mittels eines, an eine Abzweigung der Blasrohrleitung angeschlossenen Kautschukschlauchs einen Teil des Auspuffdampfes in das Speisewasserreservoir, bei lokomobilen Anlagen gewöhnlich ein Bottich, zu führen. Zur Regulierung der zu diesem Zwecke zu benutzenden Auspuffdampfmenge wird die Zweigleitung mit einem Ventil versehen. Aus dem Reservoir kann die Speisung des Kessels periodisch oder besser kontinuierlich stattfinden.

Diese Einrichtung leidet, abgesehen von dem lästigen stofsweisen Lärm, welcher mit der Kondensation der Dampfblasen verbunden ist, an dem Übelstande, daß die Speisepumpe wegen der im Saugrohr aus dem heißen Wasser sich entwickelnden Dämpfe häufig nicht „zieht“, d. h. nicht ansaugt. Es ist deshalb zweckmäßiger, den Abgangsdampf als Strahl in der Bewegungsrichtung des Saugwassers in dieses unmittelbar unterhalb des Saugventils der Speisepumpe eintreten zu lassen, und letztere ununterbrochen im Gange zu erhalten. Die Erwärmung des Speisewassers geschieht auf etwa  $60\text{--}80^\circ$ .

Da nun die Förderwassermenge der Speisepumpe weit größer, etwa vier bis sechsmal so groß genommen werden muß, als bei normalem Betrieb in kontinuierlicher Zuführung verbraucht wird, um im stande zu sein, den etwa zu tief gesunkenen Wasserspiegel rasch wieder auf den normalen Stand zu bringen, so erfordert der stete Gang der Speisepumpe eine der stattfindenden Verdampfung, beziehungsweise Leistung der Dampfmaschine entsprechende Regulierung der Wasserlieferung nach dem Kessel, welche bei provisorischen oder lokomobilen Anlagen, wo der Einfachheit wegen von Einrichtungen zur Änderung der Tourenzahl oder des Hubs<sup>110)</sup> der Speisepumpe gewöhnlich abgesehen und deren Excenter fest auf der Kurbelwelle angebracht wird,

<sup>110)</sup> Die Lokomobile der Aerzener Maschinenfabrik werden mit einer von Meier konstruierten Hubregulierung versehen, welche darin besteht, daß auf der als Schraubenspindel ausgeführten Kolbenstange eine Mutter verstellbar ist, an welcher die Excenterstange mittels einer auf dem flachen Schraubengewinde schiebbaren Büchse beim Heben des Kolbens zur Anlage kommt, während diese, beim Niedergang gegen einen anderen, festen Vorsprung des Kolbens wirkend, denselben stets in seine Tieflage wieder zurück bewegt. Durch Verstellung der Mutter kann der wirkungslose Schub verändert, d. h. ein beliebiger Teil des Excenterschubs als Kolbenweg effektuiert werden; siehe Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882. S. 317.

Die verhältnismäßig geringe Verbreitung derartiger Einrichtungen bei Lokomobilen ist dem Bestreben zuzuschreiben, möglichst einfache d. h. möglichst wenig Reparaturen erfordernde Konstruktionen zu verwenden.

meistens aus einem vor d. h. unterhalb des Druckventils<sup>111)</sup> befindlichen Leerlaufhahn besteht, durch welchen ein Teil des von der Pumpe geförderten Wassers abfließt und am zweckmäßigsten durch einen Schlauch nach dem Speisewasserreservoir zurückgeleitet wird.

Diesen Hahn stellt der Maschinenwärter so ein, daß der von der gesamten Förderwassermenge in den Kessel zu pressende Teil auf die für die Verdampfung erforderliche Menge beschränkt bleibt. Beim Anlassen der Pumpe wird der Hahn zunächst vollständig geöffnet, sodafs das von derselben angesaugte Wasser wieder in das Reservoir zurückgeht, hingegen schließt man ihn gänzlich, wenn die Leistung der Pumpe behufs rascher Speisung des Kessels voll ausgenutzt werden soll.

Bei dem kontinuierlichen Betrieb einer solchen Speisepumpe stellt man auch das erwähnte Ventil an der Abzweigung der Blasrohrleitung dauernd und zwar so ein, daß die zur Vorwärmung des Speisewassers dienliche Auspuffdampfmenge fortwährend zuströmt.

Ferner bringt man, um die Lieferung der Pumpe bequem kontrollieren zu können, zweckmäßiger Weise in der Druckleitung einen Leerlaufhahn an, durch welchen der Maschinenwärter das von der Pumpe geförderte Wasser entströmen lassen kann; auch wird hiermit die Möglichkeit geboten, bei unreinem Wasser die etwa verschlammten und nicht mehr gut schließenden Druckventile zu spülen, indem man diese bei geöffnetem Hahn zeitweise leer, d. h. ohne Wasser in den Kessel zu pressen, laufen läßt. Zuvor muß jedoch selbstverständlich der vor dem Kessel in der Druckleitung vorhandene Speisehahn geschlossen werden. Derselbe fehlt nie, da er sowohl zur Ermöglichung der Demontierung der Pumpe oder einzelner Teile derselben behufs Reinigung oder Reparatur, während der Kessel unter Dampf steht, als auch zu dem Zwecke erforderlich ist, beim Stillstand das Auslaufen des Kessels durch undichte Ventile der Speisepumpe zu verhindern.

**§ 34. Indirekte Vorwärmung (Benutzung von Heizflächen).** Die auf Mischung von Auspuffdampf und Wasser beruhenden Speisewasservorwärmer haben den erheblichen Übelstand, daß ein Teil des vom Dampfe aus der Maschine mitgerissenen Schmieröls in den Kessel gelangt, wo es nicht allein unruhige Verdampfung und das nachteilige Fortreißen vielen Wassers zur Folge hat, welches, durch das Blasrohr mit den Feuergasen ausgeworfen, sich in dem sogenannten „Speien“ der Lokomobile bemerklich macht, sondern sich auch in Verbindung mit erdigen Bestandteilen in festen Klumpen auf intensiv wirkenden Stellen der Heizfläche absetzt und leicht schädliche Erhitzung des Kesselblechs herbeiführen kann.

Aus diesen Gründen ist die indirekte Vorwärmung mit Benutzung von Heizflächen vorzuziehen, wie z. B. der in Fig. 14, Taf. III, verkürzt dargestellte Speisewasservorwärmer von J. Soeding & v. d. Heyde zeigt. Derselbe wird in die Auspuffleitung eingeschaltet, sodafs sämtlicher Abgangsdampf auf seinem Wege nach dem Blasrohr, bei *A* ein- und bei *B* ausströmend, mittels der Heizfläche der inneren Rohre das in der umschließenden gußeisernen Kapsel zirkulierende, bei *C* ein- und bei *D* austretende Speisewasser erwärmt, während die Speisepumpe dasselbe durch den Vorwärmer hindurch nach dem Kessel preßt.

<sup>111)</sup> Mit Rücksicht auf die, auch wegen Vermeidung der Explosionsgefahr praktisch wichtige Zuverlässigkeit der Wirkung der Speisepumpe versieht man diese häufig mit zwei Druckventilen, wie dies übrigens bei Lokomotiven Regel ist.

Vor dem Speisehahn *F* befindet sich das Speiseventil *E*, welches dem Speisewasser Durchgang nach dem Dampfkessel gestattet, aber dessen Rücklauf während des Stillstands der Speisepumpe verhindert. Vom Leerlaufhahn *G* aus, welcher beim Anlassen der Pumpe geöffnet wird, geht eine Leitung nach dem Speisewasserreservoir zurück, ebenso von dem Hahn *H* aus, welcher, an dem tieferen Ende des etwas geneigt längs des Kessels angeordneten Vorwärmers angebracht, zum Ablassen des Kondensationswassers dient, sowie behufs Verhinderung des Einfrierens zum Anwärmen des Speisewasservorrats zu benutzen ist.

Um einerseits die vom Dampfe mitgeschleppten öligen Unreinigkeiten, die allmählich eine kompakte Kruste bilden, andererseits die bei der Erwärmung des Speisewassers sich niederschlagenden erdigen Bestandteile bequem beseitigen und damit die gehörige Wärmetransmission der Heizfläche wieder herstellen zu können, müssen derartige Speisewasservorwärmer ohne Schwierigkeit auseinander zu nehmen sein. Zu diesem Zwecke läßt sich bei der vorliegenden Konstruktion die gusseiserne, übrigens an ihrem linken Ende mit einem abschraubbaren Deckel versehene Kapsel von dem die Mündungen *A* und *B* enthaltenden Kopfstück ablösen, wo dieselbe mit den aufgeschraubten Flanschringen des inneren zweiseitenkligen Dampfrohrs mit Dichtungszwischenlagen fest verschraubt ist. Nach Beseitigung dieser Flanschringe und Abnahme des äußeren Deckels links kann auch das Dampfrohr herausgezogen und in seine einzelnen Teile auseinander geschraubt werden.

Der **Speisewasservorwärmer mit Gegenstrom** in Fig. 15, Taf. III, für welchen dieselben Bezeichnungen gelten, enthält eine grössere Zahl paralleler Heizrohre, welche mit Dichtungseinlagen (Kautschukringe) herausziehbar in den Böden der Kopfstücke stecken, deren oberes mit einem Ringe versehen ist, um bequem abgehoben werden zu können.<sup>112)</sup>

**Vorwärmer mit Wasserrohren.** Der in Fig. 16 dargestellte Speisewasservorwärmer, gleichfalls mit entgegengesetzten Richtungen von Dampfstrom und Wasserstrom, unterscheidet sich, abgesehen von seiner horizontalen Aufstellung, von der vorhergehenden Konstruktion hauptsächlich insofern, als der Auspuffdampf nicht durch die Rohre streicht, sondern sie umspült. Ausserdem liegen hier die Rohrböden, abgetrennt von den Kopfplatten in eingedrehten Vertiefungen des Hauptkörpers, sodafs die Aufsendeckel abgenommen und die Wasserrohre innen gereinigt werden können, ohne den Rohrverband zu stören. Dieser ist hier mit Kautschuk- oder Holzringen hergestellt, die, genau auf die cylindrisch abgedrehten Rohrenden passend, in die ringförmigen Vertiefungen der Rohrböden dichtend eingeschoben werden.

**Vorwärmung des Speisewassers durch die abziehenden Heizgase.** Speisewasservorwärmer, welche in die Rauchkammer eingebaut und durch die abziehenden Feuergase geheizt werden, deren Temperatur bei lokomobilen Anlagen gewöhnlich etwa 300° oder mehr beträgt, werden, um die Explosionsgefahr auszuschliessen, meistens nur als offene Reservoirs konstruiert.

Diese Vorwärmer haben den vorhergehenden Systemen gegenüber, vermöge der hohen Temperatur der Feuergase, den Vorteil, mit geringerer Heizfläche eine

<sup>112)</sup> Bei dem Speisewasservorwärmer von Wallis & Steevens sind schmiedeiserne runde Stangen central durch die Dampfrohre geschoben, um den Auspuffdampf auf seinem Wege inniger mit der Heizfläche in Berührung zu bringen, doch werden die somit gebildeten engen Zwischenräume durch Unreinigkeiten leicht verstopft. Engng. 1872 I. S. 372.

bessere Erwärmung des Speisewassers (auf 80—100° gegenüber 60—80°) zu erzielen und infolge hiervon einen verhältnismäßig größeren Teil der erdigen Bestandteile des Speisewassers, hauptsächlich des kohlenauerer Kalks, in dem Reservoir, aus welchem sie leicht entfernt werden können, auszuschneiden und somit vom Dampfkessel abzuhalten. Hingegen sind, um periodische Speisung des Kessels zu vermeiden, welche bei nur einer Speisepumpe stattfinden würde, indem diese abwechselnd zum Füllen des Vorwärmers und zum Fördern des Wassers aus diesem in den Kessel verwendet werden müßte, zwei Pumpen erforderlich, eine Saugpumpe für das Zubringen des Wassers (Vorpumpe) und dann die eigentliche Speisepumpe.

Eine derartige Einrichtung, von Ransomes, Sims & Head<sup>113)</sup> für ihre Lokomobilen und Halblokobilien verwendet, zeigt Fig. 11, Taf. V. Das Excenter *E* greift mit seiner unten gegabelten Stange *P* in die Plunskerkolben zweier vertikalen Pumpen ein, von welchen die eine und zwar die vordere zur Füllung des Vorwärmers, die andere, gerade dahinter befindliche und deshalb nicht sichtbare, zum Speisen des Kessels dient. Das nach dem Vorwärmer *R*<sup>114)</sup> in der Rauchkammer führende horizontale Rohr ist ein doppeltes, d. h. einerseits als Druckrohr für die Vorpumpe, andererseits als Zuleitungsrohr der Speisepumpe konstruiert, denn als Saugrohr darf letzteres hier nicht bezeichnet werden, da der Vorwärmer höher liegt als die Pumpe, vermöge welcher zweckmäßigen Anordnung beliebig heißes Wasser mit Sicherheit gefördert wird und die sonst beim Ansaugen vorgewärmten Wassers vorkommenden Schwierigkeiten vermieden sind. Als Saugrohr der Zubringerpumpe ist ein Kautschukschlauch *N* verwendet, welcher mit einem Saugkorb in dem im Boden versenkten Wasserbehälter liegt. Beide Pumpen sind oben mit Leerlaufhähnen versehen. Durch das Überlaufrohr *S* läuft etwa eintretender Wasserüberschuss aus dem Vorwärmer in das Reservoir zurück.

In dem Falle, daß wegen Vornahme von Reparaturen ohne Vorwärmer gearbeitet werden muß, schließt man mittels des rechts angebrachten Hahns mit horizontalem Griff die Kommunikationen nach dem Vorwärmer ab, hängt die vordere Pumpe ab oder läßt sie leerlaufen und mit Benutzung des besonderen, oben mit Hahn ausgerüsteten Saugrohrs *M* die Speisepumpe aus dem unteren Wasserbehälter direkt in den Kessel fördern.

Für den dauernden Betrieb richtet man die Förderung der beiden Pumpen so ein, daß sowohl der Vorwärmer als auch der Kessel der erforderlichen Verdampfung entsprechend kontinuierlich mit dem nötigen Wasser versehen werden.

**§ 35. Speisepumpen.** Hinsichtlich der verschiedenen Verwendungsweisen der Speisepumpen und deren Ventil- und Röhrenkombinationen auf das bei den Speisewasservorwärmern Mitgeteilte verweisend, möge hier noch die Beschreibung einiger speziellen Konstruktionen angeschlossen werden.

Die Speisepumpe für Lokomobilen, Fig. 12, Taf. V, gleichfalls von den vorgenannten Fabrikanten, besitzt einen rohrartigen Plunskerkolben, dessen Bodenstück mit dem Zapfen für den Angriff der Excenterstange versehen ist. *M* ist das Saugrohr, *V*<sub>1</sub> Saugventil, *V*<sub>2</sub> erstes Druckventil, *V*<sub>3</sub> zweites Druckventil, *H* Leerlaufhahn

<sup>113)</sup> Broschüre von J. Head über die Lokomobilen von Ransomes, Sims & Head. Hannover 1877.

<sup>114)</sup> Derselbe ist hier als ein mit Dunstrohr versehener kupferner Kasten in die Rauchkammer eingebaut. Garrett & Sons haben die Umschließung der Rauchkammer selbst in Form eines ringcylindrischen Gefäßes als Vorwärmer konstruiert; siehe Engng. 1881 II. S. 572.



mit anschließender Rückleitung nach dem Wasserbehälter. Nach Lösung der Schraubenmutter können die, zugleich zur Hubbegrenzung der Druckventile verwendeten ankerförmigen Köpfe der Deckelschrauben gedreht und durch die angegebenen seitlichen Schlitzte herausgezogen, also nun die Ventile bequem nachgesehen werden. Die Anwendung zweier Druckventile empfiehlt sich, indem der damit erzielte sichere Schluß ein Auslaufen des Kessels während Stilliegens unter Dampf ohne Benötigung des Speisehahns verhütet und im Betriebe die bei unreinem Wasser vorkommenden Störungen vermindert werden.

**Speisepumpe mit Sicherheitsventil.** Da für lokomobile Maschinen von besonderen Einrichtungen zum Ein- und Auskuppeln der Speisepumpe abgesehen und das Pumpenexcenter in der Regel einfach auf der Kurbelwelle der Dampfmaschine festgekeilt wird, sodaß sie beim Anlassen letzterer ohne weiteres mit in Gang kommt, sollte bei Anbringung eines Speisehahns ein Sicherheitsventil nicht fehlen, indem sonst ein Bruch der Speisepumpe vorkommen kann, wenn das Öffnen des Speisehahns vergessen wird oder die Druckleitung nach dem Dampfkessel durch Ablagerung von Kesselstein verstopft oder etwa zugefroren ist. Aus letzteren Gründen nimmt man auch zweckmäßiger Weise durch Anbringung von Putzdeckeln oder Schlußschrauben (vergl. Fig. 26, S. 481) auf die Reinigung des Druckrohrs und sonstiger Kanäle der Speisepumpe Bedacht.

Den bei stationären Anlagen gebräuchlichen Sicherheitsventilen mit Hebel und Gewichtsbelastung sind für lokomobile Maschinen wegen der beim Fahren vorkommenden Erschütterungen solche mit Federbelastung vorzuziehen. Bei der in Fig. 18, Taf. IV, dargestellten Speisepumpe von Garret & Sons ist der Deckel des Saugventilgehäuses zur Unterbringung des Sicherheitsventils benutzt und entspricht die Spannung der Schraubenfeder einem Drucke von 10 Atmosphären, während der Betriebsdruck nur 5 Atmosphären beträgt, sodaß das Spielen des Sicherheitsventils auf Notfälle beschränkt ist.<sup>115)</sup>

### 3. Konstruktion der Dampfmaschinen.

**§ 36. Allgemeine Gesichtspunkte.** Die für die zweckmäßige Konstruktion der im Bauwesen zu benutzenden Dampfmaschinen maßgebenden Anforderungen gestatten nur in bescheidenem Grade die Anwendung der Einrichtungen, welche bei stationären Maschinenanlagen für den Fabrikbetrieb getroffen werden, um einen möglichst hohen thermo-dynamischen Wirkungsgrad zu erzielen; der Kohlenverbrauch spielt bei der Beurteilung der praktischen Brauchbarkeit der Dampfmaschine auf dem Bauplatze eine relativ weniger wichtige Rolle.

Vor allem bedingt der meistens vielfach unterbrochene und selbst bei größeren Bauunternehmungen auf kürzere Zeit beschränkte wirkliche Betrieb, in Verbindung mit der starken Abnutzung, welcher die Maschinen bei der rohen Bauarbeit ausgesetzt sind, thunlichst niedrige Anschaffungskosten, um die effektive Arbeitsleistung billig zu erhalten. Deshalb werden Dampfmaschinen mit Kondensation, abgesehen von den größeren Dampfbaggern, die für dauernden Betrieb bestimmt sind und wo innerhalb des Schiffs alle zweckmäßigen Einrichtungen ohne Schwierigkeit getroffen werden können, nur in Ausnahmefällen Anwendung finden können.

<sup>115)</sup> Engng. 1879 II. S. 443 u. 445.

Die Maschinen dürfen nur wenig Raum einnehmen, um überall gut untergebracht werden zu können; behufs bequemer Versetzung sollen sie möglichst leicht sein, andererseits erfordert aber ihre unregelmäßige Beanspruchung doch relativ starke Dimensionen der einzelnen Teile. Diesen Bedingungen läßt sich nur durch einfache und gedrängte Bauart entsprechen. Die Schwungräder werden kleiner und leichter genommen als bei stationären Anlagen, indem es beim Betriebe der Baumaschinen weniger auf die Erhaltung gleichförmigen Ganges ankommt. Deshalb fehlt auch der Regulator nicht selten gänzlich und bleibt diesfalls die Regulierung der Geschwindigkeit mittels eines Drosselventils dem Maschinenwärter überlassen oder es wird doch statt der dampfökonomischeren Änderung des Expansionsgrads durch Einwirkung des Regulators auf die Steuerung diejenige auf die Drosselklappe vorgezogen. Man vereinigt die Dampfmaschine mit dem Dampfkessel, sodafs das Gestell nur geringen konstruktiven Aufwand erfordert und besondere Fundierungsarbeiten auf ein geringes Mafs beschränkt oder gänzlich erspart werden.

Behufs Revision, Reinigung und Reparatur sollen alle Teile leicht zugänglich und soweit nötig abnehmbar sein und zwar thunlichst in solcher Weise, dafs derartige Arbeiten, ohne erst den Dampfkessel abstellen zu müssen, jederzeit geschehen können.

Von der eingehenderen Untersuchung und Berechnung der Detailkonstruktionen und anderen Fragen, welche Sache des speciellen Maschinenbaues sind, hier absehend, sollen im folgenden nur die für das Bauwesen wichtigeren Typen von Dampfmaschinen hinsichtlich der wesentlichen Momente ihrer Bauart und charakteristischen Details in Betracht gezogen, sowie Betriebsergebnisse mitgeteilt werden. Es sind zu unterscheiden:

a. Stationäre Dampfmaschinen. Dieselben sind unabhängig von dem zu verwendenden Kessel als selbständige Konstruktionen durchgeführt und werden in der Regel auf einem gemauerten Fundament mittels Fundamentschrauben befestigt.

b. Transportable (versetzbare) Dampfmaschinen. Unter diesem Namen versteht man die gesamte Anlage der mit dem Kessel vereinigten Dampfmaschine, welche, eines besonderen Fundamentmauerwerks nicht bedürftend, ohne weiteres an beliebigen Orten aufgestellt und jederzeit versetzt werden kann. Derartige Maschinen werden wohl auch halbstationäre oder Kesselmaschinen und (vorwiegend bei Horizontalkesseln) Halblokomobilen genannt.

c. Lokomobilen sind die mit ihren Kesseln auf Rädern ruhenden, als Fuhrwerke gebauten Dampfmaschinen; ihre Konstruktion läßt sich leicht noch dahin ergänzen, dafs sie als Strafsenlokomotiven sich selbst und angehängte Lastfuhrwerke fortbewegen können.

Der Aufstellung nach unterscheidet man horizontale und vertikale Maschinen, von welch letzteren die freistehenden (Ständer- oder Bockmaschinen) und die Wanddampfmaschinen hauptsächlich in Betracht kommen.

Hinsichtlich des maschinellen Wirkungsgrades sind die vertikalen Maschinen den horizontalen im allgemeinen überlegen, indem der durch gleitende Reibung der hin- und hergehenden Teile bedingte Arbeitsverlust bei ersteren kleiner ist als bei letzteren, und wird zur Vermeidung ungleicher Kraftwirkung an der Kurbel beim Auf- und Niedergange des Kolbens, von den verhältnismäßig schwer ausfallenden Balancierungsmassen an der rückwärts verlängerten Kurbel absehend,

zweckmäßiger Weise für den Aufwärtsgang des Kolbens ein dem Gewichte der zu hebenden Maschinenteile entsprechend höherer Füllungsgrad angewendet als beim Niedergange. Vertikale Maschinen erfordern zwar weniger Grundfläche als horizontale, doch werden letztere der stabileren Aufstellung, sowie der leichteren Zugänglichkeit und bequemerer Bedienung wegen vorwiegend gebaut und verdienen besonders für stationäre provisorische Anlagen in der Regel den Vorzug.

Bei direkter Verbindung der Dampfmaschine mit der Arbeitsmaschine kann wohl auch die geneigte Lage zweckmäßig sein und eine knappere Anordnung gewähren, wie z. B. an Dampfwinden, bei selbständigen Ausführungen hingegen beschränkt sich deren Anwendung im wesentlichen auf Zwillingsmaschinen, welche man, um nicht zwei unter  $90^\circ$  stehende Kurbeln nötig zu haben und beide Maschinen in eine gemeinsame vertikale Mittelebene zu bringen, an einer gemeinschaftlichen Kurbel angreifen läßt, wogegen ihre Längsachsen unter  $90^\circ$  gegen einander (beziehungsweise in symmetrischer Aufstellung unter  $45^\circ$  zur Horizontalen) gestellt werden müssen, damit je die eine Maschine das größte Drehmoment ausübt, während die andere sich in der Todlage befindet.

Die von der Dampfmaschine zu leistende Arbeit soll möglichst direkt den zu betreibenden Arbeitsmaschinen mitgeteilt werden, um den erforderlichen konstruktiven Aufwand, sowie die bei der Transmission der Kräfte auftretenden Arbeitsverluste, beziehungsweise die Anschaffungskosten und den Kohlenverbrauch, thunlichst zu beschränken. Deshalb verdient in den Fällen, wo die Dampfmaschine ausschließlich zum Treiben einer einzelnen Arbeitsmaschine gebraucht wird, meistens der direkte Betrieb den Vorzug. Bei den direktwirkenden Dampfmaschinen wird die Triebkraft durch die Kolbenstange ohne weiteres übertragen, wie zahlreiche Beispiele von Kompressoren und Dampfmaschinen, sowie verschiedene Baggerapparate, ferner die direktwirkenden Dampfmaschinen und andere in den bezüglichen Kapiteln dieses Bands beschriebene Maschinen zeigen.

Zur Sicherung der Kontinuität des Betriebes und behufs Regulierung der Geschwindigkeit kommt bei den direktwirkenden Maschinen häufig noch das Kurbelgetriebe mit Schwungrad hülfsweise in Anwendung und möge hinsichtlich dieser sogenannten direktwirkenden Dampfmaschinen mit Hilfsrotation gleichfalls auf die Beispiele von Kompressoren und Dampfmaschinen verwiesen werden.

Die direkte Wirkung ist jedoch keineswegs auf die Kolbenmaschinen, beziehungsweise auf die Ausführung geradliniger Bewegung beschränkt, indem für den Betrieb rotierender Maschinen, wie Centrifugalpumpen, Ventilatoren, Elektromotoren u. s. w., Rotationsmaschinen (Kapselräder), deren Bewegungsmechanismen im wesentlichen mit denjenigen der Kapselpumpen, siehe III. Kapitel, übereinstimmen, recht wohl verwendet werden können; in diesen Fällen haben Kraftmaschine und Arbeitsmaschine eine gemeinsame Hauptwelle.<sup>116)</sup>

Für die indirektwirkenden Dampfmaschinen, welche entweder nicht in unmittelbarer Nähe der Arbeitsmaschine aufgestellt werden können oder nach wechselndem Bedarf für den Betrieb verschiedener Arbeitsmaschinen gebraucht werden,

<sup>116)</sup> Derartige Maschinen werden auch mit Expansion gebaut, welche man übrigens noch veränderlich eingerichtet und dem Regulator anvertraut hat. Vergl. Anwendung der Rotationsmaschine von Dolgorouky zum Betriebe elektrischer Maschinen für Beleuchtungszwecke. Zeitschr. d. Ver. z. Befördg. d. Gewerbl. in Preußen, 1881. S. 136; ferner siehe Litteraturverzeichnis am Schluß dieser Kapitelabteilung.

handelt es sich fast ausschließlich um die Verwandlung der hin- und hergehenden Bewegung des Kolbens der Dampfmaschine in möglichst gleichförmige rotierende Bewegung, weil diese mittels der verschiedenen Rädergetriebe in der Regel am vorteilhaftesten zu transmittieren ist. Zu dieser Bewegungsumwandlung dient vorwiegend das Kurbelschubgetriebe mit Kreuzkopfführung, Schubstange und Kurbel.

Einen Specialfall dieses Getriebes stellen die oscillierenden Dampfmaschinen vor, welche wegen der Einfachheit und Gedrängtheit ihrer Konstruktion nicht selten vorgezogen werden; letztere stimmt im wesentlichen mit derjenigen oscillierender Wassermotoren überein, für welche Haag's Kolbenmaschine, Fig. 16 u. 17, Taf. VII, ein Beispiel liefert.

Balanciermaschinen sind meistens zu kostspielig und nehmen zu viel Raum in Anspruch; dieselben finden hauptsächlich für größeren Pumpenbetrieb bei Wasserhaltungen von Bergwerken und städtischen Wasserversorgungen Anwendung.

### a. Stationäre Dampfmaschinen.

Die stationären Dampfmaschinen sollen durch einige einfache Systeme repräsentiert werden, welche vermöge zweckmäßiger Gestellkonstruktion und einfacher Fundamentierung für provisorische Anlagen geeignet erscheinen.

#### § 37. Horizontale Dampfmaschinen.

**Horizontale Dampfmaschine mit Rahmengestell;** Fig. 1 u. 2, Taf. IV. An dem rahmenartigen, der Hauptform nach dem früheren Holzbau entstammenden Gestell ist der Dampfzylinder (Bohrung 210 mm, Schub 305 mm) in der Verlängerung der hohlcylindrisch hergestellten Kreuzkopfführung freitragend befestigt. Vermöge einer passenden Eindrehung in der Gestellstirnfläche wird die konaxiale Lage des Cylinders und der Führung durch die angegebenen Befestigungsschrauben gesichert. Das wegen seiner soliden Lagerung auf dem in einfachster Weise herstellbaren Fundament beliebte Rahmengestell ist noch insofern für provisorische Anlagen recht vorteilhaft, als für eine gekröpfte Kurbelwelle ( $K$ ) beide Lager auf demselben angebracht d. h. als ein einziges Gufsstück mit dem Gestell ausgebildet sind und auf den beiden Enden dieser Kurbelwelle für den Betrieb verschiedener Maschinen Räder bequem festgekeilt und nötigenfalls abgenommen, beziehungsweise durch andere ersetzt werden können, ohne den Zusammenhang der Maschine stören zu müssen. Hier dient zunächst das Schwungrad als Riemenscheibe. Das Excenter  $E$  für den Steuerungsschieber im Schieberkasten  $N$  treibt zugleich die seitwärts am Gestell angebrachte Speisepumpe  $P$ .

Ein horizontal über dem Cylinder gelagerter Centrifugalregulator  $R$  mit Federbelastung wird von der Kurbelwelle aus mittels der Riemenscheiben  $r_1$  und  $r_2$  betrieben und wirkt auf ein konaxial schiebbares Drosselventil  $D$ , dessen Gehäuse mit demjenigen der Abschließung  $z$  kombiniert ist. Bei  $X$  schließt die Dampfzuleitung, bei  $Y$  das Auspuffrohr an. Von den Ablaufshähnen  $x$  wird besonders bei der Ingangsetzung der Maschine, bis diese erwärmt ist, zur Entfernung des im Dampfzylinder reichlich entstehenden Kondensationswassers Gebrauch gemacht, um das Herausschlagen der Cylinderdeckel zu verhüten.

Da die Maschine mit ihrem Gestelle ein zusammenhängendes Ganzes bildet, läßt sich dieselbe bequem versetzen.<sup>117)</sup>

<sup>117)</sup> Engng. 1881 II. S. 61.

**Horizontale Dampfmaschine mit Bajonettgestell;** Fig. 3 u. 4, Taf. IV. Cylinderdurchmesser  $d = 254$  mm; Kolbenweg  $s = 508$  mm; minutliche Tourenzahl  $n = 85$ .<sup>118)</sup> Das in neuerer Zeit für größere Dampfmaschinen mit Vorliebe angewendete Bajonettgestell realisiert in der Vertikalebene vorteilhaft eine geradlinige Verbindung des Dampfzylinders mit dem Kurbellager, wodurch die beim Rahmengestell vermöge des Abstands desselben von der Cylinderaxe auftretenden vertikalen Drehmomente vermieden sind. Auch gestattet diese Gestellform eine günstige Kombination mit der schon beim vorhergehenden Beispiel als zweckmäßig hervorgehobenen cylindrischen, konaxial mit dem Dampfzylinder gebohrten Kreuzkopfführung. Das Bajonettgestell vereinigt also die Hauptorgane der Maschine in einfachster Weise und fällt deshalb relativ leicht aus. Da es einerseits mit dem Kurbellager, andererseits an dem Ende der Führung oder wie im vorliegenden Falle am Cylinder, im ganzen also nur auf zwei plattenförmig ausgebreiteten Füßen ruht, läßt sich die Maschine auf dem billig zu beschaffenden Fundamente bequem aufstellen. Übrigens empfiehlt sich das Bajonettgestell noch durch leichte Zugänglichkeit und gefälliges Äußere.

Das zweite, hinter dem Schwungrad befindliche Lager der Kurbelwelle, das sogenannte Schwungradlager, muß allerdings wie bei allen größeren stationären Dampfmaschinen auf einem besonderen Fundamentstein montiert werden, weshalb derartige Maschinen nicht so bequem zu versetzen sind und für provisorische Anlagen seltener verwendet werden.

Die gusseiserne glatte Kurbelscheibe wird von manchen Konstrukteuren der Kurbel vorgezogen, indem sie die Anbringung von Balanciermassen in Form von Angüssen auf der Rückseite der Kurbel, dem Kurbelzapfen diametral entgegengesetzt, bequem gestattet.<sup>119)</sup>

Hinsichtlich der Gefahr für den etwa zu nahe tretenden Maschinisten erscheint zwar die Kurbelscheibe weniger bedenklich als die Kurbel, doch erfordert die Sicherheit ohnedies, daß das Bewegungsgebiet der wichtigeren Maschinenteile, jedenfalls von Kurbel und Schubstange, ferner die Schwungradgrube, von einem schützenden Geländer umschlossen werden.

<sup>118)</sup> Engng. 1881 II. S. 89 u. 91.

<sup>119)</sup> Wie im allgemeinen schmiedeeiserne Kurbeln nunmehr fast ausschließlich statt der früher gebräuchlichen gusseisernen angewendet werden, weil das Gusseisen von vornherein zu wenig Gewähr homogener guter Beschaffenheit bietet und Brüche häufig vorkamen, so ist auch bei der vollen Scheibe größte Sorgfalt erforderlich, um nicht schon beim Aufziehen derselben auf die Welle gefährliche Spannungen oder Risse zu verursachen.

Kurbeln und Kurbelscheiben werden zweckmäßiger Weise warm auf die leicht konisch abgedrehte Welle geschoben, kräftig verkeilt und schließlich das Stirnende der Kurbelwelle am äußeren Rande in eine konische Vertiefung der Kurbelnabe umgenietet, sodafs diese an ihrer Rückseite fest gegen den entsprechenden Anlauf der Welle geprefst und demnach auch Horizontalverschiebung verhindert wird.

Die Kurbel, wie auch die übrigen zur Übertragung der Kolbenkraft auf die Kurbelwelle dienenden Teile der Maschine sind besonders genau und solid herzustellen, denn bei einem etwaigen Bruche oder der Lösung einer Verbindung findet fast unvermeidlich weitere Zerstörung der Maschine statt, indem die Welle vermöge des Schwungrades noch in Rotation bleibt und fortfährt, mittels der Steuerung abwechselnd Dampf auf beide Seiten des Kolbens zu leiten, welcher hierdurch im Cylinder hin- und hergeschleudert wird, bis die Cylinderdeckel herausgeschlagen sind. Diese Erscheinung tritt, wenn der Maschinist nicht rasch die Dampfleitung abschließt, bei Dampfmaschinen mit Veränderung des Expansionsgrades oder der Drosselung durch den Regulator um so verderblicher ein, als dieser bei der abnehmenden Geschwindigkeit der Kurbelwelle die größte Füllung, beziehungsweise vollen Dampf giebt.

Der mit Riemenscheiben  $r_1$  und  $r_2$  betriebene und behufs besserer Konservierung, sowie zur Vermeidung von Gefahr zweckmäßig von einem kugelförmigen Gefäße umschlossene Regulator  $R$  wirkt wie im vorhergehenden Beispiele direkt auf ein vertikal darunter befindliches Drosselventil, welches wiederum in dem Gehäuse der Abschließung  $Z$  sitzt. Die aus dem Grundriß ersichtliche Kombination der Speisepumpe  $P$  mit der Schieberstange ist zwar eine recht einfache Einrichtung, für größere Dampfmaschinen jedoch sonst nicht zu empfehlen, weil der Steuerungsmechanismus im Interesse dauernd exakter Dampfverteilung von anderen Funktionen und Belastungen thunlichst befreit sein soll.

§ 38. **Vertikale Maschinen** werden bei freistehender Montierung, die für provisorische Anlagen vorwiegend in Betracht kommt, zweckmäßig mit oben befindlichem Cylinder gebaut, sodafs die Kurbelwelle unten hin zu liegen kommt und größere Stabilität gegenüber horizontal wirkenden Spannkraften des Treibriemens gewonnen wird, wie dies

die **Ständermaschine**, Fig. 20, Taf. IV, zeigt, deren Gestell, annähernd von der bei Dampfhammern gebräuchlichen Form, in Hohlguß hergestellt ist. Im Innern des Ständers und von der Rückseite durch eine Thüre zugänglich läßt sich passend der Werkzeugkasten unterbringen. Die Kurbelscheibe wird zur Balancierung benutzt. Bei 170 mm Bohrung und dem relativ kleinen Hub von 190 mm hat die ganze Maschine nur etwa 2 m Höhe. Der Regulator kommt auf den Schieberkasten zu stehen. Derartige Maschinen werden von amerikanischen Fabriken von 3 bis 20 Pferdestärken gebaut.<sup>120)</sup>

**Wanddampfmaschine** von Ch. Brown in Winterthur; siehe Fig. 12 u. 13, Taf. IV. Bohrung 100 mm, Hub 200 mm. Das Gestell wird mit vier Schrauben an der Wand befestigt und ruht noch auf einem Fufse, welcher jedoch, wenn die Maschine als reine Wanddampfmaschine ausgeführt werden soll, weggelassen wird, indem der betreffende Teil des Modells abnehmbar hergestellt ist. Zwischen der mit flachen Schienen überdeckten Führung  $T_1$   $T_2$  für den gegabelten Kreuzkopf  $G$ , an der unten zu beiden Seiten Ölsammelbecken vorgesehen sind, bietet das Gestell der Schwingung der Schubstange  $L$  von I-förmiger Profilierung mit einer frogartigen Vertiefung Raum, welche sich dann unten erweitert, um in Gestalt eines kugelförmigen Beckens das Bewegungsgebiet der gekröpften Kurbelwelle zu umgeben, auf deren Enden auferhalb der Lager die als Riemenscheiben benutzbaren Schwungräder sitzen. Behufs Balancierung haben die Schwungradkränze, anstatt auf der der Kurbel entgegengesetzten Seite mit Verstärkungen versehen zu sein, einfach Aussparungen auf der Kurbelseite, wie aus der Zeichnung ersichtlich.

Mit den Naben der Schwungräder durch Schrauben verbunden, befinden sich rechts das Speisepumpenexcenter, links das Excenter  $E$  für den Verteilungsschieber  $J$ . Die vertikale Speisepumpe  $P$  mit Saugrohrflansch  $a$  und Druckrohrflansch  $b$  trägt ein federbelastetes Sicherheitsventil, dessen Zweckmäßigkeit schon früher (S. 496) hervorgehoben wurde.

Der oben im Vertikalschnitt sichtbare Muschelschieber wird mittels einer durch Stopfbüchse gehenden schwingenden Axe  $e$  bewegt, indem diese einerseits mit einem Arm am Muschelschieber, andererseits die Excenterstange an dem äußeren ge-

<sup>120)</sup> Radinger's Bericht über die Dampfmaschinen und Transmissionen auf der Weltausstellung in Philadelphia entnommen.

schlitzten Hebel angreift, an welchem der Angriffspunkt derselben behufs Änderung des Expansionsgrades durch die angegebene Schraube verstellt werden kann. Auf diese Weise läßt sich die Arbeitsleistung der Maschine bequem dem Bedarf anpassen. Statt der sonst bei geradlinig hin- und herbewegten Schiebern erforderlichen Geradföhrung des Angriffspunkts der Excenterstange ist also hier eine schwingende Axe mit Hebeln angewendet, wodurch aufer der einfachen Veränderbarkeit des Füllungsgrades hauptsächlich die Anordnung des Schieberspiegels in geringem Abstände vom Dampfzylinder behufs Einschränkung der schädlichen Räume gewonnen wird.

Der Verteilungsschieber bewegt sich in einem Kreisbogen von vertikaler Sehne und bewirkt die Dampfverteilung in derselben Weise wie der gewöhnliche geradlinig bewegte Muschelschieber, nur sind die Kanten der Dampfkanäle am Schieberspiegel, sowie die entsprechenden Schieberkanten nicht parallel, sondern vom Mittelpunkte der Axe aus radial angeordnet.

Der Dampfzylinder ist mit Dampfhemd versehen und die äußere wärmehaltende Umhüllung mit einem Blechmantel bekleidet. Das Dampfzuleitungsrohr mündet in den Dampfmantel, das Auspuffrohr schließt beim Mittelkanal am Schieberkasten an, doch sind die Anschlußflanschen beider Rohre in der Zeichnung verdeckt.

**§ 39. Verstellbare Maschinen.** Zur Erhöhung der praktischen Brauchbarkeit unter wechselnden Verhältnissen hat man Typen von Dampfmaschinen geschaffen, welche so konstruiert sind, daß die Aufstellung je nach Bedarf horizontal oder vertikal oder in anderen Lagen bequem geschehen kann. Hierdurch wird auch die Massenfabrikation erleichtert, indem bei derselben keine Rücksicht auf die specielle Verwendung der einzelnen Maschinen genommen zu werden braucht. Schon das vorhergehende Beispiel (Fig. 12 u. 13, Taf. IV) darf hierher gerechnet werden, da sich diese Maschine sowohl horizontal als vertikal montieren läßt.

Die **Dampfmaschine der Hoadley Company** hingegen, siehe Fig. 15 u. 16, Taf. IV, kann ohne Änderung ihrer Befestigung auf dem Fundamente vertikal oder horizontal gestellt werden, indem die eigentliche Dampfmaschine mit ihrem gehäuseartigen Gestell auf dem mit der Schwungradwelle konaxial cylindrisch gebildeten Untersatz sich einfach mit einer Schraube festspannen läßt, welche durch eines der vorgesehenen Bolzenlöcher  $a_1$  oder  $a_2$  geschoben wird.

Die im Horizontalschnitt angegebene Kreuzkopfföhrung stimmt mit derjenigen des vorhergehenden Beispiels überein. Statt eines Muschelschiebers dient hier zur Dampfverteilung ein Kolbenschieber, dessen Bewegung mittels der am Gestelle prismatisch geföhrten Schieberstange  $c$ , Fig. 16, durch das Excenter  $E$  von der Kurbelwelle aus bewirkt wird. Dieses Excenter ist jedoch hier nicht festgekeilt, sondern verschiebbar, sodafs der im Schwungrade  $S_1$  untergebrachte Centrifugalregulator<sup>121)</sup> den Füllungsgrad der Dampfmaschine durch Änderung der Excentricität regulieren kann.

Unten in der Mitte des cylindrischen Schiebergehäuses schließt das Auspuffrohr an, der frische Dampf hingegen tritt von den beiden Enden des Schiebergehäuses her, in dessen äußerem Längskanal das Dampfzuleitungsrohr mündet, in die

<sup>121)</sup> Hinsichtlich der speciellen Beschreibung dieses Regulators muß auf die Quelle verwiesen werden: Radinger, Bericht über Dampfmaschinen und Transmissionen auf der Weltausstellung in Philadelphia 1876.

Dampfkanäle ein, welche so gestaltet sind, daß sie, wie aus dem Grundrifs erkennbar, den Kolbenschieber ringförmig umgeben, dieser somit von Dampfdruck gänzlich entlastet und zu seiner Bewegung nur der durch seine Dichtungsringe bedingte Reibungswiderstand zu überwinden ist. Trotz dieses sehr beachtenswerten Vorzugs haben die Kolbenschieber bisher keine allgemeine Verbreitung gefunden, da sie sich auf die Dauer nicht gut dicht halten lassen und dann zu beträchtlichen Dampfverlusten Anlaß geben. Durch undichte Stellen des Kolbenschiebers tritt frischer Dampf sowohl während der Expansionsperiode unvorteilhafter Weise in den Dampfzylinder als auch in den Mittelraum des Schiebergehäuses und durch das Auspuffrohr, nicht allein ohne jede Arbeitsverrichtung, sondern auch den Gegendruck auf der Auspuffseite des Kolbens vermehrend, ins Freie. Besonders in der Baupraxis, wo man es häufig mit unreinem Speisewasser zu thun hat, empfiehlt sich der gewöhnliche Muschelschieber, welcher selbst bei starker Abnutzung der Gleitflächen durch die schleifende Wirkung der vom Dampfe mitgerissenen erdigen Bestandteile doch einen ziemlich befriedigend dichten Anschluß behält.

Diese Maschine, eine Schnellläuferin, macht  $n = 1080$  Touren pro Minute, sodafs bei einem Kolbenhub  $s = 127$  mm die mittlere sekundliche Kolbengeschwindigkeit  $c = 4,5$  m beträgt; Cylinderdurchmesser  $d = 117,5$  mm. Zur praktischen Realisierung dieser hohen Geschwindigkeit, welche sich beim Betriebe rasch laufender Arbeitsmaschinen durch Ersparung von Zwischentransmissionen empfiehlt, sind Balancierungsgewichte  $q$  in den beiden die Kurbelarme  $K$  umschließenden Kapseln  $S$  in recht zweckmäßiger Weise untergebracht. Bei der hohen Geschwindigkeit bietet die sehr solide Gestellform noch den Vorteil, daß abspritzendes Öl aufgefangen wird.

**Dreicylindermaschine von Brotherhood & Hardingham; Fig. 19, Taf. IV.** Mit Ersparung von Kolbenstangen greifen die Schubstangen direkt an den behufs zuverlässiger Führung verhältnismäßig langen, gefäßartig gebildeten Kolben an, deren unter  $120^\circ$  angeordnete Cylinder sich zu einer geschlossenen centralen Kammer vereinigen und zugleich das Gestell ausmachen, in welchem sich Kurbel und Schubstangen bewegen. Der Dampf vom Kessel her gelangt zunächst in diesen centralen Raum und dann in die äußeren Cylinderräume, wobei eine (in der Zeichnung nicht angegebene) Scheibe als Drehschieber die Dampfverteilung bewirkt. In dem Maße, wie der Dampf in den äußeren Cylinderräumen expandiert oder auspufft, werden die Kolben durch den Druck des Innendampfs von der centralen Kammer aus arbeitsverrichtend hinausgeschoben, um bei stattfindendem Hubwechsel, während wieder frischer Dampf in den Außenraum tritt, durch Kurbel und Schubstange zurückgezogen zu werden.

Vermöge der Kombination der drei Dampfzylinder hat die Maschine keine Todlagen, kann also in jeder beliebigen Kurbelstellung in Gang gesetzt werden und bedarf keines Schwungrades, während bei eincylindrigen Maschinen nicht selten die für das Anlassen geeignete Kurbellage erst hergestellt werden muß, was bei kleinen Maschinen durch Treiben des Schwungrades mit den Händen, bei größeren Maschinen hingegen, statt des Einsetzens eines Hebels zwischen die Schwungradarme, zweckmäßiger mittels eines eigens anzubringenden Schalthebels geschieht, welcher auf eine entsprechend vorgesehene Verzahnung des Schwungrades wirkt.

Ein charakteristischer Vorzug dieser Dreicylindermaschine beruht darin, daß die Schubstangen, welche sämtlich an einem gemeinsamen Kurbelzapfen angreifen,



beim Hin- und Hergang der Kolben stets auf Zugfestigkeit, also nur in einem Sinne beansprucht werden und selbst bei fortschreitender Abnutzung der Zapfen und Schalen fortwährend in kraftschlüssiger Anlage bleiben, d. h. beim Hubwechsel kein todes Spiel haben. Übrigens hat sich bei Anwendung von gehärtetem Stahl für die Zapfen und von Phosphorbronze für die Schalen die Schmierung durch den mit Öl geschwängerten Dampf als hinreichend bewährt.

Diese Maschine nimmt vermöge der gedrängten Anordnung ihrer Organe verhältnismäßig wenig Raum ein, fällt daher leicht aus und kommt billig zu stehen, umsomehr als sie bei der Erhaltung der kraftschlüssigen Anlage hohe Kolbengeschwindigkeit gestattet — man ist bis auf  $n = 2000$  Touren pro Minute gegangen — und somit bedeutende Arbeitsleistung zu entwickeln vermag. Sie läßt sich in beliebigen Lagen direkt an den Hauptwellen der Arbeitsmaschinen, wie Centrifugalpumpen, Cirkularsägen, Ventilatoren, Winden, Centrifugen u. s. w., recht gut verwenden und hat erfolgreiche Verbreitung gefunden.

Noch darf hervorgehoben werden, daß der Einschluss der bewegten Teile durch das dampfdicht abschließende Gestell, aus welchem nur die Kurbelwelle durch Stopfbüchsen herausragt, um außerhalb die Betriebsriemenscheibe oder eine Wellenkupplung zu tragen, der praktischen Brauchbarkeit und Konservierung sehr zu statten kommt.

Diese Maschinen sind auch mit Umsteuerung gebaut worden, indem man bei entgegengesetztem Drehsinn die centrale Kammer als Auspuffraum benutzte und die Kolben als einfachwirkende mit dem arbeitenden Dampfe in den Außenräumen der Cylinder treiben ließ, wobei die früher ununterbrochen auf Zugfestigkeit beanspruchten Stangen und Gelenke nun stets als Druckorgane dienen.

Letztere Betriebsweise hat man bei Verwendung derartiger Maschinen als Wassermotoren, die mit einem Drucke von 52 Atmosphären befriedigend gearbeitet haben sollen, vorgezogen.

Die in Fig. 19 dargestellte Dampfmaschine hat 230 mm Bohrung, 200 mm Hub und arbeitete mit fünffacher Expansion.<sup>122)</sup>

## b. Transportable (versetzbare) Dampfmaschinen.

**§ 40. Haupteigenschaften der verschiedenen Systeme.** Die äußere Erscheinung der transportablen Dampfmaschinen wird hauptsächlich durch die Aufstellungsweise des Kessels charakterisiert. In Verbindung mit Vertikalkesseln finden sowohl horizontale als vertikale Dampfmaschinen Verwendung, letztere mit dem Cylinder entweder unten oder oben; Horizontalkessel hingegen rüstet man vorwiegend mit horizontalen Dampfmaschinen aus, welche entweder auf dem Kessel befestigt oder unter demselben auf einem Fundamentrahmen montiert werden.

Hinsichtlich der Bauart der Dampfessel auf die einschlägigen Paragraphen dieses Kapitels bezugnehmend, ferner die specielle Erörterung der Verbindungs-konstruktionen zwischen Dampfmaschine und Kessel auf die Beschreibung der Lokomobilen versparend, ist über die verschiedenen, nachfolgend durch Ausführungsbeispiele repräsentierten Konstruktionstypen im allgemeinen nur noch zu bemerken, daß die Vertikalmaschinen meistens räumlich bequemer unterzubringen sind und ver-

<sup>122)</sup> Fontaine. Description des machines à l'exposition de Vienne 1873. Paris 1874, S. 227. Taf. 16.

gleichsweise einfachere Kesselsysteme aufweisen als die Horizontaltypen, welche in der Regel mit einer, die Kosten nicht unwesentlich erhöhenden Feuerkiste versehen werden, hingegen eher vorteilhaftere Verdampfung und jedenfalls mehr Stabilität besitzen. Deshalb werden Horizontalkessel für grössere Arbeitsstärken meistens vorgezogen, während man kleine Maschinen mehr an Vertikalkesseln anbringt, wobei sie immer noch bequem zugänglich sind.

#### § 41. Horizontale Dampfmaschinen mit Vertikalkessel.

**System Tangye.** Die unabhängig von dem Kessel auf dem gußeisernen Untersatze befestigte Maschine zeichnet sich zunächst durch die von den Fabrikanten Tangye Brothers in Birmingham mit Erfolg eingeführte Form des Gestelles aus, welches einerseits den Vorderdeckel des freitragenden Dampfzylinders, dann die prismatische Kreuzkopfführung bildet und weiterhin mit bajonettförmiger Biegung, jedoch in seiner ganzen Ausdehnung auf dem Fundament ruhend, sich nach dem Kurbellager erstreckt, um alle diese Teile als ein gemeinsames Gußstück zu vereinigen. Diese durch Einfachheit und Solidität sich empfehlende, vielfach unter dem Namen „Tangygestell“ bekannte Gestellkonstruktion findet auch für grössere horizontale Dampfmaschinen häufig Verwendung.

Fig. 5. Taf.

Die mit glatter Kurbelscheibe versehene Dampfmaschinenwelle geht am Kessel vorbei nach hinten, wo sie von dem gleichfalls auf dem Untersatz montierten Schwungradlager aufgenommen wird und ausserhalb desselben das als Riemenscheibe dienende Schwungrad oder ausserdem eine besondere Riemenscheibe trägt. Bei dieser sehr stabilen und leicht zugänglichen Anordnung findet auch weder erhebliche noch ungleichförmige Erwärmung der Maschine von Seite des Kessels statt.

Der mit Riemen betriebene, über der Abschließung *Z* stehende Regulator *R* wirkt auch hier direkt auf das konaxiale Drosselventil. Das Dampfzuleitungsrohr zweigt oben am Sicherheitsventilstutzen *S* ab und das Auspuffrohr *Y* führt, unter dem Cylinder sich hinbiegend, zum Blasrohr im Kamin, in welchem übrigens eine mittels Handhabe *s* und Hebel *K* bewegbare und einstellbare Klappe zur Zugregulierung angebracht ist. Weiterhin bedeuten: *O* Einfeuerung, *M* Manometer, *H* Wasserstandszeiger und Probierhahn, *m* Mannloch, *p* Putzdeckel. Die Speisepumpe befindet sich horizontal auf der Hinterseite des Gestells in die Stange des Steuerungsschiebers, eines gewöhnlichen Muschelschiebers, eingeschaltet.

Derartige Maschinen werden fabrikmässig in verschiedenen Grössen für 2 bis 12 Pferdestärken gebaut, welchen Cylinderdurchmesser von  $d = 112-275$  mm bei doppelt so grossem Hub, minutliche Tourenzahlen  $n = 150-120$  und Totalgewichte, also einschliesslich Dampfkessel, von 1150—5450 kg entsprechen.<sup>123)</sup>

**Cochran's Kesseldampfmaschine;** Fig. 7, Taf. V. Um den erforderlichen Raum möglichst einzuschränken, ist hier eine sogenannte Bügelmaschine in Anwendung gebracht, welche bei ihrer geringen Länge auf dem Kessel, dessen Kamin seitlich liegt, Platz finden kann.<sup>124)</sup> Behufs Vermeidung einer schädlichen Erhitzung der Maschine von Seite des Kessels her ruht deren scheibenförmige Grundplatte auf

<sup>123)</sup> Dem vorgenannten Werke entnommen, welches eine Zusammenstellung der transportablen Dampfmaschinen auf der Wiener Weltausstellung enthält.

<sup>124)</sup> Dieser Vertikalkessel zeigt als Eigentümlichkeit die Ausrüstung mit einem Bündel horizontaler Heizrohre und wird für denselben nach Versuchen 8,5 fache Verdampfung angegeben.

einem Ringe von Holzklötzen, zu deren Aufnahme sie auf ihrer Unterseite mit einer Rinne versehen ist.

Die mit zwei Schubstangenköpfen an der gekröpften Kurbelwelle angreifende hügelartige Schubstange (*return connecting rod*)  $L$  geht mit ihren beiden Schäften seitlich am Dampfzylinder  $C$  vorbei nach hinten, um hier am Ende der Kolbenstange von dem Kreuzkopfe  $G$  aufgenommen zu werden, der in einer prismatischen Führung gleitet. Der gedrängten Anordnung wird noch geschickt durch die Verwendung eines oscillierenden Verteilungsschiebers entsprochen, der sich in der Kapsel  $N$  über dem Zylinder befindet und seine Bewegung von der Excenterstange  $E$  mittels Hebel und schwingender Axe erhält. Die Wirkungsweise derartiger Schieber stimmt mit derjenigen von gewöhnlichen Muschelschiebern überein, von welchen sie sich nur insofern unterscheiden, als statt der Schieberstange die schwingende Schieberaxe und statt des ebenen Schieberspiegels cylindrische Gleitflächen vorhanden sind.<sup>125)</sup>

#### § 42. Vertikale Dampfmaschinen an stehenden Kesseln.

**Vertikalmaschine von Marshall, Sons & Co.;** Fig. 16, Taf. IV.<sup>126)</sup> Dampfessel und Dampfmaschine sind auf gemeinsamem Untersatz  $V$ , welcher übrigens als Speisewasserreservoir dient, getrennt aufgestellt, wodurch die Montage, beziehungsweise fabrikmäßige Herstellung erleichtert wird; auch werden in vertikaler Richtung sich ergebende, obwohl jedenfalls geringe Differenzen der infolge der Erwärmung stattfindenden Ausdehnungen von Dampfessel und Dampfmaschine durch die Biegung der Dampfleitungsrohre leicht aufgenommen. Die Kurbellager, welche die gekröpfte Kurbelwelle aufnehmen, sind mit dem Ständer zusammengegossen, in dessen ausgebohrter Führung der aus schmiedbarem Gufeseisen hergestellte und mit nachstellbaren Backen versehene Kreuzkopf sich bewegt. Der von der Kurbelwelle aus mit Riemen betriebene Regulator  $R$  auf horizontaler Welle wirkt auf ein oberhalb an der Axe  $n$  angebrachtes entlastetes Ventil.

Das Dampfzuleitungsrohr  $X$  geht von einem seitlich am Dampfessel angeordneten Gehäuse aus, welches mit der Abschliefung  $Z$  versehen ist und das Sicherheitsventil  $S$  trägt. Von dem Auspuffrohr  $Y$  zweigt nach unten ein mittels Hahn abschließbares Nebenrohr ab, mittels welchen ein Teil des Auspuffdampfes zur Vorwärmung des Speisewassers nach dem Reservoir  $V$  geleitet werden kann; letzteres ist seitlich mit einem Fülltrichter versehen. Übrigens besitzt die Speisepumpe  $P$  unten einen Rohransatz  $a$ , um eventuell das Wasser von einem anderen Behälter her ansaugen zu können.  $v_1$  und  $v_2$  sind die beiden Druckventile, an welche sich das Speiserohr  $b$  anschließt. Der Dampfessel ist mit Querrohren in der Feuerbüchse versehen; vgl. die Bauart Fig. 2, Taf. III.

**Pétiau's transportable Dampfmaschine mit Fieldkessel;** Fig. 6—11, Taf. IV.<sup>127)</sup> Die ganze Maschine befindet sich auf einem kräftigen Hohlgußgestell, welches seitlich am Kessel befestigt ist und unten auf dessen vorspringendem Untersatz noch Stützung findet. Die in den angegossenen Lagern  $U$  und  $V$  gelagerte Kurbelwelle  $K$  trägt außerhalb beiderseits die als Riemenscheiben dienenden Schwungräder. Die auch bei der vorhergehend beschriebenen Maschine bestehende Anordnung der Kur-

<sup>125)</sup> Engng. 1879 I. S. 572 u. 576.

<sup>126)</sup> Engng. 1878 II. S. 467.

<sup>127)</sup> Armengaud. Publication industrielle. Vol. 20. 1872. S. 105. Taf. 8.

belwelle unten und des Dampfzylinders oben empfiehlt sich sowohl durch Stabilität, als auch wegen des günstigen Anschlusses von Dampfzuleitung und Auspuffrohr.

Der zur Aufnahme der Schubstange  $L$  gabelförmig gebildete gufseiserne Kreuzkopf  $G$ , Fig. 10, umfaßt mit einer abnehmbaren und nachstellbaren Platte die schmiedeiserne Führungsstange  $T$ , welche an Vorsprüngen des Gestells, siehe Fig. 7, befestigt ist. Die Konstruktion des unteren Schubstangenkopfs mit bronzenen Lagerhälften geht aus Fig. 9 deutlich hervor.

Mittels Excenter  $E$  wird der im Schieberkasten  $N$  befindliche Verteilungsschieber bewegt, auf dessen Rücken ein Expansionschieber (Farcot'scher Schleppschieber) gleitet und unveränderlich bei 0,4 des Kolbenhubs abschneidet, indem er gegen feste Anschläge stößt.<sup>128)</sup> Obwohl hiermit nur ein bestimmter Expansionsgrad erreicht ist, erscheint die Einrichtung doch zweckmäfsig, indem mit dem Verteilungsschieber die übrigen Momente der Dampfverteilung befriedigend realisiert werden können, während bei Anwendung eines blofsen Verteilungsschiebers der angegebene Füllungsgrad  $\varepsilon = 0,4$  sich nur mit ungünstiger Dampfverteilung, insbesondere nachteilig starker Kompression erzielen liefse.

Der mittels Riemenscheiben  $m$ ,  $n$  und Kegelräderpaar betriebene Centrifugalregulator  $R$  steht auf dem Cylinderdeckel und überträgt seine Hülsenbewegung mittels Hebel  $r$  und Stange  $s$  auf die im Dampfzuleitungsrohr  $X$  befindliche Drosselklappe  $D$ , unterhalb welcher die Abschließung  $Z$  angeordnet ist. Das Auspuffrohr  $Y$  endigt als Blasrohr  $B$  central im Kamin.

Rechts auf der Kurbelwelle sitzt das Excenter für die Speisepumpe  $P$  mit seitlich angeschraubtem Ventilgehäuse, darunter befindlichem Regulierungshahn und Saugrohr  $a$ , während  $b$  das nach dem Kessel führende Druckrohr ist.

Die äufsere Schale des mit 48 Fieldrohren versehenen Kessels (vergl. S. 485) wird durch eine einzige Blechtafel gebildet und der Kessel, wie aus der Zeichnung ersichtlich, zum Schutze gegen Abkühlung von einem Blechmantel umhüllt. Die an der Stange  $q$  hängende gufseiserne Birne  $Q$  kann zur Regulierung des Zuges heb- und senkbar eingerichtet werden. Bei  $S$  ist das Sicherheitsventil, bei  $m$  das Mannloch und bei  $O$  die Einfueuerung angebracht.

Die Hauptgröfsen der Maschine sind: Cylinderdurchmesser  $d = 200$  mm; Hub  $s = 300$  mm; minutliche Tourenzahl  $n = 110$ ; effektive Arbeitsstärke  $N_e = 8$  Pferdestärken; Dampfspannung im Kessel  $p = 6$  Atmosphären; Heizfläche pro Pferdestärke  $H_e = 1,1$  qm.

**Transportable Dampfmaschine System Lachapelle; Fig. 1 u. 2, Taf. V.<sup>129)</sup>** Diese von der Sächsischen Dampfschiffs- und Maschinenbau-Anstalt in Dresden nach dem hauptsächlich von Lachapelle in Paris eingeführten Typus gebaute Dampfmaschine überspannt mit ihrem jochartigen Gestell den Kessel und steht unabhängig von diesem auf dem gufseisernen Untersatz, der wie gewöhnlich als Aschenfall dient; doch ist das Gestell zur Herstellung der erforderlichen Stabilität in der Gegend seiner oberen Säulenenden noch mit Führungsbacken am Kessel gestützt.

An der Säule rechts ist die vertikale Maschine mit dem Cylinder und Schieberkasten  $N$  befestigt, an dessen unterem Ende sich ein Kondensationswasser-Abflafs-

<sup>128)</sup> Beschreibung und Theorie der Farcot-Steuerung finden sich u. a. in dem im Litteraturverzeichnis näher angegebenen Werke: Zeuner. Die Schiebersteuerungen.

<sup>129)</sup> Engng. 1875 II, S. 522.

hahn  $x$  befindet und das mit Abschließung  $Z$  versehene Dampfzuleitungsrohr  $X$  mündet. Dieses geht von einem oben auf den Dampfkessel genieteten gusseisernen Gehäuse aus, welches andererseits das Sicherheitsventil  $S$  und in der Mitte oberhalb das Manometer  $M$  trägt.

Die Kreuzkopfführung der Dampfmaschine geht vom oberen Cylinderdeckel aus und stützt sich oben seitlich gegen die Säule mit einer Platte, deren im Grundriss sichtbarer Ausschnitt der gegabelten Schubstange  $L$  das erforderliche Spiel gewährt. Das Steuerungsexcenter  $E$  ist hinter der Kurbel  $K$  aufgekeilt.

Der Regulator  $R$ , in einem bügel förmigen Rahmen auf dem Horizontalbalken des Hauptgestells stehend und mittels Schraubenrad  $z$  von der Kurbelwelle  $W$  aus betrieben, wirkt mit Hebel  $h$  und vertikaler Stange  $s$  auf die Drosselklappe  $D$ , deren Gehäuse, siehe Fig. 2, mit demjenigen der Abschließung  $Z$  verschmolzen ist.

Die vermöge der beträchtlichen Entfernung ihrer Lager in solider Weise gelagerte Kurbelwelle trägt links das Speisepumpenexcenter, dann das Schwungrad und außerhalb desselben die Betriebsriemenscheibe. Von der unten befestigten Speisepumpe  $P$  aus geht das Druckrohr nach dem Speisehahn  $v$ .

Der Dampfkessel ist mit Querrohren in der Feuerbüchse versehen, zu deren Reinigung die beiden unteren Öffnungen mit Putzdeckeln  $p$  vorgesehen sind, während von der oberen aus die Feuerbüchsen-Decke bestrichen werden kann.

Der Cylinderdurchmesser der Dampfmaschine beträgt  $d = 190$  mm, der Hub  $s = 340$  mm.

**§ 43. Kleinmotoren.** Die hauptsächlich für die Kleinindustrie wichtigen kleineren Kraftmaschinen, nämlich hydraulische Motoren, Gaskraftmaschinen, Heißluftmaschinen und Dampfmaschinen, von welchen letztere immerhin noch die wichtigsten sind, finden gelegentlich auch im Bauwesen, beispielsweise zum Fördern geringer Wassermengen oder für den Betrieb von Aufzügen für kleinere Lasten vorteilhafte Verwendung; vergl. übrigens „Sonstige Kraftmaschinen“ S. 97.

**Kleine Dampfmaschine von Baxter; Fig. 13, Taf. V.<sup>130)</sup>** Der Dampfkessel, auf welchen S. 489 schon hingewiesen wurde, ist mit einer größeren Zahl von Heizrohren versehen, die in ringförmiger Anordnung von einer glockenartigen Erweiterung der Feuerbüchse aus schief abwärts nach dem Raume  $U$  gehen, von wo aus die Heizgase, den Dampfkessel außen bestreichend, nach dem Kamin  $T$  hin gelangen.<sup>131)</sup>

Die Feuerbüchsen-Decke ist mit Stangen von der gusseisernen Decke des Kessels aus versteift und trägt in ihrer Mitte einen Sicherheitspfropfen (Schmelzpfropfen); vergl. Kesselarmatur, S. 64.

Der in den Dampfraum eintauchende Cylinder bildet mit seiner flanschenartigen Erweiterung zugleich den Abschlufsdeckel der oberen centralen Reinigungsöffnung des Kessels und trägt die beiden Gestellständer, in welchen oben die Kurbelwelle gelagert ist, und dient das bogenförmige Verbindungsstück noch als gemeinsamer Lagerdeckel. Beiderseits außerhalb sind die Riemenscheiben, beziehungsweise Schwungräder  $Q_1$  und  $Q_2$  aufgekeilt.

Damit nicht so viel Wasser in den Dampfzylinder mitgerissen werde, ist der

<sup>130)</sup> Armengaud. Publication industrielle. Vol. 20. 1872. S. 485. Taf. 46.

<sup>131)</sup> Der angegebene Schnitt durch letzteren und die Einfeuerung ist im Vergleich zur wirklichen Anordnung hinsichtlich der Vertikalaxe des Kessels um  $90^\circ$  gedreht dargestellt.

mit Excenter  $E$  bewegte Verteilungsschieber, welcher früher innen offen liegend angeordnet wurde, in einem Gehäuse untergebracht, welchem der Dampf von einer möglichst hohen Stelle des Dampfraums, nämlich von  $D$  aus zugeführt wird, wo sich ein Drosselventil befindet. Dieses wird von dem Regulator  $R$  beherrscht, dessen Betrieb, wie aus der Zeichnung ersichtlich, von der Kurbelwelle aus mittels eines durch Leitrollen geführten Riemens geschieht.

Das in der Zeichnung nicht angegebene Auspuffrohr mündet wie gewöhnlich als Blasrohr im Kamin.

Die Speisepumpe  $P$  fördert das Speisewasser zunächst in den gufseisernen kastenartigen Untersatz  $V$ , welcher als Vorwärmer dienen soll und bei Aufstellung des Motors auf einem Holzboden Sicherheit gegen Feuersgefahr gewährt. Dieser Vorwärmer steht durch das rechts punktiert angegebene Rohr mit dem Kessel in direkter Verbindung, kann aber einen erheblichen Effekt kaum geben, da die Erwärmung des Wassers von oben nach unten erfolgen müßte, übrigens der Wert der Heizfläche durch Ablagerung von Asche sehr beeinträchtigt wird.

**Fontaine's Motor mit Gasheizung;** Fig. 14, Taf. V.<sup>192</sup>) Der dargestellte Motor ist für eine sekundliche Arbeitsleistung von 15 mkg, also zum Ersatz einer Menschenkraft konstruiert und deshalb von dem Erbauer „*homme-machine*“ genannt werden. Der mit 8 Atmosphären Dampfspannung arbeitende, mit einem Blechmantel umgebene Kessel kann vollständig auseinander genommen werden, indem dessen mit Winkel-eisen eingefasste Aufsenschale unten mit der gufseisernen Feuerbüchse und vier schmiedeisernen Füßen, oben hingegen mit einem Deckel verschraubt ist, welcher übrigens der Dampfmaschine als Grundplatte dient und der bequemerer Demontierung wegen das Kamin mit einer Stopfbüchse umschließt. Die Siederöhre  $u$  sitzen in einer flachwandigen gufseisernen Feuerbüchse und geschieht die Heizung mittels einer Anzahl Bunsen'scher Brenner  $i$ , welche von einer ringförmigen Biegung des Gaszuleitungsrohrs  $n$  ausgehen.

Als Basis der Regulierung wird hier nicht die Geschwindigkeit, beziehungsweise ein den Dampfzulafs zur Maschine beeinflussender Centrifugalregulator, sondern die Dampfspannung im Kessel benutzt, indem deren Änderung auf die Wärmeentwicklung und somit auf die Dampfproduktion in folgender Weise einwirkt. Das im Inneren des Kessels an einer Stange hängende Gewicht  $g$  belastet einen auf dem oberen Deckel sitzenden, aus gewelltem Stahlblech hergestellten Cylinder derart, dafs bei normalem Dampfdrucke oben zwischen der Schlußplatte dieses Cylinders und der nach unten gerichteten Ausmündung des Gaszuleitungsrohres  $m$  ein Durchgangsquerschnitt besteht, welcher gerade die zum normalen Betriebe erforderliche Gasmenge in die den Cylinder umgebende Kapsel und von hier aus in das schon erwähnte Gasleitungsrohr  $n$  treten läßt.

Nimmt die Spannung des Dampfes ab, so wirkt auch eine entsprechend geringere Kraft auf den Schlußdeckel des elastischen Stahlcylinders, an welchem das Gewicht  $g$  hängt, letzterem entgegen und stellt sich ein neuer Gleichgewichtszustand her, indem jener Druckdifferenz des Dampfes entsprechend das Gewicht sinkt und der federnde Cylinder komprimiert wird, bis dessen vermehrte Reaktion die Abnahme des Dampfdrucks ausgleicht. Hierdurch wird aber der Querschnitt der Gaszuführung vergrößert, also die Heizung gesteigert und die Druckabnahme im Kessel einge-

<sup>192</sup>) Fontaine. Description des machines à l'exposition de Vienne. 1873. S. 318. Taf. 38.

schränkt. Umgekehrt tritt bei Drucksteigerung eine entsprechende Verringerung der Gaszufuhr ein; es spielt demnach der obere Deckel des gewellten Stahleylinders die Rolle eines Regulierungsventils. Steht die Maschine still, so hört die Dampfproduktion auf und eine gefährliche Druckzunahme im Kessel wird selbstthätig verhindert, aber das Regulierungsventil läßt doch gerade noch so viel Gas zuströmen, daß die entwickelte Wärme hinreicht, den Kessel unter vollem Dampfdrucke betriebsbereit zu erhalten, ein Umstand, welcher bei häufig unterbrochenem Betriebe von besonderer Wichtigkeit ist.

Indem ferner der elastische Cylinder so dimensioniert werde, daß er bei einer den normalen Druck wesentlich übersteigenden, aber der Haltbarkeit des Kessels noch nicht gefährlichen Dampfspannung zerplatze und den Dampf, zugleich die Gasflamme löschend, entweichen lasse, soll er das Sicherheitsventil entbehrlich machen.

Die Speisung des Kessels, welcher bei normalem Wasserstande 30 l Wasser enthält, die nötigenfalls für 2—3 Stunden Betriebszeit hinreichen würden, geschieht hier periodisch, etwa alle Stunden mittels eines auf dem Kessel angebrachten, in der Zeichnung jedoch nicht angegebenen Füllgefäßes, welches mit einem Füllhahn nach außen und mit einem Entleerungshahn nach dem Kesselinneren abgeschlossen werden kann. Nachdem bei geschlossenem Entleerungshahn und offenem Füllhahn Wasser in das Gefäß eingegossen worden, schließt man letzteren und öffnet hierauf ersteren, sodafs der Dampf in dem Gefäße emporsteigt und das Wasser in das Innere des Kessels abfließt, was durch das angebrachte Wasserstandsglas beobachtet werden kann. Übrigens reicht das Entleerungsrohr des Füllgefäßes, beziehungsweise das Füllrohr für den Dampfkessel, bis auf die Ebene des normalen Wasserstands hinab, sodafs dieser nicht überschritten d. h. eine Überfüllung des Dampfkessels verhindert wird, indem der auf Abfluß des Wassers im Füllgefäße wirkende Dampfdruck abnimmt, sobald das genannte Rohr unten in das Wasser eintaucht. Auch am Kessel befindet sich ein Wasserstandszeiger, der übrigens unten und oben Ventile enthält, welche unter der Wirkung des Dampfdrucks abschließen und weiteren Dampfverlust verhüten, wenn die Wasserstandsgläser zerspringen sollten.

Der in den Dampfraum eintauchende und auf der Schlußplatte des Dampfkessels festgeschraubte Dampfeylinder *C* bietet zugleich die Geradföhrung, indem der Angriffspunkt der Schubstange in die röhrenartig gestaltete Kolbenstange verlegt ist. Zur Dampfverteilung dient hier ein mittels des Räderpaares  $Z_1, Z_3$  betriebener rotierender Hahn in dem Hahnengehäuse *N*, dem der frische Dampf durch einen hinten befindlichen Kanal zuströmt; der Auspuffdampf hingegen entweicht durch das Rohr *Y* nach einem in der Zeichnung nicht angegebenen Blasrohr im Kamin.

Bei der normalen Dampfspannung von 8 Atmosphären und einem Füllungsgrade  $\varepsilon = \frac{1}{3}$  entwickelt die Maschine die angegebene Arbeitsstärke von 15 Sekundenmeterkilogramm mit 250 Umdrehungen pro Minute.

#### § 44. Transportable Dampfmaschinen mit Horizontalkessel (Halblokomobilen).

Halblokomobile der Schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur; Fig. 3 u. 4, Taf. V. Der Dampfkessel besitzt eine Feuerbüchse von vertikalcyllindrischer Grundform, welche jedoch oben auf ihrer rechten Seite zur Aufnahme der Heizrohre flachwandig eingeschränkt ist. Quer unter dem Langkessel hängt der vom Auspuff-

dampfe auf seinem Wege nach dem Blasrohr *B* geheizte Vorwärmer *V*. Zur Stützung des Kessels unter der Rauchkammer dient das gußeiserne Rohr *u*, in welchem sich übrigens die Flugasche ablagern kann. An geeigneten Orten finden sich Schraubenpropfe *p* zur Reinigung des Kessels angebracht; gegen Abkühlung ist derselbe vollständig mit Blech ummantelt.

In dem von der äußeren Feuerbüchse oben gebildeten Dampfdom steckt vorn der Dampfzylinder *C*, welcher so weit vorragt, daß außerhalb die den Verteilungsschieber *I* aufnehmende Kapsel *N* und der cylindrische Drosselhahn *D* Platz finden. Auf diesen wirkt der Regulator *R* mittels einer die Hebel *r* und *r*<sub>1</sub> verbindenden Stange ein, wie Fig. 4 zeigt, welche zur linken Hälfte eine Hinteransicht bei abgenommenem Rauchkammerdeckel und zur rechten Hälfte eine Vorderansicht mit Schnitt durch den Dampfzylinder und die Steuerungsorgane darstellt. Hier ist auch die in einer längeren Büchse gelagerte schwingende Axe *i* sichtbar, auf deren äußerem Ende ein vom Steuerungsexcenter bewegter Hebel sitzt, dessen oscillatorische Bewegung sie am anderen Ende mittels eines Arms auf den Verteilungsschieber *I* überträgt. Diese Einrichtung stimmt mit der in Fig. 12 u. 13, Taf. IV, dargestellten und S. 501 beschriebenen überein, deren Modell hier mit einigen Abänderungen Verwendung gefunden hat.

Das am Dampfdom befestigte muldenförmige Gestell mit der beiderseitigen prismatischen Führung für den Kreuzkopf und den beiden Kurbellagern ruht hier unterhalb derselben nur mit einem Bolzenkopfe auf einem am Kessel festgenieteten gußeisernen Stuhl, der oben mit einer zur Längsaxe parallelen Nut versehen ist, um der Differenz der Ausdehnungen entsprechend Verschiebung des Dampfmaschinengestells am Dampfkessel zu gestatten. Der Dampfzylinder erstreckt sich sowohl zur eigenen Befestigung, als auch zur Führung der außergewöhnlich langen Kolbenstange mit einer büchsenförmigen Verlängerung bis zur entgegengesetzten Seite des Dampfdoms, wo die Stopfbüchse angebracht ist. Die Schubstange zeigt ähnlich einer früher bei Lokomotiven gebräuchlich gewesenen Konstruktion einen durchbrochenen Schaft, an dessen beiden Enden die Lagerdeckel der Schubstangenköpfe mittels längs durchgehender Schraubenbolzen angeschlossen werden.

Cylinderdurchmesser  $d = 100$  mm; Hub  $s = 200$  mm; Tourenzahl pro Minute  $n = 150$ ; Dampfspannung im Kessel  $p = 9$  Atmosphären; effektive Arbeitsstärke in Pferden  $N_e = 4$ ; Kohlenverbrauch pro Stunde und Pferdestärke  $B_e = 2,8-3$  kg.

**Transportable Dampfmaschine der Schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur;** Fig. 5 u. 6, Taf. V. Der zweckmäßiger Weise vollständig aus cylindrischen Schüssen hergestellte und sorgfältig eingehüllte Dampfkessel ruht mit einem Winkeleisenfusse der vorderen Stirnwand und mit der unteren Umrahmung der Rauchkammer *U* auf dem Boden, unter welchem ein gemauerter Kanal nach dem getrennt errichteten Kamin führt. Zur Reinigung des Innern sind die Schraubenpropfen *p* und seitlich ein Mannloch angebracht.

Das oben auf der mehrfach durchbohrten äußeren Kesselschale festgenietete, gewissermaßen einen Dampfdom bildende Dampfzylindergehäuse enthält den eigentlichen Dampfzylinder als besonderes, dicht passend eingeschobenes Rohr, welches demnach von dem Kesseldampfe umspült wird.

Das den Dampfmantel mit den Cylinderdeckeln vollständig umschließende zerlegbare Blechgehäuse geht von einer scheibenartigen Ausbildung des linken Deckels



aus, welcher mit der Geradföhrung ein Stück bildet. Diese besteht aus einem cylindrisch ausgebohrten, mittels Schraube auf dem Kessel gestützten Rohre, in welchem sich der büchsenförmige Kreuzkopf bewegt. Mit dem Föhrungsrohre ist das trichterartig durchbrochene Gestell  $G$  verschraubt, dessen beide Arme sich gabelartig nach den Kurbellagern hin erstrecken, die mit nachstellbaren Schalen versehen sind.

Zur Vertikalstüztung dienen die plattenartigen Fortsetzungen  $L$  der hinteren Kesselstirnwand, auf welchen eben die Kurbellager mit Winkeleisenverband ruhen. Differenzen der Ausdehnung von Maschinengestell und Dampfkessel können vermöge der Biegsamkeit der Platten  $L$  ohne erhebliche Spannungen eintreten.

Statt einer gekröpften Kurbelwelle sind hier zwei cylindrische Wellenstücke mit aufgekeilten Kurbelscheiben  $K_1$  und  $K_2$  angewendet. Diese enthalten, wie aus der Zeichnung zu ersehen, die Balancierungsmassen und werden durch Vernietung des Kurbelzapfens fest mit einander verbunden.

Das in Fig. 6 angegebene Steuerungsexcenter  $E$ , welches vor der vertikalen Schnittebene von Fig. 5 liegt, bewegt einen Trick'schen Verteilungsschieber.<sup>133)</sup> Der Regulator  $R$  wirkt mittels Winkelhebel  $r$  und Stange  $s$  auf die vertikale Spindel des über dem Dampfzylinder angeordneten cylindrischen Drosselhahns, an welchem unterhalb noch das Abschließungsventil angebracht ist; dieses wird mit ersterem gemeinsam bewegt, wozu das oberhalb in dem Gestellbügel schraubbare Handrad  $z$  dient. Das in Fig. 6 sichtbare Gewicht  $G$  belastet mittels der angegebenen vertikalen Stange ein darunter am Cylindergehäuse befindliches Sicherheitsventil. Seitlich am Kessel ist der Injektor  $I$  angebracht.

Die wichtigeren Daten sind folgende: Cylinderdurchmesser  $d = 150$  mm; Hub  $s = 300$  mm; minutliche Tourenzahl  $n = 120$ ; Dampfspannung im Kessel  $p = 9$  Atm.; effektive Arbeitsleistung  $N_e = 8-12$  Pferdestärken; Füllungsgrad  $\varepsilon = 0,35$  (die Kompression beginnt bei 0,8 des Kolbenhubs); Heizfläche  $H = 10,5$  qm; Kohlenverbrauch und Dampfverbrauch pro Stunde und effektive Pferdestärke  $B_e = 2,5-2,8$  kg,  $G_e = 11-13$  kg.

**Demenge's Halblokomobile mit Woolf'scher Maschine**, gebaut von der Compagnie de Fives Lille; Fig. 21, Taf. IV.<sup>134)</sup> Der mit seinen gusseisernen Füßen  $a$  und  $b$  auf den mit Stange  $s$  verbundenen Unterlagen  $a_1$  und  $b_1$  ruhende Kessel trägt seitlich an festgenieteten Axzapfen Fahrräder  $U$  von 1,4 m Durchmesser und 180 mm Kranzbreite, sodafs er mit vorgesteckten Deichseln in horizontaler Lage transportiert werden kann, hingegen bietet die während des Betriebs geneigte Lage des Kessels den Vorteil, die Rauchkammer  $E$ , welche sonst oben flach gebildet werden müfste, um mit einer hinreichenden Wasserschicht bedeckt zu sein, einfach cylindrisch auszuführen, Versteifungsbarren entbehren und eine gröfsere Zahl von Heizrohren unterbringen zu können, von welchen übrigens ein Teil mit den oberen Endstrecken in den Dampfraum ragt und dampftrocknend wirkt. Die vordere Stirnplatte des Kessels samt Feuerrohr und Heizrohren ist abschraubbar, desgleichen auch die Rauchkammer, sodafs Reinigungen und etwaige Reparaturen des Kessels bequem vorgenommen werden können.

Die Feuerung ist mit schmiedeisernen, durch Querschrauben verbundenen Roststäben  $R$  und mit einer aus zwei Blechtafeln hergestellten Feuerbrücke  $F$  versehen,

<sup>133)</sup> Siehe Zeuner, Schiebersteuerungen.

<sup>134)</sup> Engng. 1879 II, S. 338 u. 340.

in deren Zwischenraum Luft zuströmt, welche eine zu starke Erhitzung jener Blechtafeln verhindert, dabei aber vorteilhafter Weise vorgewärmt wird und in den Feuerraum eintretend die Verbrennung vervollständigt.

Die Heizrohre haben 64 mm inneren Durchmesser und 3 mm Wandstärke; die Heizfläche beträgt  $H = 6,5$  qm; Rostfläche  $R = 0,16$  qm; Verhältnis  $R:H \cong 1/40,6$ ; bei einer Dampfspannung  $p = 8$  Atm. absolut werden stündlich  $G = 100$  kg Dampf erzeugt.

Die Woolf'sche Maschine von  $N_e = 6$  effektiven Pferdestärken hat einen Hochdruckcylinder  $C_1$  von  $d_1 = 150$  mm und einen Niederdruckcylinder von  $d_2 = 200$  mm Durchmesser bei gleichem Hube  $s = 120$  mm und einer minutlichen Tourenzahl  $n = 300$ . Dem Füllungsgrade des kleinen Cylinders  $\epsilon = 0,6$  entspricht bei Vernachlässigung der schädlichen Räume ein totaler Füllungsgrad von  $\frac{1}{3}$  d. h. dreifache Expansion.<sup>185)</sup> Beide Cylinder sind einfachwirkend, sodafs die im Innern der topfartig gebildeten Kolben angreifenden Schubstangen  $L_1$  und  $L_2$  nur drückend wirken, wie dies schon bei der Drillingsmaschine von Brotherhood (siehe S. 503) der Fall war. Kolben und Deckel des Niederdruckcylinders  $C_2$  sind innen mit einer Bleischeibe bekleidet<sup>186)</sup>, um die Abkühlung während der Auspuffperiode und somit die Kondensation des eintretenden Arbeitsdampfes zu vermindern. Aus gleichem Grunde haben die Kolben eine solche Länge, dafs bei ihrem Hin- und Hergange die mit dem Dampfe in Berührung kommenden Innenflächen der Cylinder nie an die äufsere Atmosphäre gelangen können.

Auf der zwischen beiden Cylindern liegenden Krummaxe  $K$ , deren Lager in dem muldenförmigen Gestell ausgebildet sind, sitzt einerseits das als Riemenscheibe dienende Schwungrad  $Q$ , andererseits, also vor der Schnittebene der Figur liegend und deshalb nicht sichtbar, ein die Verteilungsschieber der beiden Cylinder gemeinsam bewegendes Steuerungsexcenter, ferner ein Centrifugalregulator, welcher auf ein Drosselventil in der Dampfzuleitung wirkt.

Die Dampfzylinder sind oben mit Vorrichtungen zum Schmieren ihrer hinteren und vorderen Gleitflächen, ferner mit Kondensationswasser-Abflafsähnen versehen.  $X$  Dampfzuleitungsrohr mit Abschleifung  $Z$ .  $Y$  Auspuffrohr, endigend als Blasrohr  $B$  mit centralem Dampfrohr  $t$ , welches von einem Hahn  $h$  am Stutzen des Sicherheitsventils  $S$  ausgeht und beim Anheizen zur Zugerzeugung benutzt wird, wenn der Kessel noch etwas Dampfdruck hat. Ferner führt vom Dampfdom ein kleines Rohr nach einem zur Kesselspeisung dienenden Injektor hin. Der Kamin kann um das Scharnier  $i$  niedergeklappt werden.

**Halblokomobile mit Zwillingsmaschine** von Robey & Co., Lincoln; Fig. 8 bis 10, Taf. V.<sup>187)</sup> Diese Bauart mit unterhalb des Langkessels auf der Grundplatte montierter horizontaler Dampfmaschine eignet sich vermöge ihrer Stabilität besonders für den Betrieb von Winden, Pumpen und anderen schweren Maschinen.

Der getrennt konstruierte Heizrohrkessel ruht einerseits mit seiner Feuerkiste ohne weiteres auf der Grundplatte, welche hier den Aschenfall  $A$  bildet, andererseits mit einem gulseisernen Gehäuse auf den beiden Dampfzylindern und hängt im

<sup>185)</sup> Dieser Expansionsgrad erscheint sehr gering und deutet auf billige Kohlen hin.

<sup>186)</sup> Einem Wärmeleitungskoeffizienten 119 des Eisens entspricht für Blei 85; der Unterschied wäre also nicht grofs, das Wismut hingegen hat einen Wärmeleitungskoeffizienten von nur 18.

<sup>187)</sup> Engng. 1874 II. S. 451 u. 453.

übrigen nur noch durch das Dampfzuleitungsrohr mit der Maschine zusammen, sodafs er behufs etwaiger Reparaturen nach Lösung der betreffenden Verbindungsschrauben abgehoben und die Dampfmaschine von einem anderen Kessel her mit Dampf versehen werden könnte.

Die beiden Cylinder  $C_1$  und  $C_2$ , deren Kurbeln  $K_1$  und  $K_2$  unter  $90^\circ$  stehen, sind mit Dampfmänteln versehen, welchen der Dampf durch einen im Grundrifs sichtbaren Kasten zugeführt wird, in welchem sich ein mittels Hebel  $h$  und Stange  $Z$  bewegbarer Abschlusschieber befindet. Cylinderdurchmesser  $d = 235$  mm; Hub  $s = 360$  mm; minutliche Tourenzahl  $n = 120$ ; Dampfspannung im Kessel  $p = 5$  Atmosphären.

In dem zwischen beiden Cylindern angeordneten gemeinsamen Schieberkasten werden die Verteilungsschieber durch die Excenter  $E_1$  und  $E_2$  bewegt, deren Verstellung die Änderung des Füllungsgrades von  $\varepsilon = \frac{1}{8}$  bis  $\frac{3}{4}$  ermöglicht. Der mittels Riemen von der Schwungradwelle aus betriebene Regulator  $R$  wirkt durch den Winkelhebel  $r$ , die Stange  $s$  und den Hebel  $r_1$  auf die Axe der Drosselklappe  $D$ .

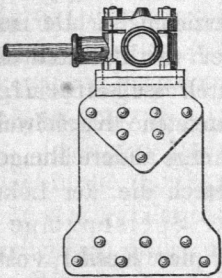
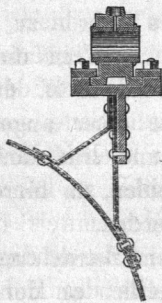
Auf der dem Schwungrade entgegengesetzten Seite springt die Kurbelwelle über das Lager vor, um statt des Schwungrads hier nach Bedarf eine andere Riemenscheibe oder für Pumpenbetrieb eine Kurbel aufkeilen zu können.

Die Speisung des Kessels geschieht entweder mittels der Speisepumpe  $P$  durch das Speiseventil  $v_1$  oder mittels des Injektors durch das Speiseventil  $v_2$ . Die Saugleitungen beider gehen nach dem hinteren Teile des Hohlgußgestells, welches hier als Vorwärmer verwendet ist, doch läfst sich an die Pumpe noch ein Saugrohr anschliessen, um das Speisewasser nötigenfalls von einer anderen Stelle her ansaugen zu können. Die Vorwärmung des Speisewassers geschieht durch einen Teil des Auspuffdampfes, der im übrigen zur Zugerzeugung durch das Rohr  $\gamma$  nach dem Blasrohr entweicht, ferner durch das Kondensationswasser, welches aus den Dampfmänteln der Cylinder durch die angegebenen Hähne und deren anschliessende Kupferröhrchen  $x_1$  und  $x_2$  abgelassen wird. Die Bewegung dieser vier Hähne erfolgt gleichzeitig von dem Handhebel  $m$  aus, indem dieser einerseits mittels Stange  $p_1$  auf die beiden vorderen Hähne, dann mittels Winkelhebel, Stange  $n$ , Winkelhebel  $o$  und Stange  $p_2$  auf die anderen beiden Hähne wirkt.

### c. Lokomobilen.

**§ 45. Die Befestigung der Maschine auf dem Kessel und die Anbringung der Fahrräder.** Bei der vorwiegend gebräuchlichen, einfachsten und solidesten Anordnung der Dampfmaschine, horizontal auf dem Kessel und parallel zu dessen Längsaxe, würden in einer unnachgiebigen Befestigungskonstruktion infolge verschiedener Erwärmung und Ausdehnung des Kessels und der Maschine nachteilige Spannungen eintreten, z. B. im Falle der Vernietung des Gestells mit dem Aufsenkessel der Nietverband undicht werden. Die bei transportablen Maschinen, insbesondere solchen mit Vertikalkesseln mehrfach angetroffene und als zweckmäfsig hervorgehobene getrennte Befestigung von Kessel und Maschine auf der Grundplatte derart, dafs beide sich unabhängig ausdehnen können, indem sie im übrigen nur durch die elastisch nachgiebige Dampfzuleitung und das Auspuffrohr zusammenhängen, ist für horizontale Maschinen auf Horizontalkesseln nicht ausreichend, weil sie an ihren beiden Enden einer soliden Stützung bedürfen.

Wenn nun eine dieser Stützungen in der Längenrichtung der Maschine nachgiebig eingerichtet werden muß, so wird wegen des Anschlusses der Dampfleitungen zweckmäßiger Weise jedenfalls der Dampfzylinder fest am Kessel angebracht, während bei den Kurbellagern Verschiebung zu gestatten ist, wie dies z. B. die Halblokomobile Fig. 3 u. 4, Taf. V, zeigt. Die hier gebotene Stützung ist jedoch nur zur Aufnahme von Vertikalkräften geeignet, die in der Mittelebene wirken, während die durch seitlich angreifende Kräfte bedingten Drehmomente hinsichtlich der Längsaxe des Maschinengestells durch dessen Torsionsfestigkeit aufgenommen werden müssen und erst nach der Übertragung bis zum Dampfdom hin hier an der Befestigungsbasis ihre Reaktion finden.

Fig. 29<sup>a</sup>.Fig. 29<sup>b</sup>.

Diese zwar geringe, doch immerhin in etwelchem Maße mögliche und bei unregelmäßigem Kraftbedarf in Vibrationen sich äußernde Torsion des Maschinengestells wird vermieden, wenn beide Kurbellager direkte Unterstützung finden, wie beistehende Figuren zeigen. Die aus zwei Blechtafeln hergestellte, am Langkessel festgenietete Konsole trägt ein Gufsstück mit prismatischer Führung für die darin verschiebbare Fußplatte des Kurbellagers, welches durch eine schmiedeeiserne Stange mit dem Dampfzylinder verbunden ist.

Werden die Kurbellager mit ihren bockartigen Gestellen unverschiebbar am Dampfkessel befestigt, welcher Fall z. B. in Fig. 11, Taf. V, vorliegt, so ist die Vorsicht geboten, die Schraubenmuttern erst dann anzuziehen, wenn der Dampfkessel unter normalem Dampfdruck steht und die Maschine erwärmt ist. Auf diese Weise läßt sich im Betriebszustand eine geeignete gespannte Verbindung des Kurbellagers mit dem Dampfzylinder sichern und die für die Befestigung des Lagergestells am Kessel nachteiligen wechselnden Biegemomente der Horizontalkräfte der Dampfmaschine werden aufgenommen, hingegen treten, während der Kessel kalt steht, unwillkommene Spannungen ein und die Verbindungsstangen sind dann auf Knickung beansprucht.

Zur Hebung dieses Übelstandes hat man zur Verbindung des Dampfzylinders mit den Kurbellagern statt der Stangen Rohre angewendet, welche mit dem Dampfmantel kommunizieren und an dem mit dem Kurbellager verschraubten Ende geschlossen sind. Durch die Heizung dieser Rohre mittels des Dampfes wird zwar die Differenz der Erwärmung und Ausdehnung beseitigt, doch scheint diese Konstruktion wohl wegen der Schwierigkeit, den Rohranschluss unter dem Wechsel der einwirkenden Kräfte dicht zu erhalten, sich nicht bewährt zu haben, auch ist der Wärmeverlust, beziehungsweise die Dampfkondensation in diesen Rohren jedenfalls ein nachteiliger Umstand.

Am einfachsten und zweckmäßigsten erscheint die in horizontaler Richtung nachgiebige Stützung mittels biegsamer Platte, wie sie beispielsweise die transportable Dampfmaschine Fig. 5 u. 6, Taf. V, zeigt.

Die Lokomobilen ruhen in der Regel auf vier Rädern, welche zur Erleichterung des Fahrens in Krümmungen lose auf ihren Axen stecken. Aus demselben Grunde wird die Vorderaxe mit kleineren und näher stehenden Rädern ver-

sehen und drehbar so angebracht, daß sie den Wendungen der damit verbundenen Deichsel durch Drehung in der Horizontalebene folgen kann, wie dies beispielsweise an der Lokomobile Fig. 1—4, Taf. VI, zu erkennen ist.

Zur weiteren Erleichterung der Lenkung ersetzt man bei Straßsenlokomotiven häufig die beiden Vorderräder durch ein einziges entsprechend breiteres Rad, welches seine Lagerung in der gäbelförmigen Endung einer drehbaren vertikalen Axe findet. Diese wird vom Führerstande aus bewegt, wie dies bei der als Straßsenlokomotive verwendbaren Lokomobile von Schmid, Fig. 5—8, Taf. VI, mittels des langarmigen horizontalen Winkelhebels, der drehbar auf einem am Kessel befestigten Bolzen sitzt, und anschließender Stange geschieht.

Um bei vier Rädern, deren Anwendung sich für Lokomobile durch bequemere Anbringung und größere Stabilität empfiehlt, selbst auf unebenem Boden gleichzeitiges Aufrufen aller Räder und dadurch ruhiges Fahren zu erzielen, richtet man die Vorderaxe zweckmäßig so ein, daß sie sich noch in einer zur Fahrrihtung senkrechten Vertikalebene drehen kann. Dies wird z. B. durch kugelförmige Lagerung des Lokomobilkessels, beziehungsweise einer angenieteten kugelförmig endigenden Stütze, auf der Vorderaxe erreicht<sup>138)</sup> und sind derartige Einrichtungen für häufig zu transportierende Maschinen zu empfehlen, da hierdurch die der Lokomobile nachteiligen Erschütterungen vermindert werden.

Die Hinterräder, im Sinne der bisherigen Betrachtung der Kessel vorn an demselben angebracht, stecken entweder auf seitlich an der äußeren Feuerkiste festgenieteten Axstumpfen oder die Axe ist gekröpft unter derselben hindurch geführt, wie Fig. 1 u. 2, Taf. VI, zeigen. Endigt hingegen die Feuerkiste mit einem nach unten offenen Aschenfall, so läßt sich die Axe als ein Bügel horizontal aufsen an der Rückseite der äußeren Feuerkiste anschließen und festnieten.

Für dauernden Betrieb wird die Lokomobile auf Unterlagen befestigt, um die Räder zu entlasten und die erforderliche Stabilität zu erhalten.

§ 46. Lokomobile von R. Wolf in Buckau-Magdeburg; Fig. 1—4, Taf. VI. Der S. 480 schon erwähnte Kessel dieser Lokomobile ist vollständig aus cylindrischen Schüssen zusammengesetzt, wodurch sich mit Vermeidung von Versteifungsbarren eine recht solide Konstruktion ergibt. Die cylindrische innere Feuerbüchse sitzt vertikal excentrisch in der äußeren Feuerbüchse, welche wiederum excentrisch am Langkessel angebracht ist, mit welchem, siehe Fig. 1, ein mit Umbordungen versehenes Ringstück die Verbindung herstellt; endlich schließt sich die Rauchkammer als ein Cylinder von kleinerem Durchmesser an. Ein Mannloch ist nicht vorhanden, da die Feuerbüchse samt Röhrenbündel und zugehörigen Stirnplatten herausgezogen werden kann. Die Dichtung der letzteren geschieht mit Gummiringen. Diese Einrichtung ermöglicht, die inneren Revisionen und Reinigungen gründlich vorzunehmen und kommt somit der Haltbarkeit und ökonomischen Leistung des Kessels zu statten.<sup>139)</sup>

Der Abschluß des Aschenfalls unterhalb der Feuerbrücke kann behufs Reinigung des hinteren Bodens der Feuerbüchse herausgenommen werden. Der Ab-

<sup>138)</sup> Vergl. die im Litteraturverzeichnis angeführte Broschüre von Head über Lokomobile, S. 23.

<sup>139)</sup> Um bei dem Wiederaussetzen des Kessels mit den in der hinteren Rohrwand befestigten Schraubenbolzen bequem in die zugehörigen Löcher der hinteren Stirnplatte einfahren zu können, befinden sich im Inneren des Kessels, siehe Fig. 1, unten zwei vorspringende Führungsschienen, auf welchen die hintere Rohrwand in richtiger Höhenlage zu ruhen kommt, wenn dieselbe hintergeschoben wird. Das Auseinandernehmen, Reinigen und Wiederaussetzen erfordert je nach Größe des Kessels 1—3 Tage Zeit.

lafshahn befindet sich an einem Rohrstützen unter dem Kessel, welcher letzterer zum Schutz gegen Abkühlung mit Holz verschalt und darüber noch mit einem Blechmantel umkleidet ist.

Der oben aufgenietete gußeiserne kastenförmige Dampfdom bildet mit dem Dampfzylinder und dessen Schieberkasten ein Gußstück, trägt oben zwei Sicherheitsventile, vorn das Manometer und links die Dampfpeife. Die Heizung des Dampfzylinders durch den ihn umgebenden Kesseldampf macht Kondensationswasser-Ablafshähne überflüssig.<sup>140)</sup> Von demselben Dome aus, siehe Fig. 2 u. 3, geht unterhalb des Schieberkastens das Auspuffrohr, erstreckt sich horizontal längs des Kessels und biegt vor dem Kamin seitlich zum Blasrohr ab. Zum Funkenlöschen, sowie zur Zugerzeugung beim Anheizen, wenn noch Dampfdruck im Kessel vorhanden ist, ferner beim Heizen behufs Erhaltung der normalen Dampfspannung während längerer Stillstandsperioden der Maschine kann das ringförmig das Blasrohr umgebende, oben mit Ausblasöffnungen versehene Röhrrchen benutzt werden, welches von einem besonderen, auf dem Kessel festgenieteten Rohrstützen und zugehörigem Hahnen ausgeht.

Übrigens ist behufs Zurückhaltung von Flugasche und Funken eine Siebwand schief in die Rauchkammer eingestellt und eine Drahthaube auf dem (in der Zeichnung verkürzt dargestellten) Kamin angebracht. Derselbe ruht beim Transport in einem zweiteiligen Ringe über dem Dampfdom, wie Fig. 1 u. 2 zeigen, und wird während des Betriebs in der Vertikallage erhalten, indem man durch die mittels Scharnier verbundenen gußeisernen Flanschenringe einen Schraubenbolzen zieht.

Die Fahrräder sind aus Schmiedeeisen hergestellt mit Ausnahme der Nabe, welche um die Enden der schräg stehenden Arme gegossen ist. Die Befestigung der Hinteraxe unten an der äußeren Feuerbüchse geht deutlich aus Fig. 1 u. 2 hervor, wie auch die Anbringung der Vorderaxe. Dieselbe kann sich um einen vertikalen Bolzen drehen, der oben in der horizontalen Platte eines am Langkessel festgenieteten Stuhles sitzt und unten durch eine an der Hinteraxe befestigte Stange gehalten wird. Zur Aufnahme des Kesselstuhls ist die Vorderaxe oben mit einer horizontalen Sitzplatte versehen; ferner befinden sich an derselben zwei nach vorn gehende Schienen, zwischen welchen die Deichsel an einem horizontalen Bolzen angreift, sodafs sie sich um diesen unabhängig vertikal drehen kann, während die Vorderaxe der Lenkung entsprechend den horizontalen Drehbewegungen der Deichsel folgen mufs.

Die Dampfmaschine, deren Detailkonstruktionen deutlich aus der Zeichnung hervorgehen, wird mittels eines Buss'schen Regulators reguliert, siehe Fig. 1 u. 2, welcher auf die im Grundriß, Fig. 3, sichtbare Drosselklappe wirkt.<sup>141)</sup> Diese

<sup>140)</sup> Dieser Punkt ist für die Betriebssicherheit nicht unwesentlich, da in den Dampfzylindern von Maschinen ohne Dampfmantel beim Anlassen derselben so bedeutende Kondensation stattfindet, dafs bei Unterlassung des Öffnens der Kondensationswasser-Ablafshähne unter Umständen die schädlichen Räume vollständig durch das Kondensationswasser angefüllt werden und der Kolben bei seiner Hin- und Herbewegung die Cylinderdeckel herausschlagen kann. Übrigens kommt auch der gefährliche Fall vor, dafs während längerer Stillstände das im Cylinder enthaltene Kondensationswasser einfriert. Aus diesen Gründen ordnet man die Dampfkanäle gern bis zur tiefsten Stelle des Dampfzylinders reichend so an, dafs Kondensationswasser sich nicht ansammeln kann, sondern bei jeder Auslafperiode durch den Dampf mitgerissen wird oder durch den Dampfkanal abfließt. Dieser Rücksicht entspricht bei den Ventilmaschinen die vorwiegend gebräuchliche Anordnung der Auslafventile an der unteren Seite des Dampfzylinders.

<sup>141)</sup> Wesentlich für die Regelmäßigkeit des Ganges der Maschine ist der Antrieb des Regulators mittels Zahnräder, denn beim Riementrieb ergiebt sich infolge Streckens und Gleitens des Riemens leicht eine zu geringe Geschwindigkeit des Regulators, sodafs dieser dann die Maschine auf eine zu hohe Umdrehungszahl reguliert.

befindet sich unterhalb der Abschließung, siehe Fig. 4, mit dieser in einem Gehäuse, welches zwischen dem Dampfdom und dem im übrigen für sich abgeschlossenen Schieberkasten die Dampfzuleitung herstellt.

Der die Lager der Kurbelwelle tragende Gestellkasten ist auf dem Dampfkessel festgenietet und der mit ihm verschraubten, andererseits am Dampfdom aufruhenden Gestellplatte für die Kreuzkopfführung an letzterer Befestigungsstelle durch längliche Schraubenlöcher die wegen Temperaturdifferenzen erforderliche Verschiebbarkeit gewährt.

Eine Speisepumpe ist mit der Schieberstange verbunden und eine mit Handhebel zu betreibende Reservepumpe seitlich am Kessel angebracht.

Der Verteilungsschieber ist auf eine Füllung  $\varepsilon = 0,75$  justiert. Die Dampfspannung beträgt 6 Atmosphären Überdruck. Kohlenverbrauch pro Stunde und Pferdestärke  $B_0 = 3-3,5$  kg.

Eine mit Rider'scher, vom Regulator abhängiger Expansionssteuerung versehene Lokomotive desselben Fabrikanten ergab nach angestellten Versuchen (vergl. folgenden Paragraphen) bei einer effektiven Leistung von  $N_0 = 15$  Pferdestärken einen Kohlenverbrauch von nur 1,99 kg pro Stunde und Pferdestärke bei Nichteinrechnung der zum Anheizen aufgewendeten Kohlen oder 2,30 kg pro Stunde und Pferdestärke, wenn das zum Anheizen verbrauchte Brennmaterial mitgerechnet und auf eine 10stündige Arbeitszeit verteilt wurde.

#### § 47. Hauptdimensionen und Leistungen verschiedener Lokomotiven.

Um praktische Vergleiche der für die Beurteilung der Lokomotiven maßgebenden Momente zu erleichtern, mögen hier noch Angaben über die Hauptdimensionen und Leistungen von Lokomotiven Platz finden, welche bei der 1880 in Magdeburg zur Förderung des deutschen Lokomobilbaues<sup>142)</sup> veranstalteten Konkurrenz geprüft wurden und im allgemeinen als gute Erzeugnisse deutschen Maschinenbaues gelten dürfen. Als Maßstab der Güte wurde zunächst der ermittelte Kohlenverbrauch pro Stunde und Pferdestärke zu Grunde gelegt, übrigens bei gleich günstigen Resultaten die Einfachheit der Konstruktion in Betracht gezogen.

##### a. Hauptdimensionen der konkurrierenden Lokomotiven.

1. Lokomotive von R. Wolf in Buckau-Magdeburg. Dieselbe unterschied sich von der im vorhergehenden Paragraphen beschriebenen Konstruktion durch die Anwendung einer vom Regulator abhängigen Expansionssteuerung nach Rider's System mit Verteilungsschieber und drehbarem Expansionsschieber. Die Vorwärmung des Speisewassers geschah mittels eines Mischhahns (vergl. § 33, S. 492)<sup>143)</sup>. Eines der bei den Versuchen genommenen Indikatordiagramme siehe Fig. 9, S. 66.

2. Lokomotive von Feodor Siegel in Schönebeck a. S. Kessel ähnlicher Konstruktion wie bei der erstgenannten Lokomotive. Die Rauchkammer ist mit einem als Vorwärmer dienenden zylindrischen Wassermantel versehen, in welchem das Speisewasser auf etwa  $100^\circ$  erwärmt wird.<sup>144)</sup> Cylinder mit Dampfmantel. Steuerung mit einem einzigen Schieber. Füllungsgrad  $\varepsilon = 0,4$ . Starke Kompression (bis nahezu auf den Admissionsdruck) zur Verminderung des Nachteils der schädlichen Räume.

<sup>142)</sup> Ein ansehnlicher Teil des heimischen Bedarfs an Lokomotiven wird gegenwärtig noch von England geliefert. Die Ende 1878 im deutschen Reiche erhobene Dampfmaschinenstatistik ergab einen Bestand von 9085 Lokomotiven von zusammen 73 647 Pferdestärken. 40% sämtlicher Lokomotiven waren nichtdeutschen Ursprungs.

<sup>143)</sup> Um das Schmiermaterial, welches mit dem zur Vorwärmung verwendeten Abgangsdampf aus dem Dampfzylinder in das Speisewasser gelangt, vom Kessel abzuhalten, wurde vor dem Reservoir, aus welchem die Pumpe saugte, ein Behälter angebracht, nach welchem das im Mischhahn vorgewärmte Speisewasser zunächst gelangte und von dem es unten nach dem Saugreservoir abfloß, während das Öl oben schwimmend zurück blieb und zeitweise abgeschöpft werden konnte.

<sup>144)</sup> Diese Vorwärmer rosten stark an. Aus diesem Grunde ist der in § 34, S. 495, Fußnote 114, angeführte offene Vorwärmer aus Kupferblech hergestellt.

3. Lokomobile von John D. Garrett in Buckau-Magdeburg. Kessel nach englischem Typus mit flachseitiger Feuerkiste und Versteifung mit Stehbolzen.<sup>145)</sup> Mischhahn für die Vorwärmung des Speisewassers. Dampfzylinder ohne Dampfmantel. Steuerung mit zwei Schiebern.

4. Lokomobile von F. Zimmermann & Co. in Halle a. S. Dampfkessel ähnlich wie bei Garrett, jedoch größer. Anwendung eines Mischhahns. Dampfzylinder ohne Dampfmantel. Einschiebersteuerung. Füllungsgrad  $\varepsilon = 0,5$ .

5. Lokomobile von Ph. Swiderski in Leipzig. Kessel wie vorhin. Vorwärmung mittels Mischhahn. Compoundmaschine, deren beide Dampfzylinder gleichen Hub haben, in der Rauchkammer angeordnet sind und je mit einem Schieber gesteuert werden. Die Expansion findet zum Teil schon im ersten Zylinder statt und ist zwischen beiden Zylindern ein Dampfbehälter (Receiver) angebracht. Dieses Maschinensystem, dessen Vorteile S. 45 schon hervorgehoben wurden (vergl. auch Lokomobile von Demenge, S. 512), konkurriert hier bei der geringen Arbeitsleistung von 10–15 Pferdestärken nicht günstig, sowohl bezüglich des Kohlenverbrauchs wegen der relativ größeren Eigenwiderstände (Leerlaufwiderstand und zusätzliche Reibung), als auch hinsichtlich des Preises und der unbequemen Bedienung infolge wesentlich komplizierterer Konstruktion. Die bei stärkeren Maschinen erheblichen Vorteile des geringeren Einflusses der schädlichen Räume auf den Dampfverbrauch und der größeren Regelmäßigkeit des Ganges, beziehungsweise der Zulässigkeit leichterer Schwungräder, kommen im vorliegenden Falle bei der geringen Expansion nicht zu Ausschlag gebender Geltung.

6. Lokomobile von Jörning & Sauter in Buckau-Magdeburg. Kessel ähnlich dem von F. Siegel, jedoch mit kleinerem Dampfraum. Vorwärmung in einem um das Auspuffrohr herumgelegten Wasserrohre. Dampfmaschine nach der Bauart von No. 1 mit dem Unterschiede, daß nur ein Schieber angewendet ist. Füllungsgrad  $\varepsilon = 0,6$ .

7. Lokomobile von Clayton & Shuttleworth in Lincoln.<sup>146)</sup> Kessel wie bei No. 3 und 4. Vorwärmer in der Rauchkammer. Der Zylinder war sowohl am Umfange als auch an den Deckeln mit Dampfmantel umgeben und in der Rauchkammer angebracht. Steuerung mit zwei Schiebern und Änderung des Expansionsgrades durch den Regulator.

(Siehe Tabelle: Hauptdimensionen der geprüften Lokomobilen. S. 520).

## b. Prüfung der Lokomobilen und erzielte Leistungen.

Die konkurrierenden Lokomobilen wurden für eine effektive Leistung von 10 Pferdestärken und dann von 15 Pferdestärken in zwei Versuchsreihen (siehe folgende Tabelle, S. 521) geprüft, indem man die Kraft der Lokomobile mittels Riemen auf einen Bremsapparat übertrug.<sup>147)</sup> Da mit der Riementransmission ein nicht unbedeutender Arbeitsverlust verbunden ist, stellt sich die Zahl der thatsächlich an der Schwungradwelle geleisteten Pferdestärken etwas höher als in der Tabelle angegeben und der Kohlenverbrauch pro Pferdestärke dem entsprechend niedriger.<sup>148)</sup> Die Feuerung

<sup>145)</sup> Die Reinigung ist schwierig und kaum an allen Stellen, hauptsächlich in den unteren Partien zwischen innerer und äußerer Feuerkiste nur unvollkommen möglich, sodafs Verstopfungen durch Kesselstein und zu starke Erhitzung der inneren Feuerkistenwand nicht selten vorkommen. Die Rohre sind zwar in der Rohrwand an der Rauchkammer mit erweiterten Enden eingesetzt, sodafs sie samt Kesselsteinansatz herausgezogen und bequem gereinigt werden können, doch werden die Rohre bei der schwierigen Arbeit des Herausziehens und Einsetzens leicht verletzt, sodafs Betriebsstörungen durch Undichtheiten nicht selten die Folge sind.

<sup>146)</sup> Englische Lokomobilen wurden nicht zur Konkurrenz gebracht, wohl in der Voraussetzung der Fabrikanten, daß deren Ergebnisse für sie nicht günstig ausfallen würden, doch sind zum Vergleich die wichtigeren Angaben über eine Lokomobile von Clayton & Shuttleworth hier beigefügt, welche bei der englischen Konkurrenz in Cardiff den ersten Preis erhielt.

<sup>147)</sup> Eine Beschreibung des angewandten Bremsapparats findet sich in der Quelle, welcher die vorstehenden Angaben entnommen sind: „Die Lokomobilen-Konkurrenz bei der Magdeburger Ausstellung im Jahre 1880. Bericht von Prof. Dr. Wüst in den Landwirtschaftl. Jahrbüchern. Zeitschr. f. wissenschaftl. Landwirtschaft von Dr. H. Thiel, Berlin 1881.“

<sup>148)</sup> Andererseits wird nicht außer Acht gelassen werden, daß im gewöhnlichen Betriebe die relativ günstigen Resultate von Konkurrenzversuchen schwerlich zu erreichen sind, da bei letzteren nur besonders tüchtige, wohl eingübte Heizer in angestrengtester Thätigkeit fungieren. Je nach Qualifikation der Heizer kommen leicht Differenzen des Brennmaterialverbrauchs von 50% und mehr vor, sodafs die Frage



## Hauptdimensionen der geprüften Lokomobilen.

Laufende Nummer.	Name des Fabrikanten.	Dampfkessel.				Dampfmaschine.				Ganze Lokomobile.								
		Rostfläche.		Rohre.		Dampfraum.		Cylinder.		Umdrehungen pro Minute.	Gewicht.	Preis.						
		$R$ ganze.	$F$ freie.	Durchmesser im Lichten.	Länge.	Querschnitt im Ganzen.	Heizfläche $H$ .	$O$ Wasseroberfläche.	in Kubikmetern.	als Vielfaches der Cylindervfüllung.	Zulässiger Dampfdruck.	$p$ Durchmesser.	$s$ Kolbenhub.	$s$ Füllungsgrad.	Schwungrad-Durchmesser.	$n$ .	kg.	Mark.
1	R. Wolf . . . . .	0,281	0,125	45	1,740	0,0795	14,68	2,23	0,29	83-116	6	0,200	0,315	0,2-0,3	1,57	120 u. 130	4800	5800
2	Feodor Siegel . . . . .	0,430	0,143	49	1,800	0,0773	16,18	1,93	0,36	70	5	0,195	0,380	0,4	1,50	140 u. 120	4600	5220
3	John D. Garrett . . . . .	0,415	—	64	1,953	0,0933	14,02	circa 2,20	circa 0,49	120	6	0,241	0,305	0,2-0,3	1,675	120	4500	4400
4	F. Zimmermann & Co. . . . .	0,512	0,182	59	2,597	0,0984	19,71	circa 2,50	circa 0,50	66	5	0,225	0,346	0,5	1,52	140	5200	6000
5	Ph. Swiderski . . . . .	0,433	—	51	1,803	0,0776	12,85	circa 1,50	—	—	7	0,13 u. 0,20	0,310	0,2	1,20	180	4400	5500
6	Jörning & Sauter . . . . .	0,520	0,130	46	1,737	0,0765	13,63	1,81	0,14	16	6	0,230	0,340	0,6	1,63	140	5500	5500
7	Clayton & Shuttleworth . . . . .	0,492	0,167	51	1,830	0,1113	20,40	—	—	—	5,5	0,229	0,305	0,22	1,68 1,40	112,6	—	—

# Ergebnisse der Lokomobilprüfung.

Name des Fabrikanten.	Versuchsreihe.		Anheizen.				Bremsen.				Brennstoffverbrauch.				Speisewasser und Dampf.				Rauchgase.								
	St. Min.	Dauer.	Brennmaterialverbrauch.		Holz.	Steinkohle.	Gewicht an der Bremse.	Umdrehungen der Bremse.	N <sub>0</sub> .	Holz.	Steinkohle.	Übrige Kohle, Schlacke und Asche.	Kohlenverb. pro eff. Pferdest. und Stunde.		Temperatur	Verbrauch.		Verdampfung pro kg Kohle von der Temperatur des warmen Speisewassers an.	Temperatur		Zug in der Rauchkammer in Millimetern Wasserhöhe.						
			Dauer.	kg.									kg.	kg.		kg.	kg.		kg.	kg.		kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
1 R. Wolf . . . . .	1	1:13	5	30,5	2:20	67,0	17678	10,00	—	48,5	3,4	2,08	2,39	75	15	75	max. 82	303	12,99	14,6	10,0	66	7,0	288	235	3,0-3,5	
2 Feodor Siegel . . . . .	1	1:14	5	42,5 <sup>1)</sup>	2:00	55,3	18153	9,89	—	45,2 <sup>3)</sup>	5,25	2,285 <sup>3)</sup>	2,71 <sup>3)</sup>	52	15	—	340,5	17,21	17,2	10,5	88	7,5 <sup>1)</sup>	260-370	280	4,5-5,0		
3 John D. Garrett . . . . .	1	1:20	5	34,0	2:44	53,8	20062	8,56	—	73,5	7,0	3,14	3,48	64	16	72	max. 88	489	20,90	23,2	14,1	90	7,5	300	max. 339	—	4,5-5,0
4 F. Zimmermann & Co. . . . .	1	0:55	5	47,5 <sup>2)</sup>	1:56,5	59,3	15275	9,195	—	51,5	6,0	2,88	3,36 <sup>7)</sup>	52	15	48-55	390 <sup>5)</sup>	21,84 <sup>5)</sup>	23,2 <sup>5)</sup>	10,7 <sup>5)</sup>	85 <sup>5)</sup>	8,1 <sup>5)</sup>	280-315	240	5,5		
5 Ph. Swiderski . . . . .	1	1:09	5	36,3	2:00	56,36	17080	9,46	—	57,0	8,0	3,01	3,37	65	16	56	max. 72	387	20,45	22,9	16,3	140	7,6	300-370	—	5-7	
6 Jörning & Sauter . . . . .	1	1:43	5	54,8	2:01	56,3	16991	9,20	—	76,0	7,0	4,19	4,74	73	15	—	692 <sup>6)</sup>	37,30 <sup>6)</sup>	37,3 <sup>6)</sup>	25,3 <sup>6)</sup>	189 <sup>6)</sup>	8,9 <sup>6)</sup>	ca. 370	240	4		
1 R. Wolf . . . . .	2	—	—	—	2:31	92,6	20765	15,06	2	75,5	—	1,99	2,30	108	16	78	max. 92	487	12,85	14,4	14,7	98	7,2	288	max. 305	252	5
2 Feodor Siegel . . . . .	2	—	—	—	2:37	96,0	20087	14,52	2	88,2	— <sup>4)</sup>	2,32	2,75 <sup>7)</sup>	79	16	—	602	15,85	15,9	14,3	120	6,9	ca. 370	370	5,5-6		
3 John D. Garrett . . . . .	2	—	—	—	2:30	94,1	20803	15,43	2	93,5	3,5	2,42	2,76	90	16	78-88	572	14,83	16,4	16,8	107	6,9	ca. 370	361	5,5-6		
4 F. Zimmermann & Co. . . . .	2	—	—	—	2:43	94,1	22290	15,22	2	108	—	2,61	3,09 <sup>7)</sup>	78	16	72-80	655	15,84	16,9	12,9	102	6,1	ca. 370	315	4,5		
7 Clayton & Shuttleworth . . . . .	Ca <sup>III)</sup>	1:24	3,6	34,2	—	—	—	—	—	—	—	1,25	1,59	61	—	ca. 100	—	14,4	14,4	9,9	—	11,3	ca. 200	—	—		

1) Etwas zu groß, weil der Heizer beim Anheizen nicht fertig bremsen liess, sondern sofort neue Kohle zuwarf.

2) Etwas zu groß, weil durch Abfallen des Riemens nach dem Anheizen nicht gebremst werden konnte.

3) Etwas zu klein, wegen des unter 1 erwähnten Fehlers.

4) Der Heizer hatte die Rückstände angefeuchtet und dadurch das Gewicht vergrößert.

5) Etwas zu hoch, weil Speisewasser verschüttet wurde.

6) Es wurde sehr viel Wasser mit dem Dampf übergerissen.

7) Um einen nicht nennenswerten Betrag zu hoch, wegen der in den Anmerkungen 1 bzw. 2 erwähnten Umstände.

geschah mit guter westfälischer Flammkohle. Die den Zug mehr oder weniger beeinträchtigenden Funkenfänger wurden beseitigt. Bei allen Versuchen wurden die Kohlen und das Wasser zugewogen, von Zeit zu Zeit Indikatordiagramme genommen und die Temperaturen der Rauchgase und des Speisewassers bestimmt. Der Betriebsdruck war  $\frac{1}{2}$  Atmosphäre unter dem höchsten zulässigen.<sup>149)</sup>

Die vorstehende Tabelle der Ergebnisse der Lokomobilenprüfung zeigt die Resultate der beiden für mittlere Leistungen von 10 und 15 Pferdestärken durchgeführten Versuchsreihen.<sup>150)</sup> Entsprechend der Beimischung eines Teiles des Abgangsdampfes stellt sich bei dieser Vorwärmung des Speisewassers der stündliche Speisewasserbedarf pro Pferdestärke niedriger als der Dampfverbrauch  $G_0$ , während in den Fällen 2, 6 und 7, wo der Abgangsdampf auf Heizflächen wirkt oder die abziehenden Heizgase zur Vorwärmung des Speisewassers dienen, beide Werte gleich sind.

Bei Angabe des Kohlenverbrauchs sind die auf dem Roste und im Aschenfall gebliebenen Reste nicht in Abzug gebracht<sup>151)</sup> und zwar gelten die Werte 1. ohne Einrechnung des Brennmaterialkonsums für das Anheizen (selbstverständlich mit Zugrundelegung der Zeitdauer der Bremsversuche), die Werte 2. hingegen mit Anrechnung des für das Anheizen erforderlichen Brennmaterialaufwands (exklusive Holz) und Verteilung desselben auf eine angenommene 10stündige Arbeitszeit.

Eine Vergleichung der in der zweiten Versuchsreihe mit der besten deutschen Konkurrenzlokomobile erzielten Resultate mit denjenigen der in Cardiff ausgezeichneten englischen Lokomobile von Clayton & Shuttleworth zeigt, daß der Speisewasserbedarf pro effektive Pferdestärke bei ersterer kleiner und der Dampfverbrauch bei beiden gleich ist. Das wesentlich höhere Verdampfungsverhältnis bei der englischen Preislokomobile erklärt sich sowohl durch die bessere Qualität der verwendeten englischen Steinkohle, als auch durch den ungewöhnlich und vielleicht nur für die Konkurrenz ausnahmsweise großen Kessel, dessen Heizfläche etwa das 1,5fache derjenigen von Wolf's Lokomobile beträgt. Nach alledem steht letztere der besten englischen Leistung mindestens gleich.

**§ 48. Strafsenlokomotive, auch als Lokomobile oder Dampffeuerspritze** verwendbar, von A. Schmid in Zürich; Fig. 5—8, Taf. VI. Die vielseitige Verwendbarkeit dieser ebenso hinsichtlich der Kombination ihrer Hauptorgane, als auch in der Detailkonstruktion wohl durchdachten Maschine läßt dieselbe für größere Bauunternehmungen und Fabriketablissemments, sowie für den Betrieb mobiler elektrischer Beleuchtungen als recht praktisch erscheinen.

Die Feuerbüchse ist oben abgeflacht und durch Barren versteift, um vorteilhaft in einem durchaus cylindrischen Aufsensessel untergebracht werden zu können, auf dessen Fortsetzung der zur Erleichterung der Zugwirkung nach oben konisch erweiterte Kamin sitzt. Die Feuerung mit dem flachstabigen Rost und der Feuerbrücke nebst hinterem Abschluß des Aschenfalls, der oben angebrachte Mannlochdeckel, ferner die Rauchkammer mit zweiflügeliger Thür (Fig. 5) sind aus der Zeichnung deutlich zu erkennen. Zu beiden Seiten des Kessels befinden sich die Kohlenbehälter mit geneigten Rutschböden.

der Anstellung eines geschickten zuverlässigen Heizers und Maschinisten sowohl hinsichtlich der Betriebskosten als auch der guten Erhaltung der ganzen Anlage mindestens von derselben Wichtigkeit ist wie die Entscheidung über das anzuwendende Kessel- und Maschinensystem und die Wahl des geeigneten Brennmaterials.

<sup>149)</sup> Dies entspricht dem gewöhnlichen Betrieb, bei welchem der Druck stets etwas niedriger sein muß als der gesetzlich zulässige, für welchen der Kessel geprüft ist und die Sicherheitsventile belastet sind, indem sonst infolge von Drucküberschreitungen das sowohl unökonomische als auch störende Abblasen des Dampfes durch die Sicherheitsventile zu häufig vorkommen würde.

<sup>150)</sup> Bezüglich des speciellen Verfahrens der Messungen ist auf die angegebene Quelle zu verweisen, wo übrigens auch eine Formel zur Berechnung der Arbeitsstärke nach nominellen Pferdestärken aufgestellt ist.

<sup>151)</sup> Dieselben betragen, da es den Heizern gestattet war, die durch den Rost gefallenen Kohlen wieder aufzugeben, bei gutem Heizen nur 4—5%. Demnach kann die etwaige Verschiedenheit der Rückstände auf dem Roste und im Aschenfall jedenfalls nicht erheblich ins Gewicht fallen.

Das nahe dem Kamin angebrachte Sicherheitsventil stimmt im wesentlichen mit der in Fig. 17, Taf. IV, dargestellten Konstruktion überein, welche als Eigentümlichkeit einen zangenartigen Hebel *c* zeigt. Dieser wird durch die mittels Stellschraube zu spannende Schraubenfeder *F* nach oben geprefst, greift mit einer Schneide *b* unter einen Vorsprung des Ventilgehäuses und prefst demzufolge andererseits mit seiner Endspitze *a* in das konisch vertiefte Sicherheitsventil *V*. Behufs Abblasens des Dampfes kann der Hebel *c* mit einem an seiner Verlängerung gebildeten, in der Zeichnung nicht angegebenen Handgriff zum Lüften des Ventils dienen. Zum Schutz ist das Ganze mit einer oben offenen gusseisernen Kapsel umschlossen. An der Lokomobile geht von dem Rohrstützen des Sicherheitsventils ein Röhrechen nach dem Manometer hin, siehe Fig. 6 u 8.

Die Dampfnahme findet durch das oben horizontal angebrachte durchlöchernte Rohr statt, welches vor der Stirnwand des Kessels, dem Führer bequem zur Hand, mit der Abschließung versehen ist. Von hier aus, wo übrigens der Schmierhahn für die beiden Dampfmaschinen einen geeigneten Platz gefunden hat, verzweigt sich die Dampfleitung, siehe Fig. 6, nach den Schieberkästen hin, von welchen, wie der Vertikalschnitt Fig. 7 zeigt, auch die Auspuffrohre ausgehen. Diese vereinigen sich zu einem Rohre, das in einer unten am Kessel befestigten Stopfbüchse steckt, wie Fig. 6 zeigt, von wo aus die Leitung teilweise innerhalb des Wasserraums sich nach dem Blasrohr fortsetzt.

Der Kessel ruht auf einem starken Rahmen, an welchem innerhalb die eigentliche Maschine mit den beiden horizontalen Dampfeylindern angebracht ist und dessen Verlängerung nach hinten den Führerstand bildet, sowie zur Unterbringung des Speisewasserreservoirs dient. Die in Fig. 6 erkennbare Stephenson'sche Umsteuerung wird mittels eines in Fig. 8 sichtbaren Handhebels regiert, zu dessen Feststellung sich seitlich am Kessel ein gezahnter Bogen befindet.

Die beiden Triebräder werden von der vorn liegenden Kurbelwelle aus, deren Kurbeln, siehe Fig. 5, unter  $90^\circ$  stehen und mit Balanciermassen versehen sind, mittels einer Gelenkkette indirekt d. h. in der Weise getrieben, daß die Rotation zunächst dem auf einer durchgehenden centralen Axe befestigten Kettenrade mitgeteilt wird. Dieses Kettenrad trägt, wie Fig. 7 zeigt, auf zwei diametral angebrachten Bolzen drehbar zwei Kegelräder, die beiderseits in größere Kegelräder eingreifen, welche je mit dem auf derselben Seite befindlichen Triebrade auf einer gemeinsamen hohlen Welle festgekeilt sind, sodafs die Triebräder beim Fahren in Kurven verschiedene Umfangsgeschwindigkeiten annehmen können. Hierbei findet eine Relativbewegung des centralen Kegelräderpaars am Kettenrade hinsichtlich der beiden seitlichen Kegelräder statt, während bei der Fahrt in gerader Bahn der ganze Räderkomplex und demnach auch die beiden hohlen Wellen mit der centralen Kettenradaxe gemeinsam rotieren. Diese Einrichtung in Verbindung mit dem S. 516 schon erwähnten drehbaren Lenkrade ermöglicht, ohne Schwierigkeit in scharfen Krümmungen zu fahren.

Die vermöge der hinten überhängenden Konstruktion relativ günstige Belastung der Triebräder wird mittels aufsenliegender Federn von den Endzapfen der centralen Axe aufgenommen, die horizontale Zugkraft hingegen durch die auf den Innenseiten der Triebräder angeordneten, die hohle Welle umschließenden Lagerschalen, siehe Fig. 7, übertragen, welche in entsprechenden Führungen des Gestellrahmens gleiten können, und zwar sind die Führungsschlitze nahezu in der Richtung der Resultierenden von Belastung und Zugwiderstand, also schief gerichtet. Durch diese zweck-

mäßige Einrichtung wird ruhigeres Fahren erzielt, indem die Stöße besser von der Feder aufgenommen, beziehungsweise durch Reibung in den Lagerschlitzten weniger auf die Maschine übertragen werden können.<sup>152)</sup> Übrigens bildet die schiefe Mittellinie der Lagerführung eine Tangente an den von der Kurbelwelle aus mit der Axenentfernung beschriebenen Kreis, sodafs bei den Schwankungen des Rahmenbaues die Triebkette keine merkbaren Spannungsänderungen erleidet.

Die vertikale Axe des Lenkrades ist gleichfalls durch eine Feder mit dem Kessel verbunden, wie aus Fig. 5 hervorgeht.

Mittels Kurbel und Schraubenspindel kann vom Führerstande aus eine Bremse mit ihren beiden hölzernen Backen auf die Triebräder zur Wirkung gebracht werden, siehe Fig. 6 und 8. Die Konstruktion der Fahrräder geht deutlich aus der Zeichnung hervor.

Die von der Kurbelwelle aus betriebene Speisepumpe mit ihrer Saugleitung und Druckleitung ist ausfen am Gestellrahmen angebracht, wie Fig. 8 zeigt.

Verwendung als Lokomobile. Auf dem hinteren Ende der Kurbelwelle sitzt eine Riemenscheibe, mittels welcher die Kraft der Dampfmaschine zum Betriebe von irgend welchen Arbeitsmaschinen abgegeben werden kann, nachdem die Gelenkkette ausgehängt und die ganze Lokomotive so gelagert worden, dafs die Fahrräder und die zugehörigen Tragfedern entlastet sind, oder man läfst dieselbe auf ihren Rädern ruhen, sperrt diese unten seitlich mit Keilen und treibt in die Lagerführungsschlitzte oberhalb der Lagerbüchsen Blöcke ein, welche ein Spielen der Federn verhindern. Letzteres Verfahren ist bei fahrbaren Dampfkränen gebräuchlich.

Verwendung als Dampfmaschine beziehungsweise Feuerspritze. In der Mittelaxe der Dampfzylinder befinden sich hinter denselben horizontale Kolbenpumpen, siehe Fig. 6, welche an die rückwärts verlängerten Kolbenstangen der Zwillingsmaschine gekuppelt werden können. Das in der vertikalen Mittelebene angeordnete gemeinsame Saugrohr mündet horizontal hinten am Speisewasserreservoir, wo eine Schlauchkupplung Anschluß findet. Oben befindet sich horizontal ein cylindrischer Saugwindkessel und über diesem, jedoch immerhin noch unter dem Führersitze, ein gleichfalls cylindrischer Druckwindkessel mit Rohrstützen für die Ankuppelung von Druckschläuchen.

Diese Lokomotive soll auf annähernd horizontaler Strafsse eine angehängte Gesamtlast von 15 t pro Stunde 6 km weit fortbewegen können und bei geringerer Belastung entsprechend gröfsere Geschwindigkeiten erzielen, bis zu 15 km pro Stunde auf horizontaler gerader Strafsse. Steigungen oder Gefälle bis zu 10% werden ohne Schwierigkeit überwunden. Kurven von nur 2 m Radius können befahren werden.<sup>153)</sup>

Heizfläche des Kessels  $H = 10$  qm; Betriebsdruck  $p = 11$  Atmosphären absolut; Brennmaterialbedarf pro Stunde  $B = 40-60$  kg; Verdampfung pro Stunde  $G \cong 400$  kg. Das Anheizen geschieht in etwa 30 Minuten.

Leistung als Lokomobile  $N_0 = 6-8$  Pferdestärken.

Die Pumpe, beziehungsweise Feuerspritze fördert 1500 l. Wasser bei 6 m Saughöhe und erzielt hierbei 55 m horizontale Wurfweite

Gewicht in Dienst ohne Pumpe 6 t, mit Pumpe circa 7 t; Länge 3,25 m; Breite 1,75 m. .

<sup>152)</sup> Dieser Vorteil gilt allerdings nur für das Vorwärtsfahren, welches aber hier fast ausschliesslich in Betracht kommt, während beim Rückwärtsfahren die Einrichtung um so ungünstiger sein würde, weshalb dieselbe bei Eisenbahnlokomotiven nicht zulässig ist.

<sup>153)</sup> Als Beweis der Leistungsfähigkeit dieser Strafsenlokomotive möge angeführt werden, dafs der Erbauer mit derselben und einem angehängten Gepäckwagen im Jahre 1878, um die Maschine zur Pariser Weltausstellung zu bringen, die Strecke Zürich-Paris von circa 600 km auf der gewöhnlichen Strafsse über Basel-Belfort-Langres-Troyes, wobei Steigungen über 10% vorkamen, in 82 Stunden eigentlicher Fahrzeit zurücklegte.