



1020

den 4^{ten} Junij

H.
56.

Katechismus
der
Dampfmaschinenlehre,

oder

Erläuterung der wissenschaftlichen Grundsätze, auf denen die Wirksamkeit der Dampfmaschinen beruht, der Einzelheiten ihres Baues und ihrer Anwendung auf Bergbau, Fabrikenwesen, Schifffahrt und Eisenbahnbetrieb.

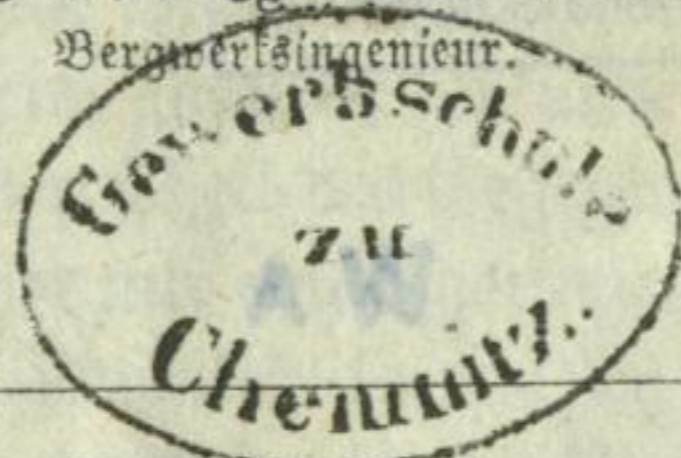
Von

John Bourne,
Civilingenieur.

Nach der dritten Auflage aus dem Englischen

von

Dr. Carl Hartmann,
Bergwerksingenieur.



Leipzig, 1850.

Verlag von C. A. Haendel.

Anteprima

177

Handbuch der Chemie

177

Handbuch der Chemie, oder
Vollständige Anleitung zur
Chemie, in welcher die
eigentlichsten, nützlichsten
und interessantesten
Theile der Chemie
in einer leicht verständlichen
Weise dargestellt werden.

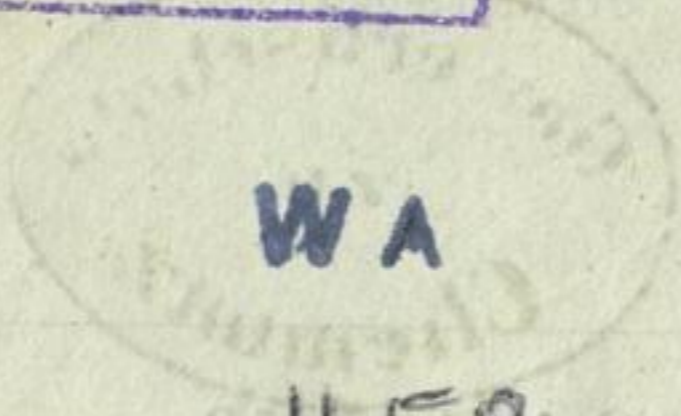
177

Handbuch der Chemie

177

Handbuch der Chemie, oder Vollständige Anleitung zur Chemie

Technische Universität
Chemnitz
Universitätsbibliothek



WA

H 58

Handbuch der Chemie, oder Vollständige Anleitung zur Chemie

Vorwort des Verfassers.

Das vorliegende Werk hat nicht den Zweck, das kürzlich von mir herausgegebene große Werk über Dampfmaschinen zu ersetzen, sondern muß vielmehr als eine Einleitung und gewissermaßen als eine Ergänzung desselben angesehen werden. Obnerachtet des Vorhandenseins dieses größern Werks erschien es mir nämlich zweckmäßig, ein Werk über Dampfmaschinen herauszugeben, welches, bei einem mäßigen Umfange, einen Abriss der ganzen Dampfmaschinenlehre, namentlich aus dem praktischen Gesichtspunkte, geben würde. Zwar giebt es mehr Lesebücher, die diesen Zweck zu erreichen suchen, allein keins derselben entspricht auch nur den billigsten Anforderungen. Die meisten sind bloße Compilationen theoretischer Autoren, die eine Menge wissenschaftlicher Irrthümer enthalten und eine gänzliche Unkunde ihrer Verfasser mit dem praktischen Theil des Gegenstandes beweisen. Sie haben daher nur einen geringen, oder gar keinen Werth für den Techniker, so wie für Jeden, der einen richtigen Begriff und eine richtige Belehrung von den Dampfmaschinen erlangen will. Die erste, an ein einleitendes Werk zu machende Anforderung ist Gründ-

lichkeit, so wie, daß die vorgetragenen Lehren keine Verstöße gegen die Richtigkeit, gegen die Fortschritte der Wissenschaft machen. In dieser Beziehung darf ich die Versicherung geben, daß das vorliegende Werkchen in vollkommener Uebereinstimmung mit den Anforderungen praktischer Bedürfnisse steht. Es enthält eine möglichst vollständige Uebersicht der gesammten Kenntnisse über die Dampfmaschinen, nicht aus Büchern oder aus theoretischen Betrachtungen, sondern aus meinen eigenen und den Erfahrungen der besten jetzt lebenden Maschinenbauer und Mechaniker entnommen.

John Bourne.

Vorwort des Uebersetzers.

Die erste Auflage des vorliegenden Werkchens erschien am Schluß des Jahres 1847 und der Unterzeichnete, so wie der Herr Verleger würden bereits 1848 eine Uebersetzung gebracht haben, wenn dies nicht die politischen Wirren verhindert hätten. Die Uebersetzung nach der zweiten Auflage war schon im Fortschreiten begriffen, als im Mai d. J. eine dritte Aufl. des Originals erschien, von welcher diese Arbeit eine Uebersetzung ist. Drei Aufl. in kaum 30 Monaten und Urtheile von Sachkundigen in den besten technischen Journalen Englands, geben einen genügenden Beweis von der Trefflichkeit des Werks,

und jeder Techniker, der es zur Hand nimmt, wird sich von der Richtigkeit dieser Angabe sofort überzeugen. Es ist ein Büchlein, so wie es nur wenige giebt, und kein Maschinenbauer, Maschinenmeister, Maschinenbesitzer, Werkmeister und Arbeiter in Maschinenfabriken, und anderer Seits kein Gebildeter, der sich gründlich von der Dampfmaschine unterrichten will, wird das Buch unbefriedigt aus der Hand legen. — Daß wir das gute Buch dem deutschen technischen Publikum mitgetheilt haben, bedarf wohl keiner weitern Entschuldigung.

Wir wollen nur noch einige Worte über das weiter oben erwähnte größere Werk des Herrn Bourne sagen, da es ohnstreitig das beste ist, welches bis jetzt über die Dampfmaschinen existirt.

Die erste Auflage dieses Werkes erschien in den Jahren 1844 bis 1846 in 26 Monatsheften in gr. 4., unter dem Titel: „A Treatise on the Steam-Engine;“ das Unternehmen erschien unter dem Schutz der Königin, ging von dem Artizan-Club in London aus und wurde von dem Verfasser des vorliegenden Werkes bearbeitet. Es ist gänzlich auf praktische Bedürfnisse berechnet.

Seit der Mitte des Jahres 1846 erschien zu Paris eine französische Bearbeitung, unter dem Titel: *Traité sur les Machines à Vapeur*. Dieses Werk zerfällt in zwei Theile: Der erste, von dem Ingenieur Bataille bearbeitet, ist im Wesentlichen eine Uebersetzung des englischen Werkes. Er umfaßt die Geschichte, Beschreibung und Anwendung der Dampfmaschinen. Der zweite Theil

hat den Ingenieur G. G. Füllien, ehemaligen Director der Maschinenfabrik zu Kreuzot, zum Verfasser, denn es ist eine Originalarbeit, die von dem Bau oder der Fabrikation der Dampfmaschinen handelt: nämlich von den Baumaterialien, einzelnen Theilen, der Ausführung und Veranschlagung aller Arten von Dampfmaschinen. — Der erste Theil dieser französischen Ausgabe umfaßt 76 eng gedruckte Bogen gr. 4. und nebst 347 in den Text eingedruckten Holzschnitten 43 Quarttafeln; der zweite Theil 56 Bogen, 48 Tafeln und ebenfalls viele Holzschnitte. Beide Theile wurden 1849 zusammen vollendet und kosten etwa 20 Thlr. Dieser zweite Theil erschien in den Jahren 1847 und 1850 zu Quedlinburg in einer guten deutschen Bearbeitung; der erste Theil ist bis jetzt noch nicht deutsch bearbeitet, während das englische Original bereits im Januar 1849 unter dem vollständigen Titel:

Treatise on the Steam-Engine, in its Application to Mines, Mills, Steam Navigation and Railways. By the Artizan Club. Edited by J. Bourne, in der dritten Auflage erschien. Sie besteht aus 33 sehr enggedruckten Bogen, gr. 4 mit 349 Holzschnitten und 33 Tafeln und kostet 10 Thlr.

Weimar, im October 1850.

G. Hartmann.

Erster Abschnitt.

Mechanische Grundsätze.

1. **F**rage. — Was versteht man unter einer Luftleere oder einem Vacuum?

Antwort. — Eine Luftleere oder ein Vacuum ist ein Raum, in welchem weder Wasser, noch Luft, noch irgend ein anderes bekanntes Ding vorhanden ist.

2. **F**. — Wodurch unterscheidet sich eine Hochdruck- von einer Niederdruck-Maschine?

A. — Aus einer Hochdruck-Maschine entweicht der Dampf, nachdem er den Kolben bis zum Ende seines Zuges oder Laufes getrieben hat, in die Atmosphäre und die Triebkraft rührt daher von dem Unterschiede zwischen dem Druck des Dampfes und dem der Atmosphäre her. Bei einer Condensations- oder Niederdruck-Maschine strömt der Dampf, nachdem er den Kolben bis zu dem Ende seines Laufes getrieben hat, in den Condensator, in welchem eine Luftleere erhalten wird, und die Triebkraft besteht daher aus dem Unterschiede zwischen dem Druck des Dampfes auf den Kolben und dem Druck der Luftleere unter demselben, der Null (oder sehr gering) ist. Oder mit andern Worten, man hat alsdann den ganzen Druck des auf den Kolben wirkenden Dampfes, der aus dem Druck, welchen das Sicherheitsventil auf dem Kessel nachweist, und außerdem aus dem Druck der Atmosphäre besteht.

3. F. — Wie kann man sagen, daß der Druck der Luftleere Null sei, wenn das Vorhandensein einer solchen einen Druck von 15 Pfd. auf den Quadratzoll veranlaßt?

A. — Weil nicht die Luftleere, sondern die Atmosphäre diesen Druck ausübt, welche wie eine Wassersäule auf alle unter ihr befindliche Gegenstände drückt. Eine Wassersäule kann aber einen Kolben nicht niederdrücken, wenn auch gegen die andere Fläche desselben Wasser drückt; denn es würde alsdann ein Gleichgewicht stattfinden, so wie eine Waage im Gleichgewicht steht, so lange auf beiden Schalen gleiche Gewichte vorhanden sind. Nimmt man aber von einer Schale das Gewicht weg, oder entfernt das Wasser von einer Seite des Kolbens, so wird eine Bewegung oder ein Druck veranlaßt. Derselbe findet auch dann statt, wenn gegen die eine Seite eines Kolbens Dampf oder Luft tritt, während der eine oder die andere von der entgegengesetzten Seite entfernt worden sind. Der durch Exhaustion oder Entleerung veranlaßte Druck rührt daher von keiner Luftleere, sondern von dem Vorhandensein eines gefüllten Raumes her, der nicht im Gleichgewicht steht. Ein Jeder weiß aber, daß eine Luftleere an und für sich keine Maschine treiben kann.

4. F. — Wie wird in einer Condensationsmaschine eine Luftleere erlangt?

A. — Nachdem der Dampf in dem Cylinder gewirkt hat, kann er in ein Gefäß, den sogenannten Condensator, einströmen, in welches kaltes Wasser eingespritzt wird. Durch dieses kalte Wasser wird der Dampf verdichtet und fällt als warmes Wasser auf den Boden des Condensators nieder. Damit es sich nun daselbst nicht anhäuft, wird es fortwährend von einer Pumpe fortgeschafft.

5. F. — Wenn ein luftleerer Raum nichts enthält, wie kann denn der Condensator ein solcher sein, da er Wasser enthält?

A. — Die Luftleere befindet sich über dem Wasser und

letzteres nimmt nur den Boden ein, sich wie das Eisen oder das Blei an demselben verhaltend.

6. F. — Ist die Luftleere im Condensator eine vollkommene?

A. — Nicht gänzlich, indem das zur Verdichtung oder Condensation eingespritzte Wasser durch den Dampf erwärmt wird und Dampf entwickelt, dessen Spannung durch ohngefähr 3 Zoll Quecksilber dargestellt werden kann; d. h. wenn das gewöhnliche Barometer auf 30 Zoll steht, so giebt ein Barometer, dessen Raum über dem Quecksilber mit dem Condensator in Verbindung steht, ohngefähr 27 Zoll an.

7. F. — Ist am Condensator der Dampfmaschinen zuweilen ein Barometer angebracht?

A. — Ja wohl; und man nennt es das Vacuum-Manometer (Vacuum gauge im Engl.), weil es den Grad der Vollkommenheit der Luftleere angiebt. Ein anderes Manometer, das Dampf-Manometer (der Dampfmesser) ist am Kessel angebracht und giebt den Dampfdruck durch die Höhe an, bis auf welche der Dampf das Quecksilber in der Röhre emportreibt.

8. F. — Kann eine Condensationsmaschine mit einem geringern Druck als dem einer Atmosphäre betrieben werden?

A. — O ja, wenn sie nur erst in Gang gesetzt worden ist; jedoch ist es eine schwierige Sache, eine Maschine in Betrieb zu setzen, wenn der Dampfdruck nicht stärker als der atmosphärische ist. Ehe eine Maschine in Betrieb gesetzt werden kann, muß man Dampf hindurchströmen lassen, um die Luft aus derselben zu vertreiben, und dies kann kaum einmal bewirkt werden, wenn der Dampfdruck zu gering ist. Ist aber die Maschine erst einmal im Gange, so kann man den Druck im Kessel vermindern, sobald die Maschine nur eine geringe Belastung hat, bis daß ein partielles Vacuum in dem Kessel entsteht. Eine solche Praxis ist aber nicht zu empfehlen, da die Wasserstands-Hähne, durch

welche man die Höhe des Wasserstandes erkennen kann, gar keinen Nutzen haben, wenn eine Luftverdünnung in dem Kessel stattfindet; und wenn die Hähne geöffnet werden, so strömt kein Wasser aus, sondern Luft hinein. Es ist daher unter solchen Umständen unmöglich, irgend etwas von dem Absatz auszublasen, der sich in dem Kessel gebildet hat, obgleich bei den Kesseln der Dampfschiffe ein solches Ausblasen alle 2 Stunden erforderlich ist. In manchen Fällen, wenn der Kessel einer Maschine unverhältnißmäßig groß ist, wird der Druck in demselben von selbst bedeutend unter den atmosphärischen hinabsinken; jedoch ist es in diesen Fällen zweckmäßiger, das Drosselventil oder die Admissionsklappe in der Dampfrohre theilweise zu verschließen, wodurch das Einströmen des Dampfes in die Maschine verzögert wird. Auf diese Weise wird der Druck im Kessel erhalten, obgleich der Cylinder nur seine vorhergehende Speisung erlangt.

9. F. — Wie muß man die verschiedenen Arten von Condensationsmaschinen eintheilen?

A. — In einfach wirkende, doppelt wirkende und rotirende. Einfach wirkende Dampfmaschinen sind solche, bei denen der Dampf den Kolben nur nach einer Richtung treibt, während die Bewegung in der entgegengesetzten Richtung durch ein Gegengewicht hervorgebracht wird. Bei der zweiten Classe hingegen bewirkt die Dampfkraft den Hin- als auch den Rückgang des Kolbens. Erstere dienen nur zur Unterhaltung einer auf- und niedergehenden Bewegung, kommen deshalb nur als Trieb- oder Kraftmaschinen bei Pumpen vor und bilden dann die sogenannten Dampf-künste in Bergwerken und sonstige Wasserhebungsma-schinen; sie haben daher keine Kurbel. Die doppelt wirkenden Dampfmaschinen hingegen finden in allen den Fällen ihre Anwendung, wo es darauf ankommt, eine ununterbrochen kreisförmige Bewegung hervorzubringen, weshalb sie mit einer Kurbel versehen sind. Diese Classe von Dampfma-

schinen ist die wichtigste, da sie bei den Mühlen und bei dem Fabrikenwesen, bei der Schiffahrt und bei dem Eisenbahnwesen in sehr vielfachen Abänderungen angewendet werden. Bei den Rotationsmaschinen wirkt der Dampf unmittelbar auf Hervorbringung einer kreisförmigen Bewegung, entweder auf einen sich drehenden Kolben, oder auf anderweitige Weise, ohne jedoch irgend eine Zwischenmaschine, wie die Kurbel zu gebrauchen, um die wiederkehrend geradlinigte in eine ununterbrochen kreisförmige Bewegung zu verwandeln. — Die Rotationsmaschinen sind bis jetzt noch nicht allgemein angewendet worden, so daß die beiden ersten Classen, die einfach und die doppelt wirkenden, allein nur in der Praxis in Berücksichtigung kommen. Zu manchen Zwecken, z. B. zum Betriebe starker Gebläse, um Wind in Schmelzöfen etc. zu treiben, fällt bei den doppelt wirkenden Maschinen die Kurbel oder der Krummzapfen weg; allein Dampfmaschinen dieser Art kommen nicht häufig genug vor, um sie als eine besondere Classe aufzuführen. Alle kleineren Gebläse-Dampfmaschinen sind dagegen mit Kurbel und Schwungrad versehen, da die rasche Bewegung derselben dies erfordert.

10. F. — Ist nicht die kreisförmige Bewegung, welche durch die wiederkehrend geradlinigte des Kolbens in dem Cylinder hervorgebracht worden ist, eine sehr unregelmäßige, da die Hebekraft der Kurbel an den verschiedenen Punkten ihrer Drehung ungleich ist?

A. — Nein; rotirende Maschinen sind im allgemeinen mit einem Schwungrade versehen, dessen Moment solche Unregelmäßigkeiten ausgleicht. Wenn man aber zwei Maschinen auf solche Weise wirken läßt, daß ihre respectiven Kurbeln in einem rechten Winkel zu einander stehen, so wird die Unregelmäßigkeit der einen Maschine durch die der andern auf eine Weise ausgeglichen, die für manche Zwecke hinreichend ist. Bei den Schiffdampfmaschinen, so wie bei

den Locomotiven, wird kein Schwungrad angewendet; bei Spinnmaschinen aber, so wie zu anderen Zwecken, die eine sehr regelmäßige Bewegung erfordern, sind Schwungräder unerläßlich, obgleich es nicht unmöglich ist, sie durch andere Vorrichtungen ersetzen zu können.

11. F. — Es wurde bemerkt, daß noch ein anderer Unterschied zwischen einfach und doppelt wirkenden Dampfmaschinen stattfindet, als das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der Kurbel; welcher ist er?

A. — Ja wohl; einfach wirkende Maschinen gebrauchen die Dampfkraft bloß in einer Richtung, und ihr Rückgang wird, wie schon oben bemerkt, durch ein Gegengewicht hervorgebracht; wogegen bei den doppelt wirkenden Maschinen der Dampf den Kolben nach beiden Richtungen treibt. Manche doppeltwirkende Maschinen haben, wie schon bemerkt, keine Kurbel, und es hat gar keine Schwierigkeiten, die Ventile gewöhnlicher Wasserhebungsmaschinen so einzurichten, daß sie eine doppelte Wirkung haben. Die Pumpen können so eingerichtet werden, daß sie sowohl beim Aufgange, als auch beim Niedergange des Dampfkolbens wirken, wie dies auch schon hin und wieder der Fall ist. Maschinen ohne Kurbel sind aber meistens einfach wirkende, weil es einmal so gebräuchlich ist, oder aus irgend einer andern Ursache; obgleich es, wie gesagt, einige Abweichungen von der allgemeinen Regel giebt.

12. F. — Mit welcher Geschwindigkeit strömt die Luft in eine Luftleere?

A. — Mit derselben Geschwindigkeit, die ein Körper annimmt, wenn er in einer gleichartigen Atmosphäre von einer gewissen Höhe herabfällt. Da wir das Gewicht der Luft so gut wie den Druck kennen, mit welchem sie auf die Erdoberfläche einwirkt, so läßt sich leicht sagen, welche Höhe eine Luftsäule von 10 Zoll Durchmesser und von atmosphärischer Dichtigkeit haben muß, um 15 Pfd. zu wiegen. Die Höhe würde 27,818 Fuß Englisch betragen.

13. F. — Und mit welcher Geschwindigkeit fällt ein solcher Körper?

A. — Ohngefähr 1,338 Fuß in der Secunde. Alle Körper fallen in gleicher Geschwindigkeit, wenn die Atmosphäre keinen Widerstand leistet, wie das Experiment beweist, daß eine Feder und ein Goldstück in einem luftleeren Raume zu gleicher Zeit den Boden des Gefäßes erreichen. Die Geschwindigkeit fallender Körper hat eine beschleunigte Gleichförmigkeit nach einem bekannten Gesetz; und wenn die Höhe, von welcher ein Körper herabfällt, gegeben ist, so kann die Geschwindigkeit, welche am Ende des Falles erreicht wird, leicht berechnet werden. Die Quadratwurzel der Höhe in Fuß, multiplicirt mit 8,021, giebt die Geschwindigkeit.

14. F. — Wie drückt man die Geschwindigkeit aus?

A. — In Fuß in der Secunde. Die erste Entfernung, welche ein Körper durch die Schwere in einer Sec. durchfällt, beträgt $16\frac{1}{12}$ Fuß, in 2 Sec. $64\frac{4}{12}$ Fuß, in 3 Sec. $144\frac{9}{12}$ Fuß, in 4 Sec. $257\frac{4}{12}$ Fuß u. s. f.; nimmt man die Fußzahl, welche der Körper in einer Sec. gefallen ist, als Einheit, so wird das Verhältniß der Zeiten zu den Räumen folgendes sein:

Anzahl der Secunden	1	2	3	4	5	6	2c.
Einheiten des durchfallenen Raums	1	4	9	16	25	36	

Es scheint demnach, daß die Räume, durch welche ein fallender Körper sinkt, sich wie die Quadrate der fallenden Zeiten verhalten. Die Geschwindigkeit, welche ein fallender Körper am Ende der ersten Secunde erlangt, ist $32\frac{1}{6}$ Fuß in der Sec., und das Ende an der 2. Sec. $64\frac{2}{6}$ Fuß, am Ende der 3. Sec. $96\frac{3}{6}$ Fuß, am Ende der 4. Sec. $128\frac{4}{6}$ Fuß u. s. f. Diese Zahlen schreiten in der Progression 1, 2, 3, 4, u. s. w. fort, so daß es den Anschein hat, als wenn die durch einen fallenden Körper an verschiedenen Punkten erlangten Geschwindigkeiten sich einfach wie die Zeiten des Falles verhalten. — Wenn sich aber die Geschwindigkeiten

wie die Zeiten verhalten und der ganze durchfallene Raum wie die Quadrate der Zeiten, so muß der ganze durchfallene Raum im Verhältniß der Quadrate der Geschwindigkeiten stehen, und da die lebendige oder die mechanische Kraft eines Körpers von irgend einem gegebenen Gewicht durch die Höhe bestimmt werden kann, welche er durchfällt, so folgt, daß die lebendige Kraft im Verhältniß zu dem Quadrate der Geschwindigkeit steht. Von zwei gleich schweren Kugeln, von denen sich eine noch einmal so schnell wie die andere bewegt, beträgt das Moment oder die mechanische Kraft der schnellern das Vierfache von der der langsamern. Wenn die Geschwindigkeit eines Schwungrades verdoppelt wird, so beträgt sein Moment das Vierfache von dem vorhergehenden — ein Moment, welches sich durch die Höhe messen läßt, die ein Körper durchfallen haben muß, um die gegebene Geschwindigkeit zu erlangen.

15. F. — Wodurch läßt sich das Moment des Schwungrades einer Dampfmaschine zweckmäßig bestimmen?

A. — Durch die Beziehung auf die Kraft, welche jeder halbe Kolbenlauf der Maschine veranlaßt, in Verbindung mit der Beziehung auf das Verhältniß, welche die Kraft des Schwungrades dazu haben muß, um die Unregelmäßigkeiten der Bewegung in die zulässigen Grenzen nehmen zu können. Man hat durch die Erfahrung gefunden, daß, wenn die Kraft des Schwungradfranzes bei einer mittlern Geschwindigkeit der Maschine das $2\frac{1}{2}$ - bis 4fache von der Kraft beträgt, welche die Maschine bei einem halben Kolbenzuge erzeugt, die Abweichung von dem Moment, welches die Arbeitsmaschine, deren Triebkraft die Dampfmaschine bildet, hat, so wie auch von der Gleichförmigkeit der Bewegung abhängt, so daß die Dampfmaschine eine hinreichend regelmäßige Leistung für alle gewöhnliche Zwecke hat.

16. Fr. — Was versteht man unter dem Schwerpunkt eines Körpers?

A. — Den Punkt innerhalb dieses Körpers, in wel-

chem gewissermaßen die ganze Schwere concentrirt ist, und der fortwährend die möglichst niedrige Lage zu erreichen sucht. Ein in dem Schwerpunkt aufgehängter Körper wird in jeder Stellung in Ruhe bleiben.

17. F. — Was versteht man unter Centrifugal- und Centripetalkraft?

A. — Centrifugalkraft ist diejenige bei einem sich drehenden Körper, mittelst welcher sich derselbe von dem Mittelpunkt zu entfernen sucht; wogegen die Centripetalkraft diejenige ist, welche den Körper zum Mittelpunkt zieht, oder welche der Centrifugalkraft entgegenwirkt. Bei dem conischen Pendel oder dem Regulator einer Dampfmaschine, der aus zwei metallenen Kugeln besteht, die an Stäben von dem Ende einer senkrechten, sich drehenden Welle herabhängen, zeigt sich die Centrifugalkraft durch die Divergenz der Kugeln, wenn die Welle umgedreht wird; und die Centripetalkraft, welche in diesem Fall Gravitation oder Schwerkraft ist, herrscht vor, sowie die Geschwindigkeit aufhört, indem alsdann die Stangen der Kugeln niederhängen, und die Kugeln sich einander nähern.

18. F. — Was versteht man unter dem Mittelpunkte der Kreisbewegung?

A. — Dies ist derjenige Punkt in einem sich drehenden Körper, in welchem das ganze Moment concentrirt ist. Bewegte sich eine Regulatorkugel in einer geraden Linie, so würde das Moment in dem Schwerpunkt der Kugel concentrirt sein; da aber bei ihrer Drehung um eine Achse die entfernteren Theile der Kugel sich schneller bewegen als wie die dieser Achse nahestehenden, so kann man nicht annehmen, daß das Moment in dem Schwerpunkt concentrirt sei, sondern in einem Punkt, der von der Centralwelle entfernt ist, und diesen Punkt nennt man den Mittelpunkt der Kreisbewegung.

19. F. — Was versteht man unter dem Schwingungsmittelpunkte?

A. — Es ist derjenige Punkt in einem Pendel oder in irgend einem schwingenden Körper, daß, wenn in demselben alle Materie des Körpers vereinigt wäre, die Geschwindigkeit der Schwingungen dort gar keine Einwirkung erleiden würde. Wirklich bildet er die mittlere Entfernung von dem Aufhängungsmittelpunkte eines jeden Atoms, jedoch in einem Verhältniß, welches kein arithmetisches ist. Der Schwingungsmittelpunkt liegt stets in einer Linie, welcher durch den Aufhängungs- und durch den Schwerpunkt geht.

20. F. — Wodurch bestimmt man die Schwingungsgeschwindigkeit eines pendelartigen Körpers?

A. — Durch die Länge der Aufhängungsstange, oder genauer genommen, durch die Entfernung zwischen dem Aufhängungs- und dem Schwingungsmittelpunkt. Die Länge des beschriebenen Bogens wird nicht berücksichtigt, da die Schwingungszeichen dieselben sind, mag der Bogen $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{400}$ von einem Kreise sein; oder wenigstens, während sie sich fast oder genau so verhalten, wenn die beschriebene Kurve der Theil einer Cycloide ist. Bei einem Uhrpendel zieht man daher einen kleinen Bogen vor, da in diesem Fall keine merkliche Abweichung von einer Cycloide stattfindet; in anderer Beziehung ist die Größe des Bogens ganz unbedeutend.

21. F. — Wenn nun die Länge eines Pendels gegeben ist, kann man alsdann die Anzahl der Schwingungen in einer gegebenen Zeit bestimmen?

A. — Ja wohl; die Schwingungszeit hat dasselbe Verhältniß zu der Zeit, innerhalb welcher ein Körper durch einen Raum fallen würde, der gleich der Hälfte der Länge des Pendels ist, wie die Peripherie eines Kreises zu seinem Durchmesser. Die Anzahl der Schwingungen, die in einer gegebenen Zeit von Pendeln verschiedener Länge gemacht worden sind, verhält sich umgekehrt wie die Quadratwurzel ihrer Länge.

22. F. — Wenn man nun die Länge des Secundenpendels kennt, kann man alsdann die respective Länge eines Pendels, um in der Minute eine gewisse Anzahl von Schwingungen zu machen, leicht berechnen?

A. — Ja wohl; wenn man die Länge des Secundenpendels kennt, so kann man die Länge eines andern Pendels, welches irgend eine gegebene Anzahl von Schwingungen in der Minute machen soll, durch die folgende Regel bestimmen: Man multiplicire die Quadratwurzel der gegebenen Länge mit 60 und dividire das Product mit der gegebenen Anzahl von Schwingungen in der Minute; so wird das Quadrat des Quotienten die Länge des erforderlichen Pendels sein. Will man daher die Länge eines Pendels bestimmen, welches 70 Schwingungen in der Minute, in der Breite von London machen soll, so hat man $\sqrt{39,1393} \times 60$

70

$= 5,363^2 = 28,75$ Zoll, welches die erforderliche Länge ist.

23. F. — Welches Maß hat daher die Centrifugalkraft der Körper, die sich in einem Kreise drehen?

A. — Diese wächst, sobald die Anzahl der Umdrehungen dieselbe bleibt, mit dem Durchmesser des Kreises. Hat man daher zwei Schwungräder von gleichem Gewicht, welche sich in einer Minute gleich viel umdrehen, von denen aber das eine den doppelten Durchmesser von dem andern hat, so erhält das größere eine doppelt große Centrifugalkraft. Die Centrifugalkraft eines und desselben Rades nimmt aber mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu, so daß, wenn die Geschwindigkeit eines Schwungrades verdoppelt wird, dasselbe die vierfache Centrifugalkraft hat.

24. F. — Hat man eine Regel zur Bestimmung der Centrifugalkraft eines Körpers von gegebenem Gewicht, der sich in einem Kreise von gegebenem Durchmesser, mit einer gegebenen Geschwindigkeit bewegt?

A. — Ja wohl. Wenn die Geschwindigkeit in Fuß

in der Secunde mit 4,01 dividirt wird, so beträgt das Quadrat des Quotienten das Vierfache von der Höhe in Fuß, von welcher der Körper herabgefallen sein muß, um jene Geschwindigkeit erreicht zu haben. Man dividire diese vierfache Höhe durch den Durchmesser des Kreises, so ist der Quotient die Centrifugalkraft, mit dem Gewicht des Körpers ausgedrückt, so daß, wenn man den Quotienten mit dem wirklichen Gewicht des Körpers multiplicirt, man die Centrifugalkraft in Pfunden oder Tonnen erhält. Eine andere Regel ist die, das Quadrat der Anzahl von Umdrehungen in der Minute mit dem Durchmesser des Kreises in Fuß zu multipliciren und das Product durch 5,870 zu dividiren. Der Quotient ist die Centrifugalkraft, ausgedrückt mit dem Gewicht des Körpers.

25. F. — Läßt es sich erklären, wie es komme, daß die Länge eines Pendels die Anzahl von Schwingungen bestimmt, die es in einer gegebenen Zeit macht?

A. — Weil die Länge des Pendels den Grad des Kreises bestimmt, in welchem sich der Körper bewegt, und weil es einleuchtend ist, daß ein Körper weit schneller eine stark geneigte Ebene oder den stark abfallenden Bogen eines Kreises hinabgehen wird, als eine Ebene, die nur ein geringes Fallen hat. Die Triebkraft ist die Schwere, und dieselbe steht in dem Verhältniß der durchlaufenen Entfernung, und wenn die Geschwindigkeit eines Körpers eine Ebene betrifft, die im Verhältniß zu der Höhe eine bedeutende Länge hat, so muß die Geschwindigkeit im Verhältniß zu der Länge der Ebene gering sein. Es ist demnach klar, daß, da die Länge des Pendels den Grad des Bogens bestimmt, sie daher auch die Geschwindigkeit der Schwingungen bestimmen muß.

26. F. — Wenn die Bewegungen eines Pendels von der Geschwindigkeit abhängen, womit ein Körper fällt, findet alsdann ein gewisses Verhältniß zwischen der Länge,

welche ein Körper in 1 Secunde durchfällt, und der Länge des Secundenpendels statt?

A. — Es ist dies der Fall; die Länge des Secundenpendels an der Meeresfläche zu London beträgt 39,1393 Zoll, und durch die Länge des Secundenpendels wird der Raum, durch welchen der Körper in einer Secunde fällt, bestimmt. Da nun die Zeit, in der ein Pendel schwingt, sich zu der, in welcher ein schwerer Körper durch die halbe Länge des Pendels fällt, wie die Peripherie eines Kreises zu seinem Durchmesser verhält, und da die Höhe des Falles von einem Körper in dem Verhältniß der Zeit des Fallens steht, so ist es klar, daß die Höhe, welche der Körper während der Schwingung eines Pendels durchfällt, sich zu dessen halber Länge wie das Quadrat einer Kreisperipherie zu dem Quadrat seines Durchmessers verhält; d. h. wie 9,8696 zu 1, oder wie die ganze Länge des Pendels zu der Hälfte, d. h. wie 4,9348 zu 1; und $4,9348 \times 39,1393$ Zoll sind fast $16\frac{1}{12}$ Fuß, welches der Raum ist, den ein Körper durch die Schwere in einer Secunde durchfällt.

27. F. — Lassen sich die Bewegungen des conischen Pendels oder Regulators auf die Gesetze des gewöhnlichen Pendels zurückführen?

A. — Ja. Die Bewegungen des Regulators (Moderators) können als aus den Bewegungen zweier gewöhnlicher Pendel zusammengesetzt angesehen werden, welche in rechten Winkeln zu einander schwingen, und eine Umdrehung eines Regulators wird in derselben Zeit vollbracht, wie zwei Schwingungen eines gewöhnlichen Pendels, deren Länge gleich der senkrechten Höhe des Aufhängepunktes über der Ebene ist, in der sich die Kugeln drehen. Der Regulator einer Dampfmaschine kann zwar mit jeder Geschwindigkeit umgetrieben werden, und man kann daher annehmen, daß die Länge der Arme keinen Einfluß auf die Umdrehungszeit habe; da aber die Geschwindigkeit in dem Maße zunimmt, als sich die Kugeln von einander ent-

fernen, und die Höhe des von den Armen beschriebenen Kegels vermindert wird, bis seine senkrechte Höhe eine solche ist, daß ein Pendel von dieser Länge 2 Schwingungen für jede Umdrehung des Regulators machen wird. Will man daher eine gewisse Entfernung der Kugeln von einander haben und ist eine gewisse Länge für die Arme bestimmt, woraus die senkrechte Höhe des Kegels folgt, so muß die Geschwindigkeit des Regulators eine solche sein, daß er die Hälfte von der Anzahl der Umdrehungen in einer gegebenen Zeit machen wird, als ein Pendel von gleicher Länge, wie die Höhe des Kegels, Schwingungen. Die Regel ist, die Quadratwurzel der Höhe des Kegels in Zollen mit 0,31986 zu multipliciren; das Product wird alsdann die richtige Zahl der Umdrehung in Secunden sein. Ist die Anzahl der Umdrehungen und die Länge der Arme bestimmt und man will den Durchmesser des von den Kugeln beschriebenen Kreises kennen lernen, so muß man die constante Zahl 187,68 durch die Anzahl von Umdrehungen in der Minute dividiren und das Quadrat des Quotienten wird die senkrechte Höhe in Zollen des Aufhängungsmittelpunktes über der Ebene sein, in welcher sich die Kugeln drehen.

28. F. — Kann nicht die Wirkung eines Regulators nur aus der Centrifugal- und Centripetalkraft abgeleitet werden?

A. — Es kann dies durch ein sehr einfaches Verfahren geschehen. Die horizontale Entfernung des Arms von der Spindel, dividirt durch die senkrechte Höhe, giebt den Betrag der Centripetalkraft, und die Drehungsgeschwindigkeit, welche dazu erforderlich ist, um eine gleiche Centrifugalkraft hervorzubringen, wird dadurch erlangt, daß man die Centripetalkraft der Kugel, durch ihr Gewicht ausgedrückt, mit 70,440 multiplicirt und das Product mit dem Durchmesser des Kreises, den die Kugeln beschreiben, in Zollen ausgedrückt, dividirt; die Quadratwurzel des Quotienten giebt die Anzahl der Umdrehungen in einer Minute.

Durch diese Regel bestimmt man die Länge der Arme, so wie den Durchmesser der Basis des Kegels, oder was auf dasselbe herauskommt, den Winkel, unter welchem sich die Arme drehen sollen. Man richtet alsdann die Geschwindigkeit oder die Anzahl der Umdrehungen so ein, daß die Centrifugalkraft die Kugeln in der verlangten Stellung erhalten wird.

29. F. — Hat das Gewicht der Kugeln keinen Einfluß auf die Frage?

A. — Nicht im geringsten; man kann annehmen, daß jede Kugel aus einer Anzahl kleiner Kügelchen oder Theilchen besteht, und daß jedes derselben für sich selbst wirkt. Man muß nur schwere Kugeln mit einem Regulator verbinden, um die Friction des Ventils, welches den Dampf abschließt, und die Verbindung zwischen beiden zu überwinden. — Obgleich das Gewicht einer Kugel ihre Centripetalkraft erhöht, so erhöht es doch auch die Centrifugalkraft in demselben Verhältniß.

30. F. — Was versteht man unter mechanischen Kräften?

A. — Die mechanischen Kräfte sind gewisse Vorrichtungen, wie der Keil, die Schraube, die geneigte Ebene und andere Elementarmaschinen, welche eine kleine Kraft, die durch einen großen Raum wirkt, in eine große Kraft verwandeln, welche durch einen kleinen Raum wirkt. In den Lehrbüchern der Mechanik werden mehrere von diesen Vorrichtungen als mechanische Kräfte aufgeführt und eine jede wird als besonderes Princip behandelt, obgleich dies durchaus nicht der Fall ist. Jeder Druck, der mit einer gewissen Geschwindigkeit oder in einem gewissen Raume wirkt, wird in einen größern Druck verwandelt, der mit geringerer Geschwindigkeit wirkt, oder einen kleinern Raum beschreibt. Die Größe der mechanischen Kraft bleibt aber bei dieser Verwandlung unverändert, und alles, was die Apparate

oder die sogenannten mechanischen Kräfte vollbringen, besteht in der Bewirkung dieser Verwandlung.

31. F. — Wird denn durch den Hebel nicht Kraft gewonnen?

A. — Durchaus nicht; es wird der Kraft nur eine andere Gestalt gegeben. Es kann mit dem Hebel eine größere Kraft ausgeübt werden, allein er wirkt durch einen geringeren Raum. Es erfordert eben so viel Aufwand an mechanischer Kraft, 1 Pfund 100 Fuß hoch zu heben, als 100 Pfund 1 Fuß hoch. Ein Cylinder von einem gegebenen räumlichen Inhalt übt bei jedem Kolbenzuge dieselbe Kraft aus, sei er nun hoch und eng, oder weit und niedrig; allein in dem einen Falle hebt er ein kleines Gewicht auf eine bedeutende Höhe und in dem andern Falle ein großes Gewicht auf eine kleine Höhe.

32. F. — Geht durch die Anwendung der Kurbel nicht Kraft verloren?

A. — Durchaus nicht; manche Mechaniker haben einen Kraftverlust bei Anwendung der Kurbel angenommen, da sie auf dem obersten und auf dem untersten Standpunkte wenig oder gar keine Kraft ausübt; da aber zu diesen Zeitpunkten wenig oder gar kein Dampf verbraucht wird, so geht auf diese Weise auch keine Kraft verloren. Wenn man daher annimmt, daß durch die Kurbel Kraft verloren gehe, so verwechselt man die senkrechte mit der Peripherie-Geschwindigkeit. Theilt man den Kreis der Kurbel durch eine beliebige Anzahl gleich weit von einander stehender horizontaler Linien, so ist es einleuchtend, daß ein gleicher Dampfverbrauch und ein gleicher Kraftaufwand stattfinden müsse, wenn die Kurbelwarze von einer zu der andern Linie irgend eines Theiles von dem Kreise geht, mag nun der Kolben steigen oder fallen. Es läßt sich aber nachweisen, daß die Peripherie-Geschwindigkeit bei gleichem Dampfverbrauche größer ist, wenn die Kurbelwarze sich den obersten und untersten Punkten nähert, und diese gesteigerte

Geschwindigkeit gleicht die verminderte Hebekraft aus, so daß die Kurbel bei jedem Theil des Kreises dieselbe Kraft entwickelt.

33. F. — Hat man nicht versucht, Kraft mittelst des Hebels zu gewinnen?

A. — O ja, man hat gar manche Entwürfe gemacht, von denen einige sehr sinnreich sind, alle aber eine vollkommene Unkunde mit den Grundsätzen der Mechanik beweisen, indem diese lehren, daß durch eine Bervielfältigung der Hebel und Räder durchaus keine Kraft gewonnen werden kann. So hört man oft die Bemerkung, daß, da man durch Anwendung der Winde viel Kraft gewinnen kann, es sehr zweckmäßig sein müsse, dieselbe bei den Dampfschiffen anzuwenden, und die Maschine mit den Ruderrädern zu verbinden. Andere wollten sogar die hydraulische Presse dabei anwenden, da man mit derselben eine unbegrenzte Kraft gewinnen könne. Die Unhaltbarkeit solcher Bemerkungen liegt klar vor, denn was man an Kraft gewinnt, verliert man an Geschwindigkeit, und es würde wenig helfen, die Ruderräder mit einer zehnfachen Kraft umzutreiben, wenn sie nur $\frac{1}{10}$ von den vorherigen Umdrehungen machten. Durch keine mechanische Vorrichtung ist man im Stande, zu gleicher Zeit die Kraft und Geschwindigkeit zu erhöhen, oder die Kraft zu erhöhen, ohne die Geschwindigkeit zu vermindern, und aus Unkunde dieser unerläßlichen Bedingungen allein konnten die Myriaden von Entwürfen zu einem mobile perpetuum entstehen, die aus einer Complication von Hebeln, Gewichten, Rädern, Quecksilber, Kurbeln und andern Maschinentheilen bestehen. Alle solche Combinationen können niemals die Kraft weder vermehren noch vermindern, letzteres ausgenommen durch die Reibung, Kraft läßt sich nicht durch Kraft messen, sondern nur durch Kraft in Verbindung mit Geschwindigkeit.

34. F. — Was ist Reibung?

A. — Reibung ist der Widerstand, welcher dadurch

entsteht, wenn sich ein Körper an dem andern reibt, oder auf dem andern bewegt, und ist das Resultat der natürlichen Anziehung, welche die Körper für einander haben, so wie des Ineinandergreifens der unmerklichen Unebenheiten auf der Oberfläche aller Körper, so glatt sie auch erscheinen mögen. Ohne allen Zweifel findet bei der Reibung auch eine gewisse elektrische Wirkung statt, die bis jetzt noch nicht erkannt und eben so wenig verstanden ist. Wenn man glatten Oberflächen eine Bewegung in entgegengesetzten Richtungen ertheilt, so müssen die geringen Rauheiten der einen über die der andern weggehen, und beide werden sich gegenseitig abreiben, wozu aber eine Kraft erforderlich ist. Die Reibung glatter Körper an einander ist geringer, wenn sie aus verschiedenen, als wenn sie aus gleichen Substanzen bestehen, da man annimmt, daß die Theilchen weniger in einander eingreifen, wenn die entgegengesetzten Rauheiten nicht zusammenfallen.

35. F. — Nimmt die Reibung nicht mit der Ausdehnung der reibenden Oberflächen zu?

A. — Nein; so lange keine heftige Erhitzung oder Abreibung stattfindet, verhält sich die Reibung nur wie der Druck der aufeinanderliegenden Oberflächen oder wenigstens fast so. Es ist daher ein einleuchtender Vortheil, daß bei den Dampfmaschinen die tragenden oder belasteten Oberflächen so groß als möglich sind, da durch Ausdehnung der Oberflächen die Reibung nicht zunimmt, dagegen aber die Dauerhaftigkeit bedeutend größer wird. Wenn die Zapfenlager einer Maschine zu klein sind, so nutzen sie sich sehr bald ab.

36. F. — Nimmt die Reibung in gleichem Verhältniß wie die Geschwindigkeit zu?

A. — Nein; dies ist der Fall nicht, besonders wenn man die Reibung über einer gewissen Oberfläche betrachtet. Sie steigt aber wie die Geschwindigkeit, wenn man die Vergleichung mit der Zeit anstellt, während welcher die Rei-

bung wirkt. So ist die Reibung bei jedem Kolbenzuge dieselbe, mögen nun 20 oder 40 in der Minute stattfinden; im letzteren Falle wären aber doppelt so viel Kolbenzüge gemacht, so daß, obgleich die Reibung bei einem Zuge dieselbe bleibt, sie dennoch in der Minute verdoppelt ist. Daher ist die Reibung einer Maschine in einer Stunde mit der Geschwindigkeit verschieden, obgleich die Reibung bei einer Umdrehung bei allen gewöhnlichen Geschwindigkeiten dieselbe bleibt. Ueber außerordentliche Geschwindigkeiten fehlt es uns an hinreichenden Erfahrungen, so daß wir nicht überzeugt sind, ob auch bei diesen Verhältnissen dasselbe Gesetz wirksam sein könne.

37. F. — Kann man irgend eine annähernde Bestimmung der Kraft machen, die zur Ueberwindung der Reibung angewendet werden muß?

A. — Sie ist nach der Beschaffenheit der reibenden Körper verschieden. Die Reibung des Eisens auf Eisen ist im Allgemeinen zu ungefähr $\frac{1}{10}$ des Druckes angenommen, wenn die Oberflächen eingedölet und dann wieder rein gewischt worden sind, so daß kein Del daran hängen geblieben ist. Die Reibung von Eisen auf Messing ist im Allgemeinen und unter denselben Umständen zu $\frac{1}{11}$ angenommen worden. Bei Maschinen, die im Betriebe stehen und wo eine Schmiere zwischen den reibenden Oberflächen befindlich ist, beträgt die Reibung wahrscheinlich nicht mehr als $\frac{1}{3}$ von dem Druck. Sehr viel hängt von der Beschaffenheit des angewendeten Fettes ab, dessen Zähigkeit eine größere Gegenwirkung veranlassen kann, als die Reibung. Bei Uhrwerken und andern feinen Mechanismen ist es daher notwendig, die sich reibenden Oberflächen möglichst klein zu machen, indem der Widerstand durch die Zähigkeit des Oeles mit der Größe der reibenden Oberfläche steigt. G. Rennie hat bei einigen Versuchen über die Zapfenreibung gefunden, daß bei einem Druck von 1 bis 5 Ctr. die Reibung bei der Anwendung von Talg zur Schmiere $\frac{1}{39}$ und

bei weicher Seife $\frac{1}{34}$ betrage. Die Beschaffenheit der Schmiere, die für verschiedene Zapfenlager zweckmäßig ist, hängt größtentheils von der Größe des Drucks ab, dem sie unterworfen sind; bei dem stärksten Druck sind die härtesten Schmierarten die besten.

38. F. — Was versteht man unter einer Pferdekraft?

A. — Einen Betrag von mechanischer Kraft, welche 33,000 Pfd. in einer Minute 1 Fuß hoch hebt. Diese Größe wurde von Watt als die mittlere Kraft, welche die stärksten Londoner Arbeitspferde auszuüben vermögen, angenommen, und der Gegenstand seiner Untersuchungen bestand darin, ihn in den Stand zu setzen, das Verhältniß zwischen der Kraft einer Dampfmaschine von gewisser Größe und der Kraft eines Pferdes zu bestimmen; so daß, wenn er den Gebrauch der Pferde durch eine Maschine ersetzen wollte, er aus der Anzahl der benutzten Pferde die Größe der Dampfmaschine bestimmen konnte, welche zu der Leistung erforderlich war.

39. F. — Wenn wir nun von einer Dampfmaschine von 200 Pferdekraften reden, wollen wir damit sagen, daß die Triebkraft der von 200 Pferden gleich sei, von denen jedes in einer Minute 33,000 Pfd. einen Fuß hoch hebt?

A. — Jetzt dürfen wir dies nicht mehr annehmen, sondern es war nur bei den Watt'schen Maschinen der Fall. Später ist die Räumlichkeit des Cylinders, die einer Pferdekraft entspricht, von den meisten Maschinenbauern vergrößert worden, und der Druck auf den Kolben verstärkt, so daß die Leistung einer Maschine von 200 Pferdekraften jetzt bedeutender, als zu Watt's Zeiten, und eine Pferdekraft vielmehr eine conventionelle Einheit geworden ist, um eine gewisse Größe des Cylinders auszudrücken, ohne Rücksicht auf die entwickelte Kraft zu nehmen.

40. F. — Es kann daher jede nominelle Pferdekraft einer neuern Maschine wohl weit mehr heben, als 33,000 Pfd. 1 Fuß hoch in einer Minute?

A. — Ja; manche heben mit jeder nominellen Pferdekraft 52,000 Pfd., andere 60,000 Pfd. und noch andere 66,000 in der Minute 1 Fuß hoch; und es läßt sich daher keine Vergleichung zwischen den Leistungen verschiedener Maschinen machen, wenn nicht die wirklich ausgeübte Kraft bestimmt wird.

41. F. — Wie gelangt man zu dieser Bestimmung?

A. — Mittelft eines Instruments, welches man den Indicator nennt. Es besteht dasselbe aus einem kleinen Cylinder von ungefähr 1 Zoll Durchmesser, der mit einem Kolben versehen ist, auf welchen eine Feder einen Druck ausübt. Dieser Kolben giebt durch die Höhe, bis zu welcher er gegen die Feder tritt, den Dampfdruck in dem Cylinder der Maschine an. Die Anzahl der Pfunde Druck auf einen Quadratzoll multiplicirt mit der Anzahl der Quadratzolle auf der Cylinderoberfläche und mit der Anzahl von Füßen, welche der Kolben in einer Minute durchlaufen hat, giebt den Betrag der Triebkraft. Davon wird ein unbedeutender Abzug — bei großen Maschinen ohngefähr $\frac{1}{10}$ — für die Reibung u. s. w. gemacht, und das Uebrige ist die wirkliche Triebkraft, welche, mit 33,000 Pfd. dividirt, die wirklichen Pferdekräfte angiebt.

42. F. — Wie groß nimmt man den Dampfverbrauch der Maschinen für jede Pferdekraft an?

A. — Ohngefähr zu 33 Cubikfuß in der Minute, wie der verewigte Watt annahm, oder ein Cubikfuß Wasser in der Stunde in Dampf verwandelt, wie manche Maschinenbauer annehmen, und welches Verhältniß mit dem von Watt angenommenen im Allgemeinen übereinstimmt. Alle diese Regeln können übrigens nur eine parzielle Anwendung bei den neuern Maschinen haben, da dieselben fast sämtlich mehr oder weniger mit Expansion betrieben werden, und in diesen Fällen wird weit weniger Dampf als früher gebraucht.

43. F. — Was versteht man darunter, daß eine Maschine mit Expansion betrieben werde?

A. — Eine solche Einrichtung der Ventile, daß das Einströmen des Dampfes in den Cylinder unterbrochen wird, ehe der Kolben noch seinen Lauf vollendet hat, so daß der Dampf seine Leistung lediglich durch seine Expansion oder Ausdehnung vollbringen muß.

44. F. — Und worin besteht der Nutzen einer solchen Einrichtung?

A. — Es wird dadurch eine wesentliche Menge Dampf erspart, oder, was auf dasselbe herauskommt, eine gewisse Brennmaterialmenge; die Kraft der Maschine wird aber vermindert, während die Kraft des Dampfes erhöht wird. Zu gleicher Leistung wird eine größere Maschine erfordert, die Arbeit jedoch mit einem geringern Brennmaterialienverbrauch bewirkt. Wird z. B. der Dampf bei dem halben Kolbenlauf abgeschlossen, so wird nur die Hälfte des Dampfes verbraucht. Jedoch wird mehr als die Hälfte der Kraft ausgeübt werden, denn obgleich der Dampfdruck abnimmt, nachdem das Einströmen aus dem Kessel abgeschlossen worden ist, so entwickelt er doch während seiner Expansion eine gewisse Kraft, die, wie ganz deutlich vorliegt, ohne irgend einen Aufwand von Dampf oder Brennmaterial erlangt worden ist.

45. F. — Läßt sich irgend eine Regel angeben, um den durch die Expansion erlangten Vortheil bestimmen zu können?

A. — Man dividire die Länge des Kolbenlaufs, während welcher die Expansion des Dampfes stattfindet, mit derjenigen Länge des Kolbenlaufs, während welcher der Dampf mit vollem Druck wirkt, und bezeichne dies mit 1.; so wird der hyperbolische Logarithmus des Quotienten die Zunahme der Wirksamkeit, die von der Expansion herührt, bezeichnen. Mittelfst dieser Regel wird man nun finden, daß, wenn eine gegebene Dampfmenge, deren Kraft bei

vollem Druck durch 1. dargestellt wird, in einen Cylinder von solcher Größe strömt, daß sein Eintritt abgeschlossen wird, sobald ein halber Kolbenlauf vollendet ist, seine Leistung durch die Expansion bis zu 1,69 erhöht werden wird. Unterbricht man den Eintritt des Dampfes bei $\frac{1}{3}$ des Kolbenlaufs, so wird die Leistung 2,10: bei $\frac{1}{4}$ 2,39: bei $\frac{1}{5}$ 2,61; bei $\frac{1}{6}$ 2,79; bei $\frac{1}{7}$ 2,95; bei $\frac{1}{8}$ 3,08 betragen. Uebrigens kann die Expansion nur bis zu $\frac{1}{8}$ mit Vortheil bewirkt werden, wenn der Dampfdruck im Kessel nicht sehr bedeutend ist, da wegen der unverhältnißmäßigen Größe des Cylinders oder wegen der Kolbengeschwindigkeit, die angenommen werden muß, die Reibung der Maschine und der Widerstand des Dampfes im Condensator, im Verhältniß zu der geringen Triebkraft, bedeutend groß ist.

46. F. — Was versteht man unter latenter Wärme?

A. — Unter latenter Wärme versteht man diejenige in den Körpern vorhandene, welche sich weder durch das Gefühl, noch mittelst des Thermometers erkennen läßt, die aber ihr Vorhandensein dadurch zeigt, daß sie den Zustand eines Körpers verändert. Sowohl bei dem Schmelzen des Eises als auch beim Verdampfen des Wassers wird Wärme absorbiert, dennoch steigt die Temperatur während dieser Prozesse nicht und man sagt daher, daß die Wärme latent geworden sei. Es ließen sich gegen diesen Ausdruck Einwendungen machen, da die die Absorption der Wärme begleitende Wirkung in beiden Fällen sichtbar dargestellt ist, und es würde daher ebenso richtig sein, heißes Wasser latenten Dampf zu nennen. Man versteht unter latenter Wärme, bei der jetzigen Annahme des Ausdrucks, ein bemerkbares Tropfbarflüssigwerden oder eine bemerkbare Verdampfung. Zur Hervorbringung dieser Veränderungen ist aber die Wärme eben so nothwendig, als zur Ausdehnung des Quecksilbers in einer Thermometerrohre, und es ist schwer einzusehen, weshalb man sagen kann, die Wärme sei latent, wenn sich ihr Vorhandensein durch einen

Wechsel des Zustandes zeigt. Nur die Temperatur ist latent und diese ist überall bemerkbar.

47. F. — Was versteht man aber unter der latenten Wärme des Dampfes?

A. — Man drückt damit die Wärme aus, welche verbraucht wurde, um die Verdampfung auszuführen, und in Vergleich zu der, welche zur Hervorbringung der Temperatur erforderlich ist. Die latente Wärme des Dampfes wird gewöhnlich zu ungefähr 1000 Grad F. angenommen, wodurch man ausdrücken will, daß in irgend einer gegebenen Gewichtsmenge Dampf so viel Wärme enthalten sei, um das dazu erforderliche Wasser um 1000 Grade zu erhöhen, wenn die Expansion des Wassers vermieden werden könnte, oder um das Tausendfache der Wassermenge um einen Grad zu erwärmen. Der Siedepunkt steht 180° F. oder 100° C. über dem Gefrierpunkt, so daß 1180 Mal soviel Wärme erforderlich ist, um 1 Pfd. Wasser in Dampf zu verwandeln, als um 1180 Pfd. Wasser um 1 Grad zu erwärmen; oder es ist ohngefähr eben so viel Wärme erforderlich, um 1 Pfd. kochendes Wasser in Dampf zu verwandeln, als $5\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser von dem Gefrierpunkte bis zu dem Siedepunkte zu erwärmen. $5\frac{1}{2}$ mit 180 multiplicirt giebt 990 oder fast 1000.

48. F. — Was versteht man unter specif. Wärme?

A. — Man versteht darunter die relative Wärmemenge in den Körpern bei gleicher Temperatur, so wie man unter dem specifischen Gewicht die relative Menge der Materie in den Körpern von gleichem Volum versteht. Gleiche Gewichtstheile von Quecksilber und Wasser, von gleicher Temperatur enthalten nicht mehr gleiche Wärmemenge, als gleiche Volumina dieser flüssigen Körper dieselbe Menge von Materie enthalten. Die absolute Wärmemenge in irgend einem Körper kennen wir nicht, wohl aber die relative Wärme der Körper bei gleicher Temperatur, oder mit anderen Worten ihre specifische Wärme, worüber man Tabellen

berechnet hat, in denen die specifische Wärme des Wassers als Einheit angenommen worden ist.

49. F. — Welche Ausdehnung erleidet das Wasser durch seine Verwandlung in Dampf?

A. — Ein Cubitzoll Wasser giebt ungefähr 1 Cubikfuß Dampf von atmosphärischem Druck.

50. F. — Und wie viel bei einem höhern Druck?

A. — Das hängt von der Stärke des Drucks ab; je höher derselbe, um so geringer ist das Bolum des Dampfes von einer gegebenen Wassermenge; Hochdruckdampf ist nichts anderes als Niederdruckdampf in einen geringern Raum gezwängt.

51. F. — Ist dies der Fall, so muß die Wärmemenge in einer gegebenen Gewichtsmenge gegeben sein, möge er nun einen hohen oder niedern Druck haben?

A. — Sehr richtig; die Wärme im Dampfe ist fast eine constante Größe, mag der Druck sein, welcher er wolle, sobald nur der Dampf mit Wasser gesättigt ist. Dampf, welchem außerdem eine gewisse Wärmemenge mitgetheilt worden ist, nachdem er bereits den Kessel verlassen hat, oder sogenannter übersättigter Dampf ist andern Gesetzen unterworfen, denn die Elasticität desselben kann zunehmen, ohne daß sein Gewicht zunimmt. Solcher übersättigter Dampf wird aber nicht zum Betriebe von Maschinen benutzt, und man kann daher in der Praxis annehmen, daß ein Pfd. Dampf bei jedem Druck gleiche Wärmemenge enthalte.

52. F. — Verändert sich aber die Temperatur des Dampfes nicht mit dem Druck?

A. — Ja wohl; die Temperatur steigt mit dem Druck, während die latente Wärme in demselben Verhältniß vermindert wird. Die latente Wärme des Hochdruckdampfes ist daher geringer, als die des Niederdruckdampfes, während die fühlbare oder freie Wärme größer ist; und beide zusammen bilden die Summe aller Temperaturen.

53. F. — Ist es vortheilhaft, Hochdruckdämpfe in Dampfmaschinen anzuwenden?

A. — Bei hohem Druck geht im Gegensatz zu Condensationsmaschinen immer die Luftleere verloren, welche gewöhnlich 12—13 Pfd. auf den Quadratzoll beträgt.

54. F. — Gewähren Hochdruckmaschinen einen wesentlichen Vortheil wegen dieses sehr hohen Drucks gegen einen mäßigen?

A. — Gewiß; bei allen Hochdruckmaschinen findet eine Verminderung der Kraft durch den widerstrebenden Druck der Atmosphäre auf die entgegengesetzte Kolbenfläche statt; denn es würde die Kraft des Kolbens bei seinem Niedergange offenbar größer sein, wenn unter demselben eine Luftleere vorhanden wäre; und der entgegengesetzte atmosphärische Druck ist verhältnißmäßig geringer, wenn der benutzte Dampf einen recht hohen Druck hat. Es ist ganz klar, daß, wenn man in einer Hochdruckmaschine den Druck des Dampfes bis auf eine Atmosphäre vermindert, er durchaus keine Kraft ausüben kann, und nur eine sehr geringe, wenn der Dampfdruck wenig höher als der atmosphärische ist. Wird dagegen ein sehr hoher Druck angewendet, so ist der atmosphärische Gegendruck gering und hat nur eine ähnliche Wirkung wie der geringe Druck des Dampfes in dem Condensator einer Condensations- oder Niederdruckmaschine.

55. F. — Ist es vortheilhaft, bei Condensationsmaschinen Hochdruckdämpfe anzuwenden?

A. — Läßt man die Reibung unberücksichtigt und nimmt man an, daß die Luftleere möglichst vollkommen sei, so kann die Benutzung von Hochdruckdämpfen in einer Condensationsmaschine keinen Vortheil gewähren; denn dieselbe Gewichtsmenge Dampf, ohne Expansion oder mit demselben Maße von Expansion angewendet, muß bei jedem Druck dieselbe mechanische Kraft hervorbringen. Ein Kolben von 1 Quadratfuß Oberfläche und mit einem Lauf von

3 Fuß würde bei atmosphärischem Druck dasselbe Gewicht auf dieselbe Höhe heben, wie ein Cylinder von $\frac{1}{2}$ Quadratfuß Oberfläche mit einem Kolbenlauf von 3 Fuß und einem Druck von 2 Atmosphären. Derselbe Fall findet statt, wenn wir 3 Cubikfuß Dampf von dem Druck einer Atmosphäre oder $1\frac{1}{2}$ Cubikfuß von dem Druck zweier Atmosphären haben. In beiden Fällen hat der Dampf gleiches Gewicht oder enthält er gleiche Wärme- und Wassermenge, so daß es den Anschein hat, als würde ein gegebenes Gewicht von Dampf unter solchen Umständen eine bestimmte Menge von Kraft hervorbringen, ohne Rücksicht auf den Druck zu nehmen. Bei den gewöhnlichen Maschinen lassen sich jedoch diese Bedingungen nicht genau anwenden; die Luftleere ist nicht vollkommen, und der Druck des Dampfes in dem Condensator wird in dem Maße verhältnißmäßig größer, je geringer der Dampfdruck im Kessel ist. Da man größere Cylinder anwenden muß, so wird auch die Reibung größer, so daß auch bei Condensationsmaschinen Hochdruckdämpfe Vortheile gewähren. Die Expansion kann nur dann mit Vortheil in größerer Ausdehnung angewendet werden, wenn der ursprüngliche Druck des Dampfes bedeutend ist; denn wollte man Niederdruckdampf anwenden, so würde die Spannung desselben endlich so weit vermindert werden, daß sie die des Dampfes in dem Condensator erreichte und die Differenz nicht hinlänglich wäre, die Reibung des Kolbens zu überwinden. Es würde daher einen Kraftverlust veranlassen, wenn man die Expansion so weit ausdehnen wollte. Bei manchen Cornwaliser Maschinen wird der Dampf bei $\frac{1}{12}$ des Kolbenlaufs abgesperrt, allein es würde ein Verlust an Kraft statt eines Gewinnes stattfinden, wenn bei einem solchen Grade der Expansion der Dampfdruck nicht ein bedeutender wäre. Bei Dampfmaschinen mit solch ausgehnter Expansion ist eine möglichst vollkommene Luftleere in dem Condensator weit wichtiger als bei Maschinen ohne Expansion. Es ist jedoch leicht, den endlichen Druck zu be-

rechnen, den der expandirte Dampf haben muß, um zu erkennen, an welchem Punkte die Expansion aufhört, vortheilhaft zu sein, da sich der Druck des expandirten Dampfes umgekehrt verhält, wie der Raum, den er einnimmt, da der endliche Druck bei 12facher Expansion gerade $\frac{1}{12}$ von dem beträgt, den er im Anfang hatte, und so fort bei allen übrigen Verhältnissen der Expansion. Der totale Druck muß als der anfängliche genommen werden, — nicht der Druck des Sicherheitsventils, sondern dieser Druck mit hinzugesetztem atmosphärischen.

56. F. — Man kann daher wohl bei Hochdruckmaschinen, die mit 70—90 Pfund auf den Quadratzoll arbeiten, wie dies bei den Locomotiven der Fall ist, die Wirkung einer gegebenen Wassermenge, die in Dampf verwandelt wurde, gänzlich als dieselbe ansehen, wie bei den Condensationsmaschinen?

A. — Es wird wirklich in dem angenommenen Falle kein wesentlicher Unterschied stattfinden; wenn der Dampfdruck in einer Hochdruckmaschine 120 Pfd. oder 105 Pfd. über dem atmosphärischen beträgt, so wird der von der Atmosphäre veranlaßte Widerstand einen Verlust von $\frac{1}{8}$ der Kraft betragen. Wenn der Druck des Dampfes bei einer Niederdruckmaschine 16 Pfd. auf den Quadratzoll oder 1 Pfd. über dem atmosphärischen beträgt, und die Spannung des Dampfes in dem Condensator gleich 4 Zoll Quecksilber oder 2 Pfd. Druck auf den Quadratzoll ist, so wird der durch diesen verdünnten Dampf veranlaßte Widerstand ebenfalls einen Verlust von $\frac{1}{8}$ der Kraft hervorbringen. Daher arbeitet eine Hochdruckmaschine mit einem Druck von 105 Pfd. über der Atmosphäre nur mit demselben Verlust, den der Widerstand des Kolbens veranlaßt hat, wie eine Niederdruckmaschine mit einem Druck von 1 Pfd. über der Atmosphäre, und unter diesen Verhältnissen wird die Kraft, welche ein gegebenes Gewicht von Dampf her-

vorbringt, ganz dieselbe sein, mag nun die Maschine eine Hochdruck- oder Condensationsmaschine sein.

57. F. — Hat die Dampfkraft irgend eine Grenze?

A. — Ja; es giebt eine Grenze, die durch den Elasticitätsmodulus des Wassers bestimmt wird, der bei einer Temperatur von 60° 22,100 Atmosphären beträgt. Der Elasticitätsmodulus irgend einer Substanz ist das Maß ihrer elastischen Kraft, und wenn Wasser in einem verschlossenen Gefäß befindlich ist und dasselbe genau ausfüllt und dann der Wärme ausgesetzt wird, so ist die expandirende Kraft ganz offenbar die des zusammengepreßten Wassers — denn Dampf kann unter solchen Umständen nicht erzeugt werden. Wir erhalten alsdann das folgende Verhältniß: das Volum des expandirten Wassers verhält sich zu dem Betrag der Expansion, wie der Elasticitätsmodulus des Wassers zu der Elasticität des Dampfes von gleicher Dichtigkeit wie das Wasser.

58. F. — Sind Versuche angestellt, um die Elasticität des Dampfes in verschiedenen Temperaturen zu bestimmen?

A. — Sehr genaue Versuche. Die folgende Regel drückt die von dem Engländer S o u t h e r n erhaltenen Resultate aus. — Zu der in Fahrenheit'schen Graden gegebenen Temperatur addire man $51,3^{\circ}$; von dem Logarithmus der Summe subtrahire man den Logarithmus von 135,767, welcher 2,1327940 ist; man multiplicire den Rest mit 5,13 Pfd.; zu der natürlichen Zahl, welche der Summe entspricht, addire man den constanten Bruch 0,1, so erhält man die Elasticität in Zollen Quecksilber. Ist die Elasticität bekannt und man will die entsprechende Temperatur bestimmen, so muß die Regel auf folgende Weise verändert werden: — Von der Elasticität in Zollen Quecksilber subtrahire man den Decimalbruch 0,1, dividire den Logarithmus des Restes mit 5,13 Pfd., addire zu dem Quotienten den Logarithmus 2,1327940; man hat nun die der Summe entsprechende natürliche Zahl, subtrahirt davon die Con-

stante 51,3 Pfd. und erhält in dem Rest die gesuchte Zahl. Die französische Akademie und das Franklin-Institut haben die Southern'schen Versuche in großem Maßstabe wiederholt; die auf diese Weise erlangten Resultate wichen nicht wesentlich von den erwähnten ab und kommen vielleicht der Wahrheit näher; allein die von Southern erhaltenen sind namentlich von den englischen Maschinenbauern als für practische Zwecke hinreichend genau allgemein angenommen worden, weshalb wir sie auch hier beibehalten haben.

59. F. — Welches Gesetz befolgt man bei übersättigtem Dampf, in Beziehung auf die Wärme?

A. — Dasselbe, welches man bei der Luft befolgt, bei welcher die Volumvermehrung fast in demselben Verhältniß wie die Temperaturzunahme steht. Ein Luftvolum, welches bei einer Temperatur von 32 Grad 100 Cubikfuß einnimmt, füllt bei 212° F. einen Raum von 137½ Cubikfuß. Das Volum von Luft oder Dampf, welches in keiner Berührung mit Wasser von gegebener Temperatur steht, wird, wenn man es stärker erhitzt, bei gleichbleibendem Druck durch folgende Regel gefunden: — Zu beiden Temperaturen, die vor und nach der Expansion gefunden worden sind, addire man die constante Zahl 459; addire die größere Summe zu der kleinern und multiplicire den Quotienten mit dem Volum bei der niedrigen Temperatur. Das erhaltene Product giebt das expandirte Volum.

60. F. — Wenn die relativen Volumina von Dampf und Wasser bekannt sind, ist es alsdann möglich, die Wassermenge anzugeben, womit ein Kessel gespeist werden muß, wenn man die Menge des verbrauchten Dampfes kennt?

A. — Ja wohl; bei atmosphärischem Druck ist dem Kessel für jeden Cubikfuß verbrauchten Dampf ein Cubikzoll Wasser zugeführt; bei andern Drucken kann man die relativen Volumina von Wasser und Dampf auf folgende Weise bestimmen: — Zu der Temperatur des Dampfes, in Fahrenheit'schen Graden ausgedrückt, addire man die Con-

stante 459, multiplicire die Summe mit 75,7 und dividire das Product mit der Elasticität des Dampfes in Zollen Quecksilber; der Quotient giebt alsdann das verlangte Volumen. In der Praxis ist es aber erforderlich, daß die Speisepumpe im Stande sei, dem Kessel eine weit größere Wassermenge zuzuführen, als die durch diese Verhältnisse angegebene, da durch Undichtigkeiten und andere zufällige Dinge der Wasserstand in dem Kessel soweit sinken kann, daß Gefahr daraus entstehen könnte, welches man durchaus so rasch als möglich abändern muß. Es erscheint zweckmäßig, daß die Speisepumpe im Stande sei, das $3\frac{1}{2}$ fache von dem im Kessel verdampften Wasser demselben wieder zuzuführen. Man giebt daher bei Niederdruckmaschinen der Speisepumpenröhre ungefähr $\frac{1}{240}$ von dem räumlichen Inhalt des Dampfcylinders, wobei man annimmt, daß der Letztere doppelt wirkend, die Speisepumpe aber einfach wirkend sei. Bei Hochdruckmaschinen muß übrigens die Speisepumpe größer sein und im Verhältniß zu dem Dampfdruck stehen.

61. F. — Wie bestimmt man die zur Condensation erforderliche Wassermenge?

A. — Watt fand, daß die zweckmäßige Temperatur der Warmwasser-Cisterne seiner Maschinen 100° F. betragen müsse. Wenn demnach die Temperatur des Dampfes 212° beträgt und die latente Wärme 1000° , so kann man 1212° zur Bezeichnung der in dem Dampf enthaltenen Wärme annehmen, oder 1112° , wenn wir die Temperatur des Wassers aus der Warmwasserpumpe abziehen. Wenn die Temperatur der Einspritzwasser 50° beträgt, indem 50° Kälte zu Entziehung der Wärme erforderlich sind, und da die ganze entzogene Wärmemenge nöthig ist, um die Wassermenge in dem Dampf auf 1112° zu erwärmen, oder das 1112 fache dieser Menge um 1° , so würde es $\frac{1}{50}$ davon, oder das $22,24$ fache der Wassermenge in dem Dampf, auf 50° erwärmen. Daher erfordert 1 Cubikzoll Wasser, welches in Dampf verwandelt worden ist,

22,24 Cubikzoll Wasser bei 50° zu seiner Condensation und giebt daher 23,24 Cubikzoll warmes Wasser von 100° F. Watt's Praxis bestand gewöhnlich darin, für jeden Cubikzoll Wasser, welches der Kessel verdampfte, etwa eine Weinpinte oder 28,9 Cubikzoll Einspritzwasser zu nehmen. Die gewöhnliche Größe der Kaltwasserpumpe beträgt $\frac{1}{48}$ von dem räumlichen Inhalt des Dampfsylinders, wobei ein geringer Verlust keinen Nachtheil hat.

62. F. — Dient nicht eine gute Luftleere in einer Maschine zur Verstärkung der Kraft?

A. — Ja wohl.

63. F. — Und ist es nicht gut, daß die Temperatur der Luftleere gering sei, vorausgesetzt, daß keine Luft eindringen kann?

A. — Dies ist so.

64. F. — Wie konnte aber Watt bei dieser Voraussetzung sagen, daß eine Temperatur von 100° F. des aus dem Condensator ausgepumpten Wassers vortheilhafter sei, als eine Temperatur von 70 oder 80° , vorausgesetzt, daß eine gehörige Menge kaltes Wasser vorhanden ist?

A. — Weil die vollkommene Luftleere mit einer Temperatur von 70 oder 80° das Einströmen von so vielem kaltem Wasser in den Condensator veranlaßt, welches alsdann mit dem Widerstande des atmosphärischen Drucks ausgepumpt werden muß, daß der Gewinn an der Luftleere den Kraftverlust durch die höhere Belastung der Pumpe nicht ausgleicht; und die Temperaturverminderung unter 100° ist daher ein offener Verlust, sobald dieselbe durch das Einströmen von mehr Wasser bewirkt werden muß. Wird dagegen die Temperaturverminderung durch Anwendung kältern Wassers bewirkt, so hat man einen wirklichen Gewinn, obgleich derselbe innerhalb gewisser Grenzen größer sein wird, wenn man die niedrige Temperatur dazu benutzt, die Einspritzwasser zu vermindern.

65. F. — Kann die Condensation des Dampfes nicht

durch andere Mittel bewirkt werden, als nur durch Einsprizen von kaltem Wasser in den Condensator?

A. — Es kann durch äußere Kälte geschehen, indem man eine Anzahl dünner metallischer Oberflächen in dem Condensator anbringt, auf deren einer Seite der Dampf circulirt, während auf der andern Seite ein immerwährender Strom kalten Wassers unterhalten wird. Die Condensation wird nun dadurch bewirkt, daß der Dampf in Berührung mit den kalten Oberflächen kommt, ohne daß er sich mit dem Wasser vermengt, welches zu seiner Abkühlung verwendet wird. Der erste Condensator, welchen Watt anwendete, hatte diese Form, allein er fand durch die Erfahrung, daß er nicht zweckmäßig sei, da er eine bedeutende Größe erforderte, wenn der Kessel mit schlechtem Wasser gespeist wurde, sich sehr bald eine Rinde auf den Oberflächen ansetzte, welches dem Leitungsvermögen des Metalls nachtheilig war. Er kehrte daher zu den gewöhnlichen Condensatoren mit Einsprizwasser zurück, indem dieselben im Allgemeinen zweckmäßiger sind. Der frühere Gebrauch, die Einsprizwasser in den Dampfeylinder zu bringen, hat gänzlich aufgehört. Vor mehreren Jahren wendete man bei vielen Dampfschiffen einen von Hall nach dem Princip der äußern Kälte construirten Condensator an; er bestand aus einer Vereinigung kleiner kupferner, mit kaltem Wasser umgebener Röhren, und eine ähnliche Einrichtung hatte auch schon früher der Maschinenbauer Freund in Berlin bei seinen stehenden Maschinen angewendet, und es ist dieselbe bei kleinern Maschinen sehr zweckmäßig. Die Hall'schen Condensatoren wurden sehr bald wieder aufgegeben.

66. F. — Wie viel Wasser kann 1 Pfd. Steinkohlen in Dampf verwandeln?

A. — 6 bis 8 Pfd. Wasser bei den meisten Kesseln der bessern Art und bei stehenden Maschinen. Die Verschiedenheit hängt von der Art des Kessels, der Art der Steinkohlen und von andern Umständen ab. Watt nahm an, daß seine

Kessel im Stande seien, 10,08 Cubikfuß Wasser mit einem Bushel oder 84 Pfd. Steinkohlen zu verdampfen, welches gleich $7\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser durch 1 Pfd. Steinkohlen verdampft, ist. Und dies kann man als die Leistung gewöhnlicher Kessel bei stehenden Maschinen annehmen, welche auch noch fortwährend Geltung hat. Bei einigen Cornwalliser Kesseln aber verwandelt 1 Pfd. Steinkohlen 10 Pfd. Wasser in Dampf, oder 1 engl. Ctr. Steinkohlen 19 Cubikfuß Wasser. Die Brennmaterialmenge, welche auf jeden Quadratfuß des Feuerrostes in der Stunde verbrannt wird, ist bei verschiedenen Kesseln sehr verschieden. — Bei den gewöhnlichen Wagen- oder Kofferkesseln sind es 10 bis 13 Pfd.; bei Cornwalliser Kesseln $3\frac{1}{2}$ bis 4 Pfd. und bei Locomotivkesseln 80 bis 100 Pfd. Die Anzahl von Quadratfüßen, welche erforderlich sind, um einen Cubikfuß Wasser in der Stunde zu verdampfen, beträgt bei den Cornwalliser Kesseln ungefähr 70 Quadratfuß, bei den gewöhnlichen stehenden und Schiffskesseln 9 bis 11 Quadratfuß und bei den Locomotivkesseln ungefähr 6 Quadratfuß. Die Anzahl von Quadratfüßen Heizoberfläche, auf dem Quadratfuß Feuerrost, beträgt bei Wagenkesseln ungefähr 13 bis 15 Quadratfuß und bei Locomotivkesseln 50 bis 70 Quadratfuß.

67. F. — Wie hoch beläuft sich aber die Heizoberfläche auf eine Pferdekraft?

A. — Ungefähr 9 Quadratfuß auf die Pferdekraft ist das gewöhnliche Verhältniß bei Wagenkesseln, wenn man die ganze Oberfläche als wirksam annimmt; dies gilt jedoch nur bei großen Kesseln, denn bei kleinen ist das Verhältniß größer. Nach Watt beträgt die ganze Heizoberfläche eines wagenförmigen Kessels für 2 Pferdekräfte 30 Quadratfuß oder 15 Fuß auf die Pferdekraft; wogegen bei dem Kessel einer Maschine von 45 Pferdekraften die ganze Heizoberfläche 438 Quadratfuß oder 9,6 Fuß auf die Pferdekraft beträgt. Die Räumlichkeit des Dampfkastens beträgt $8\frac{3}{4}$ Cubikfuß auf die Pferdekraft bei dem Kessel der 2 pferde-

kräftigen Maschine, und $5\frac{3}{4}$ Cubikfuß in einem Kessel von 20 Pferdekraften. In den größern Kesseln, wie die für 30 und 45 pferdekräftiger Maschinen nothwendigen, darf der Dampfraum nicht geringer sein und muß 6 und wenigstens $5\frac{3}{4}$ Cubikfuß auf die Pferdekraft betragen. Der Raum für das Wasser beträgt $18\frac{1}{2}$ Cubikfuß auf die Pferdekraft bei einer Maschine von 2 Pferdekraften und 15 Cubikfuß auf die Pferdekraft in dem Kessel einer Maschine von 20 Pferdekraften. Bei Schiffsmaschinen sind dieselben Verhältnisse ebenfalls sehr gewöhnlich. Die ersten Kessel für das große Dampfeschiff „Great Western“, welche von dem englischen Maschinenbauer Maudslay construirt worden waren, hatten ungefähr $\frac{1}{2}$ Quadratsfuß Feuerrost auf die Pferdekraft und 10 Quadratsfuß Züge und Ofenoberfläche, indem das Ganze als wirksam gerechnet wurde. Bei den Kesseln des Dampfeschiffes „Retribution“ von demselben Maschinenbauer wurde ein etwas geringeres Verhältniß der Heizfläche angenommen. Watt fand, daß bei seinen Schiffskesseln 9 Quadratsfuß an Kanälen und Ofenfläche erforderlich waren, um 1 Cubikfuß Wasser in der Stunde zu verdampfen, und es ist dies dasselbe Verhältniß, was sie bei ihren stehenden Maschinen erhielten. Da aber, wie überhaupt bei den neuern Maschinen, die Nominalkraft die wirkliche weit übersteigt, so gestattet man bei den Schiffskesseln 11 Quadratsfuß Heizfläche auf die nominelle Pferdekraft und man rechnet zu der effectiven Heizfläche die Seitenwände und die Deckel der Züge, aber nicht den Boden. Diese neuern Maschinenbauer der Watt'schen Schule geben dem Dampfraum in den Schiffskesseln die 16fache Größe des Cylinders; da aber eine Schiffsmaschine 2 Cylinder hat, so ist dies gleich der 8fachen Größe beider Cylinder, welches das gewöhnliche bei den stehenden Maschinen angenommene Verhältniß ist und welches mit dem Verhältniß von 5 bis 6 Cubikfuß Dampfraum auf die Pferdekraft sehr nahe übereinkommt. Nehmen wir z. B. eine Maschine, deren Cylinder 23 Zoll Durchmesser und 4 Fuß

Kolbenlauf oder Hub hat, welches 18,4 Pferdekraften entspricht, so wird die Cylinderoberfläche 415,476 Quadratzoll betragen, welche mit 48, der Anzahl von Zollen des Hubes multiplicirt, 19942,848 für den räumlichen Inhalt des Cylinders in Cubikzollen giebt; mit 8 multiplicirt giebt dies 915542,784 Cubikzoll, oder 92,3 Cubikfuß. 92,3 mit 18,4 dividirt, giebt mehr als 5 Cubikfuß auf die Pferdekraft. Wenn die Dampfrohre, welche den Dampf aus dem Kessel zu dem Cylinder führt, recht gleichartig ist, wie z. B. dann, wenn zwei Maschinen rechtwinklig zu einander mit dem Kessel verbunden sind, oder wenn die Maschinen mit großer Geschwindigkeit arbeiten, wie bei den Locomotiven, so ist es weniger nothwendig, daß der Dampfraum groß sei. Ist der Kessel mit einer Kuppel oder einer Büchse versehen, um den Uebergang vom Wasser in die Dampfrohren zu erschweren, so braucht der eigentliche Kesselraum auch nicht so groß zu sein. Hochdruckdämpfe, die mit Expansion arbeiten, bedürfen aber stets solcher Vorrichtungen. Bei den neuern Schiffskesseln von Röhrenconstruction, die stets mit Kuppeln oder hohen Dampfbüchsen versehen sind, ist es ebenfalls nicht nöthig, für den Dampf einen Raum von 5 oder 6 Cubikfuß auf die Pferdekraft zu lassen, sondern es ist die Hälfte davon hinreichend. Bei manchen röhrenförmigen Schiffskesseln ist aber auch der Dampfraum zu klein und beträgt hin und wieder nur $1\frac{3}{4}$ Cubikfuß auf die Pferdekraft, allein solche Kessel geben sehr ungenügende Leistungen. Die Verhältnisse von 11 Quadratsfuß Heizfläche auf die nominelle Pferdekraft, wobei man die ganze Oberfläche als wirksam annimmt, $\frac{1}{2}$ Quadratsfuß für den Koft und 3 Cubikfuß für den Dampfraum, scheinen für Röhrenkessel sehr zweckmäßig zu sein, wenn man voraussetzt, daß der Dampf in einer Büchse über den Kessel emporsteigt und auf $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ des Hubes mit Expansion wirkt. In der Watt'schen Maschinenfabrik giebt man dem Koft der Schiffskessel 0,64 Quadratsfuß Oberfläche für die nominelle Pferdekraft, und dieses

Verhältniß gewährt eine gute Leistung; zuweilen kann man aber den Kost so groß nicht machen, und das Verhältniß von einem halben Quadratsfuß auf die Pferdekraft bei Expansionsmaschinen ist ausreichend und auch sehr allgemein angenommen. Dabei kommen etwa 22 Quadratsfuß Heizfläche auf einen Quadratsfuß Feuerrost, und wenn man den Brennmaterialverbrauch auf die nominelle Pferdekraft und in der Stunde zu 6 Pfd. annimmt, so verbraucht man in derselben Zeit auf jeden Quadratsfuß Kost 12 Pfd. Steinkohlen. Die Defen müssen nicht länger als 6 Fuß sein, weil es sonst unmöglich ist, eine wirksame Feuerung herzustellen.

68. F. — Kann der Brennmaterialverbrauch bis auf 6 Pfd. für die nominelle Pferdekraft und in der Stunde vermindert werden?

A. — Wenn man mit Expansion arbeitet, so übersteigt der Verbrauch auf die nominelle Pferdekraft und in der Stunde wirklich nicht mehr.

69. F. — Kann man den Brennmaterialverbrauch bis auf 6 Pfd. in der Stunde auf die wirkliche Pferdekraft vermindern, ohne Expansion anzuwenden?

A. — Eine wirkliche Pferdekraft oder 33,000 Pfd. 1 Fuß hoch in der Minute gehoben, wären durch die Verdampfung von 1 Cubikfuß Wasser in der Stunde ausgedrückt, und wenn 1 Cubikf. Wasser durch 6 Pfd. Steinkohlen verdampft wird, so muß man mit 1 Pfd. Steinkohlen $10\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser verdampfen können, welches mehr als das gewöhnliche Verhältniß ist, und Maschinen mit einem solchen Verbrauch müssen einen Theil ihrer Ersparung durch Expansion erlangen.

70. F. — Würde es nicht zweckmäßig sein, die Cornwalliser Dampfkessel auch bei den Dampfschiffen anzuwenden, da sie so wenig Brennmaterial zur Feuerung bedürfen?

A. — Es kann dies nicht geschehen. Die größere Brennmaterialersparung der Cornwalliser Kessel rührt nicht von einer besondern Form oder Einrichtung, sondern von der sehr

großen Ausdehnung der Heizoberfläche her. Dadurch wird nun freilich Brennmaterial erspart, allein die Anlagekosten der Kessel sind weit bedeutender, auch nehmen sie einen so großen Raum ein, daß sie auf Dampfschiffen gar nicht angewendet werden können. Wird einem Schiffsdampfkessel eine eben so große Heizfläche gegeben wie dem Cornwalliser, so darf man annehmen, daß jener der ökonomischere von beiden ist.

71. F. — Ist die Verbrennung in den Cornwalliser Kesseln nicht eine sehr langsame?

A. — Es ist dies wirklich der Fall; und es entwickelt sich daher nur wenig Rauch. Um den Rauch möglichst vollständig zu verbrennen, ist eine langsame Verbrennung auf dem Herde wesentlich, so wie im Gegentheil eine unzureichende Größe des Ofens die hauptsächlichste Veranlassung zur Bildung des Rauchs wird. Die Steinkohlen, womit man die Cornwalliser Dampfkessel feuert, sind Waleser, die nur wenig Rauch geben. Wo man aber fettere Kohlen verbrennt, wie z. B. in den eigentlichen Manufacturdistricten Englands, wird mehr Rauch entwickelt und es sind demnach größere Defen und eine sorgfältigere Feuerung unerläßlich.

72. F. — Worin besteht die eigentliche Natur der Verbrennung?

A. — Verbrennung ist nichts anders, als eine sehr wirksame chemische Verbindung, oder mit andern Worten, es ist die gegenseitige Neutralisation entgegengesetzter Electricitätszustände. Wenn Steinkohlen eine hohe Temperatur erreichen, so erlangen sie auch eine nahe Verwandtschaft mit dem Sauerstoff, und eine Verbindung mit dem Sauerstoff veranlaßt eine mehr als hinlängliche Wärme zur Unterhaltung der ursprünglichen Temperatur.

73. F. — Besteht denn die Luft aus Sauerstoff?

A. — Die Luft besteht aus Sauerstoff und Stickstoff, die in dem Verhältniß von $3\frac{1}{2}$ Pf. Stickstoff zu 1 Pf. Sauerstoff mit einander vermischt sind. Jedes Pfd. Steinkohlen

erfordert etwa 2 Pfd. Sauerstoff zu seiner Sättigung, und daher müssen zur Verbrennung eines jeden Pfundes Steinkohlen 7 Pfd. Stickstoff durch das Feuer strömen, wobei wir annehmen, daß aller Sauerstoff gebunden werde. In der Praxis giebt es aber eine so vollkommene Verbrennung nicht; $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ des Sauerstoffs strömt stets, ohne gebunden zu werden, durch das Feuer, so daß zur Verbrennung eines jeden Pfundes Steinkohlen 12 bis 14 Pfd. Luft erforderlich sind. Da nun 12 Pfd. Luft etwa 160 Cubikfuß ausmachen, so sind in der Praxis etwa 200 Cubikfuß Luft zur Verbrennung von 1 Pfd. Steinkohlen nöthig.

74. F. — Wendete Watt irgend eine Methode zur Verbrennung des Rauches an?

A. — Er versuchte mehrere Methoden, blieb aber dabei stehen, die Steinkohlen auf einer Platte, an der Ofenthür zu verkoaken, ehe sie in das Feuer gelangten. Dieses Verfahren ist jedenfalls sehr wirksam, da die Verbrennung so langsam erfolgt, daß die Steinkohlen Zeit zur Verkoakung haben, und es ist dies demjenigen weit vorzuziehen, nach welchem Luft zur Feuerbrücke oder zu irgend einem andern Punkte geführt wird, um die Verbrennung der flammenden Theile des Rauches zu bewirken. Die beste Einrichtung der Verbrennung des Rauches besteht aber meiner Ansicht nach darin, einen sich drehenden Krost anzuwenden, mit dem zu gleicher Zeit ein selbstwirkender Aufschütter verbunden ist. Ein solcher sich selbstdrehender Krost besteht in einer runden, durchbrochenen Platte, die sich um den Mittelpunkt dreht; der Aufschütter wirft immerfort Kohlen darauf und der von demselben entwickelte Rauch wird genöthigt, über die glühenden Kohlen zu strömen, welches von dem sich drehenden Krost bewirkt, wodurch der Rauch möglichst vollständig verbrannt wird.

75. F. — Läßt sich ein Ofen dieser Art auch bei einem Dampfschiffe anwenden?

A. — Ich sehe nichts, was dies verhindern könnte;

nur müßte der Kessel verändert werden, um die Anwendung zu erleichtern, und es würden alsdann senkrecht stehende Röhren zweckmäßiger sein, indem sie eine größere Wirkung gewähren, als horizontale, obwohl diese Bedingung nicht unerläßlich ist. Die Einführung eines recht wirksamen automatischen Aufschüttters zur Speisung des Feuers auf Dampfschiffen, würde eine bedeutende Ersparung veranlassen, während die Speisung zu gleicher Zeit auch viel regelmäßiger erfolgen müßte. Es hat große Schwierigkeiten, die Defen der Schiffsdampfmaschinen mit der Hand gut zu feuern, hauptsächlich bei stürmischem Wetter und in tropischen Climates, während ein selbstwirkender Aufschütter durch solche Hindernisse unberührt bleibt und die Arbeit mehrerer Menschen mit Regelmäßigkeit vollbringt.

76. F. — Würde nicht die Einführung irgend einer mechanischen Feuerung die Veranlassung geben, daß bei Dampfschiffen eine doppelte Reihe von Defen ohne Nachtheil angebracht werden könnte?

A. — Jedenfalls würde dies der Fall sein; denn da die Kostoerfläche bei Dampfschiffskesseln stets beschränkt ist, so würde eine doppelte Ofenreihe manche Vortheile gewähren. Jedoch bleibt ein wesentlicher Einwurf gegen eine solche Einrichtung der, daß der durch den untersten Ofen erzeugte Dampf durch den Aschenfall des obern Ofens abgekühlt werden könnte, und es müßte daher jedenfalls der Deckel des untern Kessels, der zu gleicher Zeit den Boden des Aschenfalls von dem obern bildet, mit Ziegelsteinen bedeckt werden, um die Abkühlung des Dampfes in dem untern Kessel zu vermindern.

77. F. — Welche Methode der Dampfkesselfeuerung ist die beste?

A. — Die Steinkohlen müssen in kleine Stückchen zerschlagen und dann in einer recht dünnen Schicht über den ganzen Koft ausgebreitet werden. Die Stärke der Kohlen-schicht, die auf einmal auf den Koft aufgetragen wird, hängt

von der Stärke des Zuges ab. Bei gewöhnlichen stehenden oder Schiffskesseln muß sie dünn sein, bei Locomotiven dagegen viel stärker. Wenn die Steinkohlenschicht auf dem Koft dick ist, während der Zug eine geringe Stärke hat, so verbindet sich die Kohlensäure, welche bei der Verbrennung entsteht, bei ihrem Durchgange durch das Feuer mit einem weitem Atom Kohle und verwandelt sich in Kohlenoxyd, welches man als einen unsichtbaren Rauch betrachten kann, da es einen Theil des Brennmaterials mit wegführt. Ist dagegen die Kohlenschicht auf dem Koft bei einem starken Zuge dünn, so entsteht eine nachtheilige Abkühlung, da eine überschüssige Luftmenge durch den Ofen strömt. Das Feuer muß stets eine gleichförmige Dicke auf dem Koft haben, nie aber Höhlungen oder unbedeckte Stellen, indem dieselben die Wirkungen der Feuerungen insofern bedeutend vermindern, als kalte Luftströme leicht hindurch gehen könnten.

78. F. — Welche Methode der Rauchverbrennung wendet man in Manufacturstädten an?

A. — In Manchester z. B., wo neuerlich einige strenge Verordnungen in Beziehung auf die Verhinderung des Rauchens gemacht worden sind, hat man gefunden, daß der einfachste Weg der Rauchverbrennung darin besteht, einen großen Ofen anzuwenden, in welchem eine recht langsame Verbrennung stattfindet, und auch die Platte an der Ofenthür, so wie sie Watt vorschrieb, anzubringen. In einigen Fällen hat man auch ein gutes Resultat dadurch erreicht, daß man mitten durch den Ofen und gegen die Brücke Steinkohlen legt, die sich sehr bald in eine Koaksmaße verwandelt und den darüberströmenden Rauch verbrennt.

79. — Ist es zweckmäßig, einen Luftstrom in die Feuerkanäle gehen zu lassen?

A. — Nein; es wird dadurch der Kessel beschädigt, denn bald schlägt die Flamme gegen denselben, bald ein kalter Luftstrom. Dadurch wird der Kessel sehr bald durch

Drydation zerfressen und wird leck. Es ist sehr schwierig, die Menge der Luft, welche zur bessern Verbrennung des Rauches erforderlich ist, unter den verschiedenen Umständen zu bestimmen; und da zuweilen Luft einströmt, wenn kein Rauch zu verbrennen ist, so sind Wärmeverlust und ein vermehrter Brennmaterialverbrauch häufig die Folgen einer solchen Einrichtung. Freilich ergaben die mit großer Sorgfalt ausgeführten Versuche ein Brennmaterialersparniß von 10 bis 12 Procenten.

80. F. — Welche anderweitige Vorrichtungen hat man angewendet, um die Nachtheile des Rauches zu vermeiden?

A. — Es würde wirklich zu weit führen, wollten wir alle die Vorrichtungen, die zur Verhinderung des Rauchens der Dampfmaschinenesssen, welches hauptsächlich in Städten so viele Unbequemlichkeiten und Nachtheile hat, aufzählen. Die meisten laufen dahin aus, einen Luftstrom in die Kanäle eintreten zu lassen, der die Verbrennung der unentzündlichen Theile des Rauches vollendet; oder indem man den Zweck dadurch zu erreichen sucht, daß man den Rauch über oder durch das Feuer, oder sonstige glühende Materialien gehen läßt. Nach einigen dieser Grundsätze soll man die brennbaren Gase, so wie sie sich aus den Steinkohlen entwickeln, verbrennen, ohne eine Beimengung von irgend welchen der unentzündlichen Producte der Verbrennung, die in die Zusammensetzung des Rauches eingehen, zu gestatten. Jedoch ist dieser Zweck bis jetzt bei allen Vorrichtungen dieser Art erst sehr unvollkommen erreicht; und da der sich drehende Kofst die Rauchverbrennung, sobald der Zug des Feuers kein sehr bedeutender ist, gewöhnlich recht gut bewirkt, und da er Brennmaterial und Arbeit erspart, so scheint er in der Praxis noch den Vorzug zu verdienen. Der Ofen von Zuckes, der aus einer Reihe von Kofststäben besteht, die eine Art endloser Ketten bilden, durch welche die Steinkohlen nach und nach in dem Maß

vorwärts geführt werden, als sie verbrennen, und die Asche nebst den Klinkern am Ende des Ofens dem Aschenfall zugeführt werden, während die Kette über die äußerste Spannrolle läuft, erreicht den Zweck auch recht gut; allein ein Krost dieser Art ist theurer in der Anlage, als der drehbare Krost, und weit schwieriger in der Reparatur zu erhalten.

81. F. — Es ist gesagt worden, daß eine wirkliche Pferdekraft im Stande sei, 33,000 Pfd. einen Fuß hoch in einer Minute zu heben, oder eine dynamische Leistung, die durch den Verbrauch von 33 Cubikfuß Dampf in der Minute, oder durch die Verdampfung von 1 Cubikfuß Wasser in der Stunde hervorgebracht wird; es ist aber keine Erklärung von dem Werthe einer nominellen Pferdekraft gegeben. Wie will man nun die Leistung einer Maschine in nominellen Pferdekraften bestimmen?

A. — Die nominelle Kraft einer Maschine kann durch folgende Regel bestimmt werden: man multiplicire das Quadrat des Cylinderdurchmessers in Zollen mit der Kolbengeschwindigkeit in Fuß und dividire das Product mit 6000; der Quotient ist die Anzahl der nominellen Pferdekraften. Bei Benutzung dieser Regel ist es aber nothwendig, die von Watt vorgeschriebene Kolbengeschwindigkeit anzunehmen, indem dieselbe mit der Länge des Hubes verschieden ist. Die Kolbengeschwindigkeit bei 2 Fuß Hub beträgt nach diesem Systeme 160 in der Minute; bei $2\frac{1}{2}$ Fuß Hub 170; bei 3 Fuß 180; bei $3\frac{1}{2}$ Fuß 189; bei 4 Fuß 200; bei 5 Fuß 215; bei 6 Fuß 228; bei 7 Fuß 245; bei 8 Fuß 256.

82. F. — Wenn man das Verhältniß, nach welchem die Kolbengeschwindigkeit mit der Länge des Hubes steigt, bestimmt hat, kann alsdann das Element der Geschwindigkeit nicht ganz ausgeschlossen und die nominelle Kraft nur durch die Beziehung auf die Dimension des Cylinders bestimmt werden?

A. — Es kann dies sogar in den meisten Fällen durch ein sehr leichtes Verfahren bewirkt werden: man multiplicire das Quadrat des Cylinderdurchmessers in Zollen mit der Cubikwurzel des Hubes in Fuß und dividire das Product mit 47; der Quotient ist die Anzahl der nominellen Pferdekkräfte der Maschine. Diese Regel setzt aber einen gleichförmigen Effectivdruck auf den Kolben von 7 Pfd. auf den Quadratzoll voraus; Watt nahm diesen Effectivdruck auf den Kolben seiner Maschinen von 4 Pferdekkräften zu 6,8 Pfd. auf den Quadratzoll an, und es nahm dieser Druck mit der Kraft etwas zu, und betrug 6,94 Pfd. auf den Quadratzoll bei Maschinen von 100 Pferdekkräften: zweckmäßiger ist es aber, den Druck für alle Kräfte gleich, zu 7 Pfd. anzunehmen. Kleine Maschinen haben wirklich etwas geringere Leistungen im Verhältniß zu den großen, allein man kann die Differenz leicht dadurch ausgleichen, daß man den Druck im Kessel etwas erhöht, und bei kleinen Kesseln kann dies ohne allen Nachtheil geschehen.

83. F. — Kann die nominelle Pferdekraft in wirkliche verwandelt werden?

A. — Nein, das ist bei gewöhnlichen Condensationsmaschinen unmöglich. Die wirkliche Kraft einer Maschine kann ebenso wenig von der nominellen abgeleitet werden, wie diese von der wirklichen, oder von irgend etwas Anderem, als den Dimensionen des Cylinders. Die wirkliche Pferdekraft ist eine dynamische Einheit und die nominelle ein Maas für den räumlichen Inhalt des Cylinders, welches offenbar gänzlich verschiedene Dinge sind.

84. F. — Das heißt also, die nominelle Pferdekraft bezeichnet die Größe einer Maschine und die wirkliche die Zahl, wie viel mal 33,000 Pfd. dieselbe in einer Minute einen Fuß hoch heben kann?

A. — Es ist dies wirklich der Fall. Um die Zahl von 33,000 Pfd., oder 528 Cubikfuß Wasser, die in einer Minute einen Fuß hoch gehoben werden sollen — oder mit an-

den Worten die wirkliche Kraft einer Maschine zu finden — wendet man das folgende Verfahren an: man sucht zuvörderst den Druck im Cylinder mittelst eines Indicators, zieht davon $1\frac{1}{2}$ Pfd. Druck für die Reibung, den Kraftverlust durch den Betrieb der Luftpumpe u. s. w. ab, multiplicirt die Kolbenoberfläche in Quadratzollen mit dem übriggebliebenen Druck, so wie auch mit dem Kolbenhub in Fuß und in der Minute und dividirt das Product mit 33,000; der Quotient wird alsdann die wirkliche Anzahl von Pferdekraften ausdrücken. Dasselbe Resultat erlangt man auch dadurch, daß man den Cylinderdurchmesser ins Quadrat erhebt, die Zahl durch den Druck in Quadratzollen, den der Indicator angiebt, multiplicirt, nachdem man vorher $1\frac{1}{2}$ Pfd. abgezogen hat, das Product nochmals mit der Kolbengeschwindigkeit in Fuß multiplicirt und es alsdann mit 42,017 dividirt. Die auf diese Weise erlangte Größe wird bei allen neueren Maschinen sehr verschieden von derjenigen sein, die man dadurch erhält, daß man das Quadrat des Cylinderdurchmessers mit der Cubikwurzel des Kolbenhubes multiplicirt und das Product mit 47 dividirt, wodurch man die nominelle Kraft ausdrückt. Die wirkliche und die nominelle Kraft dürfen aber durchaus nicht mit einander verwechselt werden, da es gänzlich verschiedene Dinge sind.

85. F. — Was versteht man unter der Leistung (duty im Engl.) einer Maschine?

A. — Die Arbeit, die sie im Verhältniß zu dem verbrauchten Brennmaterial verrichtet hat.

86. F. — Und wie wird die Leistung bestimmt?

A. — Bei gewöhnlichen Fabriken- und Schiffdampfmaschinen kann sie nur mittelst des Indicators bestimmt werden, da die Belastung solcher Maschinen sehr veränderlich ist und nicht leicht ausgedrückt werden kann. Bei Wasserhebungsmaschinen aber, bei denen die Belastung gleich bleibt, drückt die Subzahl der Maschine die verrichtete Ar-

beit aus, und diese, welche durch eine gegebene Steinkohlenmenge ausgeführt ist, drückt die Leistung aus. In Cornwall wird die Leistung einer Maschine durch die Zahl von Millionen Pfunden ausgedrückt, die durch ein Bushel oder 94 Pfd. Waleser Steinkohlen einen Fuß hoch gehoben worden sind. Ein Bushel Newcastle-Steinkohlen wiegen aber nur 84 Pfd., und wenn man daher die Leistung einer Cornwalliser Maschine mit der einer Maschine an irgend einem andern Orte vergleicht, wo man eine andere Steinkohlensorte gebraucht, ist es nöthig, auf solche Abweichungen Rücksicht zu nehmen.

87. F. — Kann man die Leistung einer Maschine angeben, wenn man den Steinkohlenverbrauch auf die Pferdekraft und in einer Stunde kennt?

A. — Ja, wenn die angegebene Kraft die wirkliche und nicht die nominelle ist. Man dividire 166,32 durch die Pfundzahl der Steinkohlen, die in einer Stunde verbraucht worden sind; der Quotient ist die Leistung in Millionen Pfunden. Kennt man nun die Leistung in Mill. Pfunden, und man will den dazu erforderlichen Kohlenverbrauch in einer Stunde und auf die wirkliche Pferdekraft wissen, so dividire man 166,32 durch die Leistung in Mill. Pfunden. Die Leistung einer Locomotive wird durch das Koaks ausgedrückt, welches man verbraucht, um eine Tonne (von 20 engl. Ctnr.) eine englische (= 0,213 preuß.) Meile weit auf einer Eisenbahn zu transportiren. Es ist dies jedoch eine sehr unvollkommene Methode, um die Leistung auszudrücken, da die Zugkraft eines Pfundes Koaks bei steigender Geschwindigkeit der Locomotive größer wird und das Gesetz der Veränderung nicht genau gekannt ist.

F. 88. — Wie stark ist die Kraft, die von guten Maschinen gewöhnlicher Art durch ein gegebenes Gewicht von Steinkohlen erzeugt wird?

A. — Die Leistung verschiedener Arten von Dampfmaschinen ist außerordentlich verschiedenartig und selbst bei

verschiedenen Maschinen einer und derselben Classe sind die Leistungen sehr verschieden. Bei gewöhnlichen doppelt wirkenden Condensationsmaschinen von guter Construction ist ein Steinkohlenverbrauch von 10 Pfd. auf die nominelle Pferdekraft und in der Stunde sehr gewöhnlich; allein solche Maschinen haben in der Regel eine doppelte Leistung, so daß der Steinkohlenverbrauch auf die wirkliche Pferdekraft und in der Stunde zu 5 bis 6 Pfd. angenommen werden kann. Bei Expansionsmaschinen wird eine größere Ersparung erreicht. Die durchschnittliche Leistung der Cornwalliser Wasserhaltungsmaschinen beträgt ohngefähr 60,000,000 Pfd. durch 1 Bushel oder 94 Pfd. Wasser Steinkohlen, einen Fuß hoch gehoben. Dies ist gleich dem Verbrauch von 3,1 Pfd. Steinkohlen auf die wirkliche Pferdekraft in der Stunde; einige Maschinen erreichen aber eine Leistung von mehr als 100,000,000 Pfd. oder 1,74 Pfd. Steinkohlen auf die wirkliche Pferdekraft in der Stunde. Locomotiven verbrauchen 8 bis 10 Pfd. Koaks zur Verdampfung von 1 Cubikfuß Wasser und die Verdampfung von 1 Cubikfuß Wasser in der Stunde kann als Ausdruck einer wirklichen Pferdekraft, sowohl bei den Locomotiven, als auch bei den Condensationsmaschinen angenommen werden. Mißt man den Brennmaterialverbrauch durch die Tonnenzahl, welche eine Locomotive durch einen gegebenen Raum zieht, so darf man annehmen, daß eine Maschine zum Personentransport auf die Tonne und die englische Meile $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Pfd., und eine Maschine zum Gütertransport $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Pfd. Koaks verbraucht. Wird eine Locomotive mit Expansion betrieben, so findet ein geringerer Wasser- und Brennmaterialverbrauch auf die Pferdekraft oder auf die Tonne und die Meile statt, als wenn bei dem ganzen Kolbenlauf der volle Dampfdruck gebraucht wird, und jetzt werden die meisten Maschinen mit so starker Expansion betrieben, als auf eine zweckmäßige Weise mit dem Schieberventile erreicht werden kann.

89. F. — Da nun einige Steinkohlensorten wirksamer sind als andere, läßt sich daraus eine verschiedenartige Wirkung ableiten?

A. — Ja. In einem Kessel von solchen Verhältnissen daß ein Pfund der besten Waleser Steinkohlen 9,493 Pfd. Wasser verdampfen, verdampft 1 Pfd. Anthracit 9,014 Pfd. Wasser; 1 Pfd. der besten kleinen Newcastlekohlen 8,524 Pfd., 1 Pfd. Roaks aus den Gaswerken 7,908 Pfd., 1 Pfd. Roaks halb aus Waleser und halb aus Newcastler Kohlen von mittlerer Güte bestehend, verdampft 7,897 Pfd., 1 Pfd. aus Derbyshire 6,772 Pfd. und 1 Pfd. Steinkohlen aus Northumberland 6,6 Pfd. Wasser. Es scheint demnach ein Unterschied von wenigstens $\frac{1}{3}$ in der Wirkung der verschiedenen in England in den Handel kommenden Steinkohlensorten bei der Dampferzeugung stattzufinden. Man kann ferner annehmen, daß Steinkohlen und Roaks gleiche Verdampfungskraft besitzen. Ein Pfund Holz in gewöhnlichem lufttrockenem Zustande verdampft ungefähr 4,72 Pfd. Wasser und 1 Pfd. Torf 5,45 Pfd., 1 Pfd. Holzkohlen dagegen verdampft der Angabe nach 13,37 Pfd. und 1 Pfd. Torfkohlen 11,63 Pfd. Die Anzahl von Pfunden Luft, welche von einem Pfunde irgend eines Brennmaterials verbraucht werden, ist fast dieselbe, als die Anzahl der Pfunde Wasser, die es verdampfen kann, obgleich eine doppelte Luftmenge durch das Feuer strömen muß. Ein Pfund lufttrockenes Holz erfordert zu seiner Verbrennung 4,47 Pfd. Luft, und 1 Pfd. Torf 4,6 Pfd. Wenn 1 Pfd. Steinkohlen $9\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser verdampft, so wird 1 Cubikfuß Wasser durch 6,58 Pfd. Steinkohlen verdampft werden. $6\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser durch 1 Pfd. Steinkohlen verdampft, sind gleich 1 Cubikfuß Wasser durch 9,61 Pfd. Steinkohlen verdampft; und $4\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser von 1 Pfd. verdampft, sind gleich 1 Cubikfuß Wasser durch 13,88 Pfd. Steinkohlen verdampft. — In denjenigen Cornwalliser Kesseln, die 10 Pfd. Wasser mit 1 Pfd. Steinkohlen verdampfen, wird

1 Cubikfuß Wasser durch $6\frac{1}{4}$ Pfd. Steinkohlen verdampft werden. In den besten Cornwalliser Kesseln aber werden ungefähr 9 Pfd. Wasser durch 1 Pfd. Steinkohlen der besten Qualität verdampft.

90. F. — Wodurch bestimmt man die Dimensionen der Esse?

A. — Durch das Volum der Luft, welches in einer gegebenen Zeit dem Brennmaterial zugeführt werden muß, so wie auch durch die Geschwindigkeit der Bewegung, welche durch die Luftverdünnung in der Esse hervorgebracht worden ist; denn der Querschnitt der Esse muß so sein, daß mit der Geschwindigkeit, welche die Verdünnung erfordert, die zur Verbrennung des Brennmaterials nöthige Luftmenge in der bestimmten Zeit durch den Ofen strömen kann. Wenn demnach 200 Cubikfuß Luft von atmosphärischer Dichtigkeit zur Verbrennung von 1 Pfd. Steinkohlen erforderlich sind, und es werden 10 Pfd. Steinkohlen auf die Pferdekraft und in der Stunde von einer Dampfmaschine verbrannt, so müssen 2000 Cubikfuß Luft auf die Pferdekraft und die Stunde dem Ofen zuströmen, und der Querschnitt der Esse muß so sein, daß diese Luftmenge mit dem größern Volum, welches durch die hohe Temperatur in der Esse herrührt, und wenn sie sich mit der Geschwindigkeit der Verdünnung, welche die Esse veranlaßt, und die gewöhnlich der Art ist, daß sie eine halbzöllige Wassersäule zu tragen vermag, hindurchströmen kann, im Verhältniß steht. Die Geschwindigkeit, mit welcher eine dichtere Flüssigkeit in eine dünnere strömt, ist gleich der Geschwindigkeit, die ein von einer Höhe herabfallender Körper erlangt und die gleich der Differenz der Höhe zweier Säulen von der schwerern Flüssigkeit ist, die den Druck veranlassen. Wenn demnach der Unterschied des Drucks oder die Größe der Verdünnung in der Esse bekannt ist, so läßt sich die Geschwindigkeit der Bewegung, welche dadurch hervorgebracht wird, leicht bestimmen. In der Praxis erlangen jedoch

diese theoretischen Resultate nicht eher Vertrauen, bis daß sie die Modificationen erlangt haben, die durch die Erfahrung tüchtiger Maschinenbauer veranlaßt wurden. Watt's Regel für die Dimensionen der Esse einer stehenden Maschine ist die folgende: man multiplicire die Pfundezahl der in einer Stunde unter dem Kessel verbrannten Steinkohlen mit 12 und dividire das Product mit der Quadratwurzel der Höhe in Fuß; der Quotient wird der Querschnitt der Esse an ihrem engsten Punkte in Quadrat Zoll sein. Eine Fabrikesse für einen Kessel von 20 Pferdekraften wird ungefähr 20 Quadrat Zoll weit und 80 Fuß hoch gemacht, und die Dimensionen sind von der Art, daß sie einem Brennmaterialverbrauch von 15 Pfd. Steinkohlen in der Stunde und auf die Pferdekraft entsprechen; diese Annahme ist eine sehr gewöhnliche bei Fabrikmaschinen. Wenn 15 Pfd. Steinkohlen auf die Pferdekraft und in der Stunde verbraucht werden, so ist der ganze Aufwand in der Stunde bei einem Kessel von 20 Pferdekraften 300 Pfd. Diese mit 12 multiplicirt, geben 3600 und mit 9 dividirt (die Quadratwurzel der Höhe) 400, welches der Querschnitt der Esse in Quadrat Zoll ist. Es ist nicht zweckmäßig, die Höhe einer Esse von der obigen Weite über 120 bis höchstens 150 Fuß zu steigern, ohne sie nicht auch weiter zu machen, und ebenso wenig würde es auch zweckmäßig sein, den Querschnitt bedeutend zu vergrößern, ohne nicht auch die Esse zu erhöhen. Multiplicirt man den Steinkohlenverbrauch in einer Stunde in Pfunden mit 5 und dividirt das Product mit der Quadratwurzel von der Höhe der Esse, so erhält man den durchschnittlichen Querschnitt der offenen Zwischenräume des Kofes, durch welche Luft zum Feuer strömt.

91. F. — Ist diese Regel für Dimensionen der Essen auch bei Dampfschiffen anwendbar?

A. — Bei Dampfschiffen nahm Watt $8\frac{1}{2}$ Quadrat Zoll Essendurchschnitt auf die Pferdekraft an und bei Mee-

resdampffschiffen mit Röhrenkesseln 18 Quadratzoll Querschnitt für diese Röhren auf die Pferdekraft. Jedoch ist dieses Verhältniß etwa $\frac{1}{3}$ größer, als andere Constructeure annehmen, deren Kessel aber auch kaum so wirksam sind, wie die Watt'schen. Den Querschnitt der Röhren in Quadratzollen nennt man das Calorimeter eines Kessels, und dieses durch die Länge der Röhren in Fuß dividirt, gibt die Ausströmungsöffnung; bei Röhrenkesseln für Meeresdampfschiffe, die eine gute Dimension haben, beträgt die Weite dieses Fuchses 21 bis 25, je nach der Größe des Kessels und andern Umständen, indem die größten Kessel auch im Allgemeinen die weitesten Fuchse haben. Dividirt man das Calorimeter mit dem Fuchs, so erhält man die Länge der Röhren in Fuß. Die Gesammtoberfläche zum Ausströmen des Rauches und der Flamme über der Feuerbrücke beträgt bei Meeresdampfkesseln, nach den von Watt angegebenen Verhältnissen, 19 Quadratzoll.

92. F. — Sind diese Verhältnisse auch auf Kessel mit vielen Röhren und von Wagenform anwendbar?

A. — Nein. Bei wagenförmigen und bei eigentlichen Röhrenkesseln herrschen sehr verschiedenartige Verhältnisse, allein es sind dieselben für jede Kesselart nach denselben allgemeinen Grundsätzen bestimmbar. Bei den wagenförmigen Kesseln ist das Verhältniß des Perimeters des Kanals, der offenbar eine Heizfläche bildet, zu dem ganzen Perimeter wie 1 zu 3, und in einigen Fällen wie 1 zu 2,5. Bei irgend einer gegebenen Kanaloberfläche muß daher die Länge des Kanals 3 bis $2\frac{1}{2}$ mal größer, als erforderlich sein würde, wenn die ganze Oberfläche wirksam wäre. Ist alsdann der Fuchs dividirt durch den Calorimeter die Länge, und man macht dieselbe 3 oder $2\frac{1}{2}$ mal größer, so muß der Fuchs 3 oder $2\frac{1}{2}$ mal kleiner werden; und bei wagenförmigen Kesseln wechselt die Weite des Fuchses von 8—11 und nicht von 21—25, wie es der Fall bei Schiff-

kesseln mit Kanälen ist. Bei einem Watt'schen Wagenkessel von 45 Pferdekraften beträgt der Querschnitt des Kanals oder der Röhre 18 Quadrat Zoll auf die Pferdekraft, allein dieser Querschnitt im Verhältniß zur Pferdekraft steigt in dem Maße sehr rasch, als die Größe des Kessels geringer wird, und erreicht auf diese Weise bei einem Kessel von 2 Pferdekraften 80 Quadrat Zoll auf eine derselben. Irgend eine Zunahme ist ganz offenbar unvermeidlich, wenn eine ähnliche Form der Kanäle bei den größern und kleinern Kesseln beibehalten wird, und ebenso auch die Verlängerung des Kanals in demselben Verhältniß, in welchem das Steigen jeder andern Dimension verhindert wird; bei den kleinern wagenförmigen Kesseln kommt aber auch die Leichtigkeit des Reinigens der Züge in Betracht und veranlaßt größere Querschnitte. Ein wagenförmiger Kessel von Watt hat 30 Quadratfuß Oberfläche, und die Röhre oder der Kanal liegt 18 Zoll über dem Kesselboden und ist 9 Zoll weit, während ein gleichgeformter Kessel derselben berühmten Fabrik von 12 Pferdekraften 118 Quadratfuß Heizoberfläche hat und der Kanal 36 Zoll über dem Kesselboden liegt und 13 Zoll weit ist. Stände nun der Kanal des kleinen Kessels im Verhältniß zu dem des größern, so würde er $6\frac{1}{2}$ Zoll statt 9 Zoll weit sein, und bei Annahme dieser Dimension würde man dasselbe Verhältniß des Querschnitts auf den Quadratfuß der Heizfläche beider Kessel haben. Die Länge des Kanals bei dem Kessel von 2 Pferdekraften beträgt $19\frac{1}{2}$ Fuß, und die eines Kessels von 12 Pferdekraften 39 Fuß, so daß die Länge und Höhe des Kanals in demselben Verhältnisse zunehmen.

93. F. — Sollen die Erläuterungen auch auf die Kessel der Meeresdampfschiffe ausgedehnt werden?

A. — Das Dampfschiff der „Nil“ mit Maschinen von 110 Pferdekraften, welche ebenfalls von Watt (in der berühmten Maschinenfabrik zu Soho bei Birmingham, welche

die Firma Boulton & Watt führt) ausgeführt worden sind, werden aus 2 Kesseln gespeist, von denen jeder 55 Pferdekraft hat. Die Höhe des Kanals, der durch den Kessel geht, beträgt 60 Zoll und seine mittlere Weite $16\frac{1}{2}$ Zoll, welches einen Querschnitt oder Calorimeter von 990 Quadratzoll oder 18 Quadratzoll auf die Pferdekraft gibt. Die Länge des Kanals beträgt 39 Fuß, welches einen Fuchs von 25 gibt, so wie es für große Kessel zweckmäßig ist. In den Dee- und Solway-Dampfschiffen von Scott & Sinclair beträgt das Calorimeter nur 9,72 Quadratzoll auf die Pferdekraft; in dem Adler von Caird 11,9; in der Themse und dem Medway von Maudslayi 11,34, und bei sehr viel andern Dampfschiffen übersteigt er 12 Quadratzoll auf die Pferdekraft nie; allein bei den meisten Maschinen dieser Schiffe wirkt der Dampf mit Expansion, und die Kessel haben daher keine so große Verdampfungskraft.

94. F. — Es besteht wohl die Hauptverschiedenheit zwischen den von Watt und den von andern Maschinenbauern aufgestellten Verhältnissen, die soeben erwähnt worden sind, darin, daß Watt zu einer bestimmten Leistung einen größern Kessel annahm?

A. — Das ist wirklich der Hauptunterschied. Das Verhältniß, welches ein Theil des Kessels zu dem andern hat, ist in den erwähnten Fällen ein ziemlich gleiches, allein das Verhältniß des Kessels zu der Größe der Maschine ist sehr wesentlich verschieden. So hat das Calorimeter der Kessel des Dampfschiffes Dee und Solway 1,296 Quadratzoll, des Adlers 1,548, und der Themse und des Medway 1,134 Quadratzoll. Da nun die Längen der Kanäle bei diesen Kesseln 47,60 und 52 Fuß betragen, so sind die Dimensionen der resp. Füchse $22\frac{1}{2}$, 25 und 21 Zoll. Vergleicht man nun den Kessel des Adlers mit dem des Nil, indem beide gleiche Füchse haben, so wird man sehen, daß die Verhältnisse beider größtentheils identisch

sind, denn 990 verhalten sich annähernd zu 1548, wie 39 zu 60. Watt würde aber keinen solchen Kessel auf den Adler gesetzt und eine so bedeutende Leistung von ihm verlangt haben.

95. F. — Die Verdampfungskraft des Kessels ist demnach nach der Querschnittsfläche des Kanals verschieden?

A. — Die Verdampfungskraft ist wie die Quadratwurzel der Kanalfläche verschieden, wenn die Länge des Kanals dieselbe bleibt; wenn aber die Länge des Kanals in demselben Verhältniß zunimmt wie die übrigen Dimensionen, so findet die Veränderung nur in einem einfachen Verhältniß statt. Die Verdampfung eines Kessels hängt von der Größe der Heizfläche ab und die Größe der Heizfläche irgend eines Kanals oder einer Röhre ist proportional dem Product aus der Länge der Röhre und der Quadratwurzel ihrer Querschnittsfläche, multiplicirt mit einer gewissen Größe, die für jede besondere Form constant ist. Bei gleichen Röhren verhält sich aber die Länge wie die Quadratwurzel des Querschnitts; daher also die Größe der Heizfläche proportional der Querschnittsfläche ist. Von dieser Fläche hängt also die Menge der warmen Luft ab, die durch den Kanal strömt, wobei man annimmt, daß die Stärke des Zuges dieselbe bleibt, und die Menge der warmen Luft oder des Rauches, die durch den Kanal zieht, muß in demselben Verhältniß verschieden sein, wie die Größe der Flächen.

96. F. — Wenn demnach ein Dampfkessel die vierfache Kraft haben soll, so muß er auch eine vierfach größere Ausdehnung der Heizfläche, so wie einen vierfach größern Querschnitt des Kanals zum Durchströmen der Luft haben?

A. — Ja wohl; und wenn dieselbe Form des Kanals beibehalten werden soll, so muß er den doppelten Durchmesser und die doppelte Länge haben, oder bei einem quadratischen Durchchnitt die doppelte Höhe und Weite und die doppelte Länge. Da nun der Durchmesser oder die Quadrat-

wurzel der Oberfläche in demselben Verhältniß zunimmt wie die Länge, so muß die Quadratwurzel der Fläche mit der Länge dividirt, bei jeder Art von Kesseln eine constante Größe sein, um dieselben Verhältnisse des Kanals beibehalten zu können. Bei wagenförmigen Kesseln, ohne innern Kanal, wird die Höhe in Zollen des den Kessel umgebenden Zuges, dividirt durch seine Länge in Fuß, fast 1 sein. Anstatt der Quadratwurzel der Oberfläche kann auch der wirkliche Perimeter oder der Umriß von demjenigen Theile des Querschnitts von dem Kanal, welcher bei der Dampferzeugung wirksam ist, genommen werden. Der wirkliche Perimeter aber, dividirt durch die Länge, muß bei ähnlichen Formen des Kanals und bei gleicher Geschwindigkeit des Zuges eine constante Größe sein, sei auch die Größe des Zuges welche sie wolle. Nun ist es klar, daß bei irgend einem gegebenen Kanalquerschnitt, sobald durch Annahme einer verschiedenen Form der Perimeter verlängert wird, auch die Länge des Kanals vermindert werden muß; und umgekehrt, wenn man die Ausdehnung des Perimeters vermindert, der Kanal länger gemacht werden muß, indem es sonst unmöglich ist, die erforderliche Größe der Heizfläche zu erlangen. Bei den Watt'schen wagenförmigen Kesseln beträgt die Querschnittsfläche des Kanals in Quadratollen, auf den Quadratfuß der Heizoberfläche, 4,5 bei einer Maschine von 2 Pferdekraften, bei 3 Pferdekraften 4,74, bei 4 Pferdekraften 4,35, bei 6 Pferdekraften 3,75, bei 8 Pferdekraften 4,38, bei 10 3,96, bei 12 3,63, bei 18 3,17, bei 30 2,52 und bei dem Kessel einer Maschine von 45 Pferdekraften 2,05 Quadratoll. Nimmt man die Heizfläche bei einem Kessel von 45 Pferdekraften zu 9 Quadratfuß auf die Pferdekraft an, so erhält man 18 Quadratoll Querschnittsfläche des Kanals auf die Pferdekraft, und dies ist auch das Verhältniß Watt's bei Schiffsdampfmaschinen mit innern Kanälen.

97. §. — Wenn die Zunahme des Perimeters von

einem Kanal die Länge desselben vermindert, muß alsdann nicht ein Röhrenkessel, bei welchem das Perimeter sehr ausgedehnt ist, nur kurze Röhren haben?

A. — Der Kanal des Dampfschiffes Nil würde, wenn er eine cylindrische Form erhalten sollte, einen Durchmesser von $35\frac{1}{2}$ Zoll haben müssen, um die gleiche Oberfläche zu behalten; er müßte aber alsdann $47\frac{3}{4}$ Fuß lang werden, wenn er dieselbe Heizfläche beibehalten sollte. Nehmen wir nun an, daß mit diesen Verhältnissen die Wärme hinlänglich dem Rauche entzogen wird, so müßte jede Röhre eines Röhrenkessels mit demselben Zuge fast dieselben Verhältnisse haben. Danach müßte eine Röhre 3 Zoll im Durchmesser ungefähr 4 Fuß lang sein, wobei noch vorausgesetzt werden muß, daß die Leitungsfähigkeit der metallischen Oberfläche, durch welche die Hitze hindurchströmt, in allen Fällen gleich sei. Da aber das Metall enger Röhren dünner ist als das der weiten Kanäle, so muß es eine größere Leitungsfähigkeit besitzen, so daß eine 3zöllige Röhre kürzer als 4 Fuß sein kann, vorausgesetzt, daß der Zug derselbe bleibt, als er bei einer Oberfläche von 18 Quadrat Zoll für eine Pferdekraft sein muß. Wenn die geringe Dicke des Metalles, welche bei einer röhrenförmigen Gestalt angewendet werden kann, die Wirksamkeit der Heizfläche in demselben Verhältniß steigern kann, wie es bei viereckigen Kanälen der Fall ist, so braucht eine dreizöllige Röhre nur $\frac{3}{4}$ Fuß lang zu sein, und es würde gar keinen Nutzen haben, ihre Länge über diesen Punkt auszudehnen. Es muß aber dabei vorausgesetzt werden, daß ein Kessel mit Kanälen solche Verhältnisse habe, daß in derselben Zeit, in welcher die heiße Luft die Länge von $\frac{3}{4}$ Fuß Röhren durchströmt, die Wärme der Luft so entzogen sei, als es für gewöhnliche Kessel zweckmäßig erscheint. Gewöhnlich sind die Röhrenkessel etwa $6\frac{1}{2}$ Fuß lang; damit aber diese größere Länge auf die Dampferzeugung Einfluß habe, muß der Zug fast doppelt so groß sein als bei Kanalkesseln, die

eine Querschnittsfläche von 18 Quadrat Zoll auf die Pferdekraft haben; oder mit andern Worten, es muß die Querschnittsfläche der Röhrenkessel 9 Quadrat Zoll bei der oben angegebenen Länge nicht wesentlich übersteigen. Je enger die Röhren sind, je kürzer müssen sie auch sein, oder einen um so geringern Querschnitt haben; und mit einem Querschnitt von 10 Quadrat Zoll auf die Pferdekraft ist es gar nicht vortheilhaft, daß ihre Länge den 26 — 32-fachen Durchmesser übersteigt, wobei die Röhren $6\frac{1}{2}$ bis 8 Fuß lang werden müssen, wenn ihr Durchmesser 3 Zoll, und die Heizfläche der Röhren auf die Pferdekraft 7,4 — 8 Quadratfuß beträgt. Wird die Querschnittsfläche auf die Pferdekraft größer gemacht, so muß auch die Länge der Röhren in demselben Verhältniß vermindert werden; denn die Geschwindigkeit des Zuges ist mit der Querschnittsfläche der Röhre auf die Pferdekraft verschieden, und von der Geschwindigkeit des Zuges muß die Länge abhängen. Bei Locomotivkesseln, die einen sehr starken Zug haben müssen, wendet man lange Röhren an; es ist jedoch zweckmäßiger, die Röhren nur mäßig lang und den Zug mäßig stark zu machen, denn wenn durch irgend einen Proceß ein starker Zug unterhalten wird, so geht auch die Kraft verloren. Wenn übrigens mit der Aussicht, den Zug sehr zu vermindern, ein Verhältniß der Querschnittsfläche erlangt wird, der sich dem der Kanalkessel nähert, so erhält man ein ungenügendes Resultat, indem alsdann der Rauch nur durch wenige Röhren strömt und die übrigen unwirksam zurückläßt. Obgleich man diesen Fehler durch einen theilweisen Verschluß der Röhrenenden, oder durch Verschluß des Schiebers verbessern kann, so bleibt der Betrieb eines solchen Kessels doch immer mangelhaft. Die Länge der Röhren multiplicirt mit ihrem Durchmesser und dividirt mit der Fläche ist eine constante Größe, sowohl bei Kanal- als auch bei Röhrenkesseln, oder die Größe nähert sich wenigstens einer Constante; und wenn

irgend eins von den Elementen gegeben ist, so kann man die übrigen Größen leicht mit Hülfe des Verhältnisses berechnen, und man muß nur die Vorsicht anwenden, diejenigen Verhältnisse zu berücksichtigen, welche die Praxis anerkannt hat.

98. F. — Es wurde bemerkt, daß der räumliche Inhalt der Speisepumpe $\frac{1}{240}$ von dem des Dampfcylinders bei Condensationsmaschinen sei — indem die Maschine doppelt wirkend und die Pumpe einfach wirkend —, und daß bei Hochdruckmaschinen die Räumlichkeit der Pumpe wegen des höhern Druckes von dem Dampf größer sein müsse. Gibt es nun eine Regel, womit die Größe der Speisepumpe unter jedem Druck bestimmt werden kann?

A. — Die Entwicklung solch einer Regel hat gar keine Schwierigkeiten. Bei Niederdruckmaschinen kann man den Druck in dem Kessel zu 5 Pfd. über den atmosphärischen oder zusammen zu 20 Pfd. annehmen; und da Hochdruckdampf nichts anders als Niederdruckdampf ist, der in einen kleinen Raum gezwängt ist, so muß die Größe der Speisepumpe, im Verhältniß zu der Größe des Cylinders, ganz offenbar in geradem Verhältniß des Druckes verschieden sein, und da sie $\frac{1}{240}$ von der Räumlichkeit des Cylinders bildet, wenn der ganze Druck des Dampfes 20 Pfd. beträgt, so muß er $\frac{1}{120}$ von dem Inhalt des Cylinders ausmachen, wenn der Druck 40 Pfd. auf den Quadratzoll beträgt, oder 25 Pfd. über dem atmosphärischen. Dieses Gesetz der Veränderung wird durch folgende Regel ausgedrückt: man multiplicire die Räumlichkeit des Cylinders in Cubikzollen mit dem ganzen Druck des Dampfes in Pfunden auf den Quadratzoll, oder mit dem Druck auf den Quadratzoll an dem Sicherheitsventil, plus 15, und dividire das Product durch 4800; der Quotient ist die Räumlichkeit der Speisepumpe in Cubikzollen, wenn sie doppelt wirkend und die Maschine doppelt wirkend ist. Ist dagegen die Speisepumpe doppelt wirkend und die Ma-

schine selbst einfach wirkend, so muß der räumliche Inhalt der Pumpe die Hälfte von dem in der Regel angegebenen betragen.

99. F. — Wie bestimmt man die Kraft der Hochdruckmaschine?

A. — Die wirkliche Kraft wird sehr leicht, mittelst des Indicators auf dieselbe Weise bestimmt, wie die wirkliche Kraft der Niederdruckmaschinen. Die Reibung einer unbelasteten Locomotive ist durch Versuche zu ungefähr 1 Pfd. auf den Quadratzoll der Kolbenoberfläche gefunden, und die übrige Reibung, welche der andere Widerstand veranlaßt, zu ungefähr 0,14 der Belastung. — Bei Hochdruckmaschinen wird man aber der Wahrheit sehr nahe kommen, wenn man für die von der Friction verbrauchte Kraft $1\frac{1}{2}$ Pfd. von dem Druck abzieht, wie es auch bei den Niederdruckmaschinen geschieht. Hochdruckmaschinen haben freilich keine Luftpumpe zu bewegen; allein ein Abzug von $1\frac{1}{2}$ Pfd. des Drucks ist verhältnißmäßig weit weniger bei hohem Druck, als wenn derselbe den atmosphärischen nicht viel übersteigt. Daher ist die Regel für die wirkliche Pferdekraft einer Hochdruckmaschine die folgende: man erhebe den Cylinderdurchmesser in Zollen ins Quadrat, multiplizire die Zahl mit dem Druck des Dampfes in dem Cylinder auf den Quadratzoll, weniger $1\frac{1}{2}$ Pfd., so wie auch mit der Kolbengeschwindigkeit in Fuß, in der Minute, und dividire durch 42,017; der Quotient ist die wirkliche Pferdekraft.

100. F. — Wie bestimmt man aber die nominelle Pferdekraft?

A. — Die nominelle Pferdekraft einer Hochdruckmaschine ist nie definiert worden; jedoch hat sie ganz offenbar dasselbe Verhältniß zu der wirklichen Pferdekraft, wie es bei den Condensationsmaschinen stattfinden wird, so daß eine Maschine von einer gegebenen Nominalkraft fähig ist, dieselbe Arbeit zu leisten, mag sie nun Hochdruck- oder

Condensationsmaschine sein. Dieses Verhältniß ist in der folgenden Regel enthalten, welche die nominelle Pferdekraft der Hochdruckmaschinen ausdrückt: man multiplicire das Quadrat des Cylinderdurchmessers in Zollen mit dem Druck auf den Kolben in Pfunden und auf den Quadrat Zoll, so wie mit der Kolbengeschwindigkeit in Fuß und in der Minute und dividire das Product mit 120,000; der Quotient ist die Kraft der Maschine in nominellen Pferdekraften. Wenn der Druck auf den Kolben 80 Pfd. auf den Quadrat Zoll beträgt, so kann man die Berechnung dadurch abkürzen, daß man das Quadrat des Cylinderdurchmessers mit der Kolbengeschwindigkeit multiplicirt und mit 1500 dividirt, welches dasselbe Resultat geben wird.

101. F. — Diese Regel für die nominelle Pferdekraft drückt übrigens die Dimension des Cylinders nicht aus. Hat man nun nicht eine Regel für die Nominalkraft der Hochdruckmaschinen, welche das Element der Geschwindigkeit gänzlich unberücksichtigt läßt, und welche, wie in der schon angegebenen Regel für die nominelle Kraft der Niederdruckmaschine, nur die Dimensionen der Maschine ausdrückt?

A. — Das ist sehr leicht, wenn man einen unveränderlichen Dampfdruck hätte; da aber in verschiedenen Maschinen auch ein verschiedener Druck stattfindet, so muß auch der Druck ein Element der Rechnung sein. Die Regel für die nominelle Kraft ist daher die folgende: man multiplicire das Quadrat des Cylinderdurchmessers in Zollen mit dem Druck auf dem Kolben in Pfunden auf dem Quadrat Zoll, so wie auch mit der Cubikwurzel des Hubes in Pfunden, und es wird der Quotient die Kraft der Maschine in nominellen Pferdekraften sein, wobei angenommen wird, daß die Maschine mit der gewöhnlichen Geschwindigkeit von der 128fachen Cubikwurzel des Hubes arbeitet.

102. F. — Ist diese Größe von der 128fachen Cubikwurzel des Hubes in Fuß und in der Minute die gewöhnliche Geschwindigkeit aller Maschinen?

A. — Locomotiven bewegen sich mit einer weit größern Geschwindigkeit, welche aber durchaus nicht die Folge einer wissenschaftlichen Deduction, sondern das nothwendige Erforderniß des Eisenbahntransports ist. Alle übrigen Maschinen aber arbeiten ohngefähr mit der Geschwindigkeit von der 128fachen Cubikwurzel des Hubes in Fuß. Condensationsmaschinen können bei ihrer jetzigen Bauart nicht schneller arbeiten, indem die Luftpumpenventile sich schwer bewegen lassen, und bei einer großen Geschwindigkeit sich zu bald abnutzen. Um die Stöße zu mildern, wenn eine größere Geschwindigkeit der Maschinen erforderlich ist, wie z. B. bei den Schraubendampfschiffen, welche kein Zwischengeschirr haben, werden Segeltuchventile bei den Luftpumpen angewendet, die auf durchbrochenen Metallplatten liegen — indem die Falten des Segeltuches mit Kautschuk zusammen verbunden, oder mit kupfernen Nieten vereinigt sind, und indem man soviel Falten übereinanderlegt, daß ein solches Ventil über $\frac{1}{2}$ Zoll dick wird. Obgleich nun Ventile dieser Art das Geräusch und die Erschütterungen vermindern, so nutzen sie sich doch sehr rasch ab, so daß ihre häufige Auswechslung nothwendig wird. Es ist übrigens sehr wünschenswerth, daß dieses Hinderniß gänzlich überwunden werde, da dies nicht allein von Wichtigkeit bei den unmittelbar wirkenden Dampfmaschinen der Schraubendampfschiffe, sondern auch für alle solche Maschinen ist, die bei bedeutender Kraft mit großer Geschwindigkeit arbeiten müssen. Der zweckmäßigste Weg, um bei Condensationsmaschinen einen raschen Betrieb möglich zu machen, scheint die Anwendung von Schieberventilen bei der Luftpumpe zu sein, statt daß jetzt nur solche Ventile in Anwendung stehen, welche durch den Druck in der Pumpe bewegt werden, und auch indem man die Condensation in der Luftpumpe und nicht in dem Condensator bewirkt, wodurch die Luftpumpenventile veranlaßt werden, mit wenig Geräusch und großer Geschwindigkeit zu arbeiten, und wodurch der Conden-

sator ganz unnöthig wird. Maschinen von dieser Einrichtung können eine vierfach größere Geschwindigkeit haben, wie die gewöhnlichen, auch werden die Constructionskosten starker Maschinen sehr vermindert und sind im Stande, auf einen weit kleinern Raum beschränkt zu werden. Außerdem wird die Bewegung gleichförmiger, und ist für die Zwecke der meisten Maschinen mit rotirender Bewegung geeigneter. Selbst zur Wasserhaltung in Bergwerken, so wie auch zum Betriebe von Hohofengebläsen kommen Maschinen dieser Art in Gebrauch, zumal sie mehr als andere Maschinen zum Betriebe der Centrifugalpumpen geeignet sind, die in manchen Fällen zur Wasserhebung zweckmäßiger erscheinen, als andere Pumpen. Endlich lassen sie sich auch sehr zweckmäßig zum Betrieb der Windradgebläse oder Ventilatoren anwenden. Wenn diese Gebläse so eingerichtet sind, daß die von dem einen verdichtete Luft zur Speisung eines andern angewendet wird, und so fort durch eine Reihe von 4 bis 5 Gebläsen der Art, so ist man dahin gelangt, Wind von einem Druck von $2\frac{1}{2}$ Pfd. auf den Quadratzoll in den Ofen zu treiben, und zwar von weit gleichförmigerer Beschaffenheit, als ein Cylindergebläse mit Regulator giebt.

103. F. — Wenn nun durch diese Veränderung der Luftpumpe eine 4fach größere Geschwindigkeit der Maschine veranlaßt wird, ist man alsdann auch im Stande, eine 4fach größere Kraft hervorzubringen?

A. — Ja wohl; jedoch muß dabei stets vorausgesetzt werden, daß fortwährend der nöthige Dampf vorhanden sei. Die Nominalkraft dieser neuen Art von Maschinen, wenn sie mit Condensation und mit 4fach größerer Geschwindigkeit als gewöhnlich arbeiten, kann durch die folgende Regel bestimmt werden: — man multiplicire das Quadrat des Cylinderdurchmessers in Zollen mit der Cubikwurzel des Hubes in Fuß und dividire das Product mit 12. Der Quotient ist die Kraft der schnellgehenden Condensationsmaschine in nominellen Pferdekraften. Um die Nominal-

Kraft einer schnellgehenden Hochdruckmaschine zu bestimmen, multiplicire man das Quadrat des Cylinderdurchmessers mit dem Kolbendruck auf den Quadratzoll, weniger $1\frac{1}{2}$ Pfd., so wie mit der Cubikwurzel des Hubes in Fußen, und dividire das Product mit 235; der Quotient ist die Kraft der Hochdruckmaschine, die mit großer Geschwindigkeit betrieben wird, in nominellen Pferdekraften.

104. F. — Die mit großer Geschwindigkeit betriebenen Maschinen dürfen auch wohl kein so schweres Schwungrad haben als die gewöhnlichen?

A. — Nein; das Schwungrad ist leichter, sowohl wegen der größern Rotationsgeschwindigkeit, als auch weil der durch den Kolben mitgetheilte Impuls geringer ist und häufiger wiederholt wird, so daß er mehr die Bedingungen eines gleichförmigen Druckes hat. Um das Gewicht des gußeisernen Schwungradkranzes zu bestimmen, multiplicire man den mittlern Durchmesser des Kranzes mit der Anzahl von Umdrehungen in der Minute und erhebe das Product ins Quadrat, welches einen Divisor giebt. Man dividire die Anzahl der nominellen Pferdekraften der Maschine mit der Anzahl der Kolbenhübe in der Minute und multiplicire den Quotienten mit der ganzen constanten Zahl 5,000,000 und dividire das Product mit dem oben gefundenen Divisor. Der Quotient ist das Gußeisen in Cubikfüßen, welches zum Schwungradkranz erforderlich ist.

105. F. — Welches ist die größte Geschwindigkeit, mit der ein gußeisernes Schwungrad umgetrieben werden kann, ohne daß es durch die Centrifugalkraft auseinander gerissen wird?

A. — Die Geschwindigkeit des Kranzes darf 60 Fuß in der Secunde nicht übersteigen und bei dieser Geschwindigkeit beträgt die zerreißende Kraft 1100 Fuß auf den Quadratzoll Durchschnitt, wenn man die durch die Arme veranlaßte Verstärkung unberücksichtigt läßt. Bei Maschinen,

die Eisenwalzwerke in Bewegung setzen, wird das Schwungrad gewöhnlich mit einer großen Geschwindigkeit umgetrieben, und es müssen daher die Kranzstücke unter einander und mit den Armen sehr fest verbunden sein, damit keine Zerreißen stattfinden. Am besten ist es in diesem Fall, den Kranz aus einem Stück zu gießen und schmiedeeiserne Arme anzuwenden.

106. F. — Wird der Dampf nicht durch ein Schieberventil in den Cylinder zugelassen und von demselben abgeschlossen?

A. — Ja wohl; und da giebt es sehr viele verschiedene Arten von Schieberventilen, und die am häufigsten in Anwendung stehenden sind die sogenannten D-Ventile, da sie in ihrem Querschnitt eine große Ähnlichkeit mit dem Buchstaben D haben. Eine andere gebräuchliche Art von Ventilen sind die mit drei Oeffnungen, welche aus einer Büchse von Messing bestehen, die über die beiden Oeffnungen in dem Cylinder gesetzt sind und noch eine dritte Oeffnung haben, durch welche der Dampf in die Atmosphäre oder in den Condensator strömt. Die Länge der Büchse ist aber so eingerichtet, daß sie nur eine von den Oeffnungen des Cylinders bedeckt, so wie auch die mittlere oder Ausströmungsöffnung. Die auf- und niedergehende Bewegung des Ventils, welche von dem Excentrik bewirkt wird, hat also den Zweck, wechselsweise eine Verbindung zwischen der Cylinderöffnung und der Oeffnung zum Ausströmen des Dampfes herzustellen. Wenn nun der Dampf unterhalb des Kolbens ausströmt, so ist der Stand des Ventils so, daß eine freie Verbindung zwischen dem Raume über dem Kolben und dem Dampf des Kessels vorhanden ist. Dadurch wird der Kolben abwechselnd auf- und abwärts getrieben, und ehe er das Ende seines Hubes erreicht, hat das Ventil seine Stellung so verändert, daß der Druck während der Zeit auf die entgegengesetzte Seite des Kolbens ausgeübt wird, und er auch eine entgegengesetzte Bewegung machen

muß. Das Ventil bewegt sich nicht abwärts, wenn der Kolben abwärts geht, und eben so wenig abwärts, wenn er aufwärts geht; sondern es bewegt sich aus seiner mittlern Stellung bis zum Ende seines Zuges, und wieder zu seiner mittlern Stellung zurück, während der Kolben eine auf- oder niedergehende Bewegung macht; so daß also die Bewegung des Ventils gewissermaßen rechtwinklig auf der des Kolbens steht. Oder es ist dieselbe Bewegung, die der Kolben einer andern Maschine, deren Kurbel eine rechtwinklige Stellung zu der der ersten Maschine hat, haben würde.

107. F. — Was versteht man unter dem Voreilen des Ventils?

A. — Die Größe der Oeffnung des Ventils zur Admission des Dampfes, wenn der Kolben seinen Hub soeben begonnen hat. Man hat es nämlich für zweckmäßig befunden, daß das Ventil etwas geöffnet sei, um den Dampf auf die entgegengesetzte Seite des Kolbens strömen zu lassen, ehe dessen Hub vollendet ist, und die Größe dieser Oeffnung, welche man dadurch erlangt, daß man das Excentrif mehr oder weniger auf der Welle umdreht, nennt man das Voreilen oder Voraneilen.

108. F. — Was versteht man unter Bedeckung des Ventils?

A. — Es ist eine gewisse Verlängerung der Ventilfläche über die Oeffnung hinaus, wodurch die Oeffnung früher verschlossen werden kann, als es sonst der Fall sein würde. Diese Vergrößerung des Schiebers findet hauptsächlich an demjenigen Theile statt, wo der Dampf einströmt, oder auf der Dampfseite des Ventils, wie der technische Ausdruck ist. Der Zweck der Bedeckung ist der, die Oeffnung zum Ausströmen des Dampfes vor dem Ende des Hubes abzuschließen, so daß die Maschine auf diese Weise mit einer geringern Expansion wirkt. In manchen Fällen wird aber auch die Bedeckung der Ausströmungs-

seite ertheilt, um ein zu baldiges Ausströmen zu verhindern, wenn das Boreilen groß ist. In allen Fällen findet übrigens eine weit größere Bedeckung an der Ausströmungs- als an der Dampfseite statt, und sehr oft hat man gar keine, und zuweilen noch weniger als keine, so daß das Ventil nicht im Stande ist, beide Oeffnungen auf einmal zu bedecken. Der gewöhnliche Zug des Ventils bei rotirenden Maschinen beträgt die doppelte Breite der Oeffnung, und die Länge der Ventilfläche wird alsdann genau die Breite der Oeffnung haben, wenn weder an der Dampf- noch an der Ausströmungsseite eine Bedeckung stattfindet. Die Bedeckung mag also sein, wie sie will, so muß man die Ventilfläche gerade um so viel länger machen. Bei manchen Maschinen ist übrigens der Zug des Ventils viel bedeutender, als die doppelte Breite der Oeffnung; und der Zug des Ventils ist es, durch welche man die Größe der Bedeckung messen kann.

109. F. — Kann man bestimmen, welche Größe der Bedeckung irgend einen gegebenen Grad der Expansion hervorbringen wird?

A. — Ja, wenn man den Zug des Ventils kennt. Von der Länge des Kolbenzuges ziehe man denjenigen Theil des Ventilzuges ab, der vollendet wird, ehe man den Dampf abschließt; man dividire den Rest mit der Länge des Kolbenzuges und ziehe die Quadratwurzel aus dem Quotienten. Denselben multiplicire man alsdann mit dem halben Ventilzuge und von dem Product nehme man die Hälfte des Boreilens; der Rest wird die erforderliche Bedeckung sein. Und um zu finden, wie weit von dem Ende des Zuges die Ausströmungsöffnung verschlossen werden muß, verfährt man auf folgende Weise: — Zu der Bedeckung auf der Dampfseite addire man das Boreilen, und dividire die Summe durch die Hälfte des Zuges von dem Ventil; man findet den Bogen, dessen Sinus gleich dem Quotienten ist, und addire 90° dazu. Man dividire die Bedeckung an der Ausströmungsseite durch den halben Ventilzug und

findet auf diese Weise den Bogen, dessen Cosinus gleich dem Quotienten ist. Man subtrahire diesen Bogen von dem vorher erhaltenen, wodurch man den Cosinus des Restes findet. Man subtrahire diesen Cosinus von 2 und multiplicire den Rest mit dem halben Kolbenzug. Das Product ist die Entfernung des Kolbens von dem Ende des Zuges, wenn die Ausströmungsöffnung verschlossen ist. Um zu finden, wie weit der Kolben von dem Ende seines Zuges entfernt ist, wenn der ihn durch Expansion treibende Dampf in den Condensator oder in die Atmosphäre entweichen kann, verfährt man wie folgt: — Zu der Bedeckung an der Dampfseite setze man das Boreilen, dividire die Summe mit dem halben Zuge des Ventils und suche den Bogen, dessen Sinus gleich dem Quotienten ist. Man suche den Bogen, dessen Sinus gleich der Bedeckung an der Ausströmungsseite, dividirt durch den halben Zug des Ventils. Man addire diese beiden Bogen zusammen und ziehe 90° davon ab; man sucht den Cosinus des Restes, ziehe ihn von 1 ab und multiplicire das Bleibende mit dem halben Kolbenzuge; das Product ist die Entfernung des Kolbens vom Ende seines Hubes, wenn der ihn treibende Dampf in die Atmosphäre oder den Condensator entweichen kann. Bei Anwendung dieser Regeln muß man alle Dimensionen in Zollen nehmen, so wie die Antworten ebenfalls in Zollen gefunden werden.

110. F. — Bis zu welcher Ausdehnung kann die Expansion durch die sogenannte Bedeckung des Ventils geführt werden?

A. — Bis zu ungefähr einem Drittel des Zuges oder Hubes, d. h. man muß dem Ventil so viel Bedeckung geben, daß der Dampf abgeschlossen werden wird, sobald der Kolben $\frac{1}{3}$ seines Laufes vollendet hat, indem das Uebrige durch die Wirkung des sich expandirenden Dampfes bewirkt wird. Wenn man aber mehr Bedeckung giebt, als diesem Grade der Expansion entspricht, so wird eine sehr unregelmäßige

Wirkung veranlaßt, welche sich auch auf die Arbeitsmaschine ausdehnt. Wenn eine größere Expansion gegeben werden soll, so wird sie durch frühere Absperrung des Dampfes, oder durch eine solche Verengung der Dampföffnung bewirkt, daß der Druck im Cylinder abnehmen muß, sobald die Kolbengeschwindigkeit beschleunigt wird, wenn er ungefähr auf der Mitte des Hubes ist. Wenn z. B. das Ventil eine solche Einrichtung hat, daß der Dampf abgeschlossen wird, sobald der Hub $\frac{2}{3}$ vollendet hat, und der Dampf zu gleicher Zeit in der Dampfrohre abgesperrt wird, so kann der volle Druck des Dampfes in dem Cylinder nur zu Anfang des Hubes erlangt werden, wo der Kolben langsam geht; denn da die Kolbengeschwindigkeit steigt, so vermindert sich der Druck nothwendig, bis daß der Kolben das andere Ende des Cylinders erreicht, wo sich der Druck wieder hebt, aber die Wirkung der Bedeckung des Ventils während dessen war die, die Verbindung zwischen dem Cylinder und der Dampfrohre abzuschließen, so daß kein Dampf mehr einströmen konnte. Wird also der Dampf auf die hier angegebene Weise durch die Drosselklappe oder den Regulator zum Theil abgesperrt, so wird die Größe der Expansion, die von der Bedeckung herrührt, verdoppelt, so daß eine Maschine mit hinreichender Bedeckung des Ventils, um den Dampf bei $\frac{2}{3}$ des Zuges abzuschließen, mit Hilfe eines Drahtzuges wirklich in den Stand gesetzt ist, den Dampf bei einem Drittel des Hubes abzusperren. Die gewöhnliche Art und Weise der Dampfabspernung wird durch ein besonderes Ventil, das sogenannte Expansionsventil bewirkt; bei gewöhnlichen Maschinen ist aber eine solche Einrichtung kaum nöthig. Bei den Cornwalliser Maschinen, bei denen der Dampf in einigen Fällen bei $\frac{1}{12}$ des Hubes abgesperrt wird, ist ein besonderes Ventil für die Admission des Dampfes außer demjenigen, welches sein Ausströmen gestattet, unerläßlich; bei gewöhnlichen Rotationsmaschinen aber, welche die Expansion durch Drehung des Regulators

bewirken, ist ein besonderes Expansionsventil nicht erforderlich.

111. F. — Welche Größe giebt man der Oeffnung des Sicherheitsventils, durch welche der Dampf entweichen kann?

A. — Ungefähr 0,8 eines Kreiszollens auf die Pferdekraft bei Condensationsmaschinen, oder einen Kreis Zoll auf $1\frac{1}{4}$ Pferdekraft. Die folgende Regel giebt übrigens die zweckmäßigen Dimensionen für alle Arten von Maschinen an, ob mit Niederdruck oder Hochdruck arbeitend: man multiplicire das Quadrat in Zollen des Cylinderdurchmessers mit der Kolbengeschwindigkeit in der Minute in Fuß ausgedrückt, und dividire das Product mit dem 375fachen Druck im Kessel auf den Quadrat Zoll, so erhält man als Quotienten den Querschnitt des Sicherheitsventils in Quadrat zollen. Man muß aber bei dieser Regel voraussetzen, daß die verdampfende Oberfläche im richtigen Verhältniß zu der Maschinenkraft steht.

112. F. — Können die besondern Dimensionen der Luftpumpe und des Condensators, so wie die der Dampföffnungen bestimmt werden?

A. — Watt gab der Luftpumpe seiner Maschinen den halben Durchmesser und den halben Hub des Dampfeylinders, oder $\frac{1}{8}$ von dem räumlichen Inhalt, und dem Condensator gab er gewöhnlich etwa dieselbe Größe wie der Luftpumpe. Da aber in allen neuern Maschinen der Druck gesteigert worden ist, so ist es zweckmäßiger, der Luftpumpe etwas größere Verhältnisse zu geben. 0,6 von dem Cylinderdurchmesser und der halbe Hub des Cylinders sind sehr entsprechende Verhältnisse, und den Condensator mache man so groß, als es die Umstände gestatten, obgleich dieselbe Größe wie die Luftpumpe hinreichend ist. Die gewöhnliche Größe der Dampföffnungen und des Cylinders beträgt $\frac{1}{25}$ seines Querschnitts, oder $\frac{1}{5}$ seines Durchmessers, welches auf dasselbe herauskommt. Dieses Verhältniß ent-

spricht ziemlich genau dem eines Quadratzolles auf die Pferdekraft, wenn die Länge des Cylinders etwa gleich seinem Durchmesser ist, und ein Quadratzoll Querschnitt auf die Pferdekraft für die Oeffnungen, durch welche der Dampf in den Cylinder einströmt, entspricht der gewöhnlichen Geschwindigkeit der Maschinen von 220 Fuß in der Minute sehr gut. Der Querschnitt der Dampfrohre ist gewöhnlich geringer, als der der Ausströmungsrohre, besonders wenn die Maschine mit Expansion und mit einem bedeutenden Dampfdruck arbeitet. Bei gewöhnlichen Condensationsmaschinen übrigens, die mit dem gewöhnlichen Druck von 4—8 Pfd. über dem atmosphärischen arbeiten, beträgt der Querschnitt der Dampfrohre nicht weniger als einen Kreis Zoll auf die Pferdekraft. Bei solchen Maschinen kann der Durchmesser der Dampfrohre durch die folgende Regel gefunden werden: Man dividire die Anzahl der nominellen Pferdekräfte mit 0,8 und ziehe die Quadratwurzel aus dem Quotienten, wodurch man den innern Durchmesser der Dampfrohre findet. Die Oberfläche der Einströmungsöffnung muß etwa $\frac{1}{15}$ Quadratzoll auf die nominelle Pferdekraft betragen, allein der Querschnitt der Einströmungsrohre muß etwas größer sein. $\frac{1}{10}$ Kreis Zoll auf die Pferdekraft ist sehr zweckmäßig, oder man kann den Durchmesser der Einströmungsrohre dadurch bestimmen, daß man die nominelle Pferdekraft mit 10 dividirt und durch Ausziehung der Quadratwurzel aus dem Quotienten den Durchmesser in Zollen erhält. Der Querschnitt der Fuß- oder Ausströmungsventile wird gewöhnlich gleich einem Viertel von dem Querschnitt der Luftpumpe gemacht, und der Durchmesser der Rohre, welche das Condensationswasser herbeiführt, gleich $\frac{1}{4}$ von dem Durchmesser des Cylinders, welches einen etwas geringern Querschnitt als den des Entleerungsventils giebt.

113. F. — Durch welche Berechnungen gelangt man zu diesen Verhältnissen?

U. — Die Größe der Dampfrohre ist so regulirt, daß keine wesentliche Angleichheit des Drucks zwischen Cylinder und Kessel stattfindet, und bei Bestimmung der Größe der Ausströmungsöffnung muß dasselbe berücksichtigt werden. Kennt man den Cylinderdurchmesser und die Kolbengeschwindigkeit, so ist es leicht, die Geschwindigkeit der Dampfrohre zu finden; denn wenn der Cylinderquerschnitt 25mal größer als der der Dampfrohre ist, so muß der Dampf in der Dampfrohre 25mal geschwinder als der Kolben gehen, und der Unterschied des Drucks, welcher zur Hervorbringung dieser Geschwindigkeit erforderlich ist, kann leicht dadurch bestimmt werden, daß man die Höhe der Dampfssäule bestimmt, so wie auch deren Geschwindigkeit, Gewicht oder Druck. Der Querschnitt der Einströmungsöffnung auf die Pferdekraft kann leicht bestimmt werden, wenn die zur Verdichtung des Dampfes erforderliche Wassermenge bekannt ist, so wie auch der Druck, unter welchem das Wasser in den Condensator tritt. Die Luftleere in dem Condensator kann zu 26 Zoll Quecksilber angenommen werden, welche gleich einer Wassersäule von 29,4 Fuß Höhe ist, und die Quadratwurzel von 29,4 multiplicirt mit 8,021, ist 43,15, und dies ist die Geschwindigkeit in Fuß in einer Secunde, mit welcher ein schwerer Körper beim Fallen 29,4 Fuß erreicht, oder womit das Wasser in den Condensator tritt. Wenn nun 1 Cubikfuß Wasser, welches in der Stunde verdampft ist, gleich einer wirklichen Pferdekraft gerechnet wird, und 28,9 Cubikzoll Wasser erforderlich sind, um 1 Cubikzoll Wasser in der Form von Dampf zu verdichten, so werden 28,9 Cubikfuß Condensationswasser auf die wirkliche Pferdekraft in der Stunde oder 13,905 Cubikzoll in der Secunde erforderlich, und es wird die Größe der Injectionsöffnung eine solche sein müssen, daß dies Wasser mit einer Geschwindigkeit von 43,15 Fuß in der Secunde strömt, oder es werden 517,8 Zoll in der Secunde in den Condensator gelangen. Man

dividire daher 13,905, d. h. die Cubikzollmenge, welche eingespritzt worden, mit 517,8 der Geschwindigkeit des Einströmens in Zollen auf die Secunde, so erhalten wir 0,02685 für den Querschnitt der Oeffnung in Quadrat Zoll. Da aber durch Versuche gefunden ist, daß die wirkliche Ausströmung von Wasser durch eine Oeffnung in einer dünnen Platte, wegen der Zusammenziehung des Strahls, nur $\frac{6}{10}$ von der theoretischen Ausströmung beträgt, so muß der Querschnitt der Oeffnung im Verhältniß einer solchen Verminderung des Ausflusses zunehmen oder gleich 0,04475, oder gleich $\frac{1}{22}$ von einem Quadrat Zoll auf die Pferdekraft gemacht werden. Dies ist der Querschnitt, der für die wirkliche Pferdekraft erforderlich ist; in den meisten neuern Maschinen wird aber mehr als ein Cubikfuß Wasser in der Stunde auf die nominelle Pferdekraft verdampft, und es ist daher für zweckmäßig erkannt, die Injectionsöffnung $\frac{1}{3}$ größer als den Querschnitt für die wirkliche Pferdekraft, oder $\frac{1}{15}$ Quadrat Zoll auf die nominelle Pferdekraft, wie bereits bemerkt worden, zu machen.

114. F. — Wenn das angeführte Verhältniß zwischen dem Querschnitt der Dampföffnung und der Kolbengeschwindigkeit existirt, muß alsdann die Oeffnung bei einem sehr schnellen Gange der Maschine größer sein?

A. — Die Oeffnungen werden auch so eingerichtet. Die Oberfläche der Locomotivenöffnungen haben gewöhnlich solche Verhältnisse, daß sie $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{8}$ von der Cylinderquerschnittsfläche bilden — ja in manchen Fällen beträgt es sogar $\frac{1}{6}$. Bei allen Dampfmaschinen, die mit einer großen Geschwindigkeit arbeiten, müssen die Oeffnungen für den Durchgang des Dampfes sehr groß sein und die Ventile müssen daher eine bedeutende Bewegung haben. Der Querschnitt der Dampföffnungen, die für neuere Maschinen jeder Art anwendbar sind, läßt sich durch folgende Regel bestimmen: — man multiplicire den Cylinderquer-

schnitt in Quadratzollen, mit der Kolbengeschwindigkeit in Fuß in der Minute, und dividire das Product mit 4000; der Quotient ist der Querschnitt jeder Cylinderöffnung in Quadratzollen. Diese Regel giebt mehr als einen Quadratzoll Oeffnung auf die nominelle Pferdekraft von Condensationsmaschinen, die eine gewöhnliche Geschwindigkeit haben; jedoch ist der Ueberschuß nur gering und auf der rechten Seite. Bei Locomotiven geht die Ausflußröhre in die Esse, und die Geschwindigkeit des ausströmenden Dampfes veranlaßt einen starken Zug durch den Ofen. Die Oeffnung dieses Ausströmungs- oder Blaserohrs, wie man es nennt, ist bei einigen Maschinen sehr verengt, indem man dadurch den Zug zu verstärken sucht; allein ein Querschnitt von $\frac{1}{22}$ von dem des Cylinders ist ein gewöhnliches Verhältniß.

115. F. — Wenn nun der Querschnitt des Blaserohrs sehr vermindert wird, ist dann der ausströmende Dampf nicht ein bedeutender Widerstand für die Kolbenbewegung, und wird dadurch die Kraft der Maschine nicht bedeutend vermindert?

A. — Bei einer Geschwindigkeit des Zuges von 10 englischen ($2\frac{1}{4}$ deutschen) Meilen in der Stunde kann man den durch das Blaserohr veranlaßten Widerstand im Durchschnitt zu etwa 2 Pfd. auf den Quadratzoll annehmen, und dieser Widerstand steigt in geradem Verhältniß zu der Maschine. In einigen Fällen aber ist das Blaserohr so verengt, daß die Hälfte der Kraft der Maschine erforderlich ist, um den Dampf durch dasselbe zu treiben. Der Zweck dieser unverhältnißmäßigen Verengung ist eine Steigerung des Zuges in dem Ofen, und folglich eine Vermehrung der Dampfproduction; allein Maschinen, bei denen durch eine einzige Ursache so viel Dampf verloren geht, sind wegen einer unzureichenden Verdampfung gar nicht im Stande, die gehörige Leistung zu vollbringen. Der Zug steht im Verhältniß zu der Oberfläche des Feuerrostes,

und es ist daher weit zweckmäßiger, den letztern zu vergrößern, als den Zug zu verstärken. Der Querschnitt der Esse beträgt bei Locomotiven gewöhnlich $\frac{1}{10}$ von der Oberfläche des Kofes, und seine Höhe über der Ebene der Schienen darf nicht mehr als 14 Fuß betragen, weil sie sonst gegen Ueberbrückungen der Bahn stoßen würde. Eine gegebene Heizfläche bei Locomotivkesseln ist wirksamer, als eine gleiche Fläche bei andern Kesseln, da sie einer größern Hitze unterworfen ist. Wenn bei einer Geschwindigkeit von 20 englischen Meilen in einer Stunde eine Locomotive in einer Stunde und für jede 6 Quadratfuß Heizfläche 1 Kubikfuß Wasser verdampft, welches eine mittlere Leistung ist, so muß 1 Quadratfuß Heizfläche in einer Stunde und bei einer Geschwindigkeit von 20 Meilen in derselben Zeit 10,4 Pfd. Wasser verdampfen, und das Verhältniß wird fast wie die Biquadrat-Wurzel der Geschwindigkeit verschieden sein.

116. F. — Welches ist die Größe der zur Bewegung von Wagen auf den Eisenbahnen erforderliche Zugkraft?

A. — Auf gut eingerichteten Eisenbahnen und bei Wagen von guter Construction beträgt die durchschnittliche Zugkraft, bei geringen Geschwindigkeiten, ohngefähr $7\frac{1}{2}$ Pf. auf die Tonne, oder $\frac{1}{300}$ der Last, obgleich bei einigen Versuchen, bei denen eine große Sorgfalt angewendet wurde, um ein günstiges Resultat zu erlangen, die Zugkraft nur $\frac{1}{500}$ von der Last betrug. Bei geringen Geschwindigkeiten wird die ganze Zugkraft zur Ueberwindung der Reibung verwendet, und es besteht dieselbe theils aus der, welche die Abnutzung der Achsen, und theils aus der, welche die rollende Reibung veranlaßt, unter welcher letztern man die Hindernisse versteht, die sich den Rädern auf den Schienen entgegensetzen. Bei glatter Oberfläche ist die rollende Reibung sehr gering und übersteigt $\frac{1}{1000}$ der Last nicht. Auf gewöhnlichen, gut unterhaltenen Chaussees beträgt die

Zugkraft, die hauptsächlich die rollende Reibung zu überwinden hat, ohngefähr $\frac{1}{36}$ der Belastung.

117. F. — In Beziehung auf die Reibung ist schon bei der Beantwortung der 33. Frage bemerkt worden, daß die Reibung von Eisen auf Messing, welches geölt und dann wieder trocken gewischt worden sei, so daß keine Oelschicht dazwischen liege, ohngefähr $\frac{1}{11}$ von dem Druck betrage; daß aber bei im Betriebe stehenden Maschinen, bei denen eine Oellage zwischen den sich reibenden Flächen vorhanden ist, die Reibung nur ohngefähr $\frac{1}{3}$ von dem obigen Betrage, oder $\frac{1}{33}$ von dem Gewicht bilde. Wie kann nun die Zugkraft der Locomotiven bei geringen Geschwindigkeiten, die, wie bemerkt wurde, gänzlich aus der Reibung bestehen, nur $\frac{1}{500}$ von dem Gewicht betragen?

A. — Es wurde nicht gesagt, daß der Widerstand gegen die Zugkraft durchschnittlich $\frac{1}{500}$ von dem Gewicht, sondern daß die allgemein angenommene Zahl $\frac{1}{300}$ sei, welches mit den frühern Angaben, so wie auch mit der Antwort der 33. Frage, sehr nahe übereinkommt. Wenn die ganze Reibung $\frac{1}{300}$ von der Last ist, und die rollende Reibung $\frac{1}{1000}$ von derselben, so muß die durch Abnutzung veranlaßte Reibung $\frac{1}{429}$ der Last sein; und wenn nun der Raddurchmesser 36 Zoll und der Achsendurchmesser 3 Zoll beträgt, welches gewöhnliche Verhältnisse sind, so muß die Reibung der Abnutzung in dem Verhältniß von 36 zu 3, oder 12mal größer genommen werden, um die Reibung der Oberflächen gegen einander, wenn sie sich mit der Geschwindigkeit des Wagens bewegen, darzustellen. $\frac{12}{429}$ sind ohngefähr $\frac{1}{35}$ der Last, welches dem oben angegebenen Verhältniß von $\frac{1}{33}$ nahe steht. Dies ist aber ein mittleres Resultat und es ist die Reibung in vielen Fällen geringer. Der bekannte englische Ingenieur Wood fand bei einigen Versuchen über die Reibung der Zapfen von Locomotivachsen, die gehörig in Schmiere erhalten wurden, daß die Reibung nur $\frac{1}{60}$ des Gewichts betrage, und es konnte alsdann

die Zugkraft mit der gewöhnlichen Größe der Räder mit ohngefähr $\frac{1}{500}$ des Gewichts ausgedrückt werden. Der Zweck der Schmiere ist der, daß die sich reibenden Flächen nicht mit einander in Berührung kommen, weil sonst eine Abnutzung entstehen würde, und fettige Substanzen sind daher, weil sie zäh, die zweckmäßigsten. Ist aber die Zähigkeit größer, als erforderlich, um die Flächen auseinander zu halten, so entsteht dadurch ein weiterer Widerstand. Es muß daher die Art der Schmiere stets der Größe der reibenden Flächen oder dem Druck auf den Quadratzoll angemessen sein. Mit Del scheint die Reibung die geringste zu sein, wenn der Druck eines Zapfens etwa 90 Pfd. auf den Quadratzoll beträgt. Die Reibung einer sehr kleinen Fläche nimmt doppelt so schnell zu, als die Reibung einer sehr großen, wozu noch kommt, daß bei jener eine sehr schnelle Abnutzung stattfindet.

118. F. — Wie stark ist die Adhäsion der Räder auf den Schienen?

A. — Die Adhäsion der Räder auf den Schienen beträgt, wenn dieselben rein, oder entweder ganz feucht, oder ganz trocken sind, ohngefähr $\frac{1}{5}$ des Gewichts. Sind aber die Schienen halb naß oder schmierig, so beläuft sich die Adhäsion nur auf $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{12}$ des Gewichts oder des Drucks auf die Räder. Das Gewicht einer Locomotive von neuerer Einrichtung beläuft sich auf 20 bis 25 Tonnen (à 20 Str.).

119. F. — Und wie hoch beläuft sich der Ankaufspreis und die mittlere Leistung einer Locomotive?

A. — Der Preis einer gewöhnlichen, schmalspurigen Locomotive beträgt 1,900 bis 2,200 Pfd. Sterling. Sie legt durchschnittlich täglich 130 englische (30 deutsche) Meilen zurück, und die Reparaturkosten betragen etwa $2\frac{1}{2}$ Pence (1 Sgr. 8 Pf.) auf die englische Meile. Bei gut betriebenen Eisenbahnen betragen die Kosten der Locomotivkraft, einschließlich der Reparaturen, Löhne, Del, Koaks &c., nicht viel mehr als 6 Pence (5 Sgr.) auf die englische Meile.

Dabei ist aber der Amortisationsfond für die Erneuerung der abgenutzten Maschinen nicht mitbegriffen, den man zu etwa 10 Procent von den Ankaufskosten veranschlagen kann.

120. §. — Steigen die Betriebskosten mit vermehrter Geschwindigkeit bedeutend?

A. — Ja wohl; sie steigen sehr schnell, zum Theil wegen der Schwingungen der Erde, wenn ein schwerer Zug mit großer Geschwindigkeit darüber hingehet, hauptsächlich aber wegen des Widerstandes der Atmosphäre, welche das größte Hinderniß bei einer sehr schnellen Bewegung ist. Bei einer Geschwindigkeit von 30 engl. ($6\frac{1}{2}$ deutschen) Meilen in der Stunde steigt der atmosphärische Widerstand auf ungefähr 12 Pfd. auf die Tonne, und wenn der Wind von der Seite bläst, so ist der Widerstand noch bedeutender. Dies rührt zum Theil von der größern Reibung her, welche die Spurfränze der Räder veranlassen, indem sie gegen die Schienen gedrückt werden, so wie auch theilweise daher, weil der Wind gegen eine größere Fläche der Wagen tritt und ihre Geschwindigkeit zu vermindern sucht. Bei einer Geschwindigkeit von 30 engl. Meilen in einer Stunde kann eine Locomotive, die in einer Stunde 200 Cubikfuß Wasser verdampft und daher eine Kraft von ohngefähr 200 Pferden ausübt, eine Last von 110 Tonnen ziehen. Nimmt man die Reibung eines Eisenbahnzuges zu $7\frac{1}{2}$ Pfd. auf die Tonne an, oder zu 825 Pfd., die auf die Peripherie des Triebrades wirken, so beträgt das Ganze bei sechs fünf-
füßigen Rädern und bei 18 Zoll Kolbenzug 4757 Pfd. auf den Kolben. Nimmt man nun ferner den Widerstand in dem Blasrohr zu 6 Pfd. auf den Quadratzoll des Kolbens an und die Reibung der unbelasteten Maschine zu 1 Pfd. auf den Quadratzoll, welches bei zwölfzölligen Kolben 1582 Pfunde ausmacht, rechnet man ferner, daß durch die Belastung die Reibung der Locomotive auf ein Siebentel steigt, wie in einigen Fällen durch un-

mittelbare Versuche erkannt worden ist, obwohl ein geringeres Verhältniß der Wahrheit näher kommen würde, so erhalten wir 7018,4 Pfd. als die ganze Belastung der Kolben. Bei einer Geschwindigkeit von 30 englischen Meilen in einer Stunde beträgt die Kolbengeschwindigkeit in der Minute 457,8 Fuß. Multiplicirt man nun 7018,4 Pfd. mit 457,8 Fuß, so erhält man 3213023,5 Pfd. in der Minute 1 Fuß hoch gehoben, welches durch 33,000 dividirt 97,3 Pferdekkräfte giebt. Dies würde die Kraft sein, welche eine Last von 110 Tonnen mit einer Geschwindigkeit von 30 englischen Meilen in der Stunde auf einer Eisenbahn bewegen würde, wenn kein atmosphärischer Widerstand stattfände. Nimmt man nun diesen atmosphärischen Widerstand zu 12 Pfd. auf die Tonne an, so macht dies auf 110 Tonnen Last 1320 Pfd. aus, die sich mit einer Geschwindigkeit von 30 Meilen in einer Stunde bewegen. Reducirt man dies, so erhält man 105,8 Pferdekkräfte, und addirt man diese Zahl zu 97,3, so erhält man 203,1 statt 200 Pferdekkräfte, welche man aus dem Verdampfungsvermögen des Kessels ableitete, und welcher geringe Ueberschuß der Kraft wahrscheinlich durch eine gewisse Stärke der Expansivkraft der Maschine hervorgebracht wird. Der atmosphärische Widerstand nimmt, wie das Quadrat der Geschwindigkeit zu, während die übrigen Arten des Widerstandes nicht einmal wie die Einheit der Geschwindigkeit des Raums, sondern vielmehr wie die Einheit der Geschwindigkeit der Zeit steigen, während welcher die Maschine wirkt. Es ist daher nicht schwierig, die zum Transport irgend eines Bahnzuges, mit irgend einer Geschwindigkeit erforderliche Kraft annähernd zu bestimmen, sobald man nur das Verhältniß der Kraft zu den verschiedenen Geschwindigkeiten kennt. Bei einer Geschwindigkeit von 60 Meilen in der Stunde z. B. beträgt die Kraft, um die Reibung eines Zuges von 110 Tonnen zu überwinden, $99,3 \times = 194,6$ Pferdekkräfte, während die Kraft, die zur Ueberwindung des

atmosphärischen Widerstandes erforderlich ist, $105,8 \times = 423,2$ Pferdekkräfte betragen würde, wenn dieselbe Distance mit einer Geschwindigkeit von 30 Meilen in einer Stunde zurückgelegt werden sollte. Da wir aber hier angenommen haben, daß die Geschwindigkeit noch einmal so groß sei, so wird auch die zur Ueberwindung des atmosphärischen Widerstandes noch einmal so groß sein, oder 846,4 Pferdekkräfte betragen müssen. Dies macht zusammen 1041 Pferdekkräfte, um einen Bahnzug, der 110 Tonnen wiegt, mit einer Geschwindigkeit von 60 engl. Meilen in der Stunde zu transportiren. Soll nun eine Locomotive diese Leistung verrichten, so muß sie eine Heizoberfläche im Kessel von 6246 Quadratfuß haben, und die Cylinder müssen groß genug sein, damit 320,628 Cubikfuß Dampf in der Stunde hindurchströmen können, obgleich es zweckmäßiger sein wird, die Cylinder größer zu machen und den Dampf mit Expansion arbeiten zu lassen.

121. F. — Wie kommt es, daß der Widerstand der Luft gegen die Bewegung einer Locomotive mit dem Quadrate der Geschwindigkeit, und nicht bloß mit der einfachen Geschwindigkeit steigt? —

A. — Weil die Höhe zur Erzeugung der Geschwindigkeit, mit welcher ein Bahnzug die Luft durchschneidet, oder mit welcher die Luft gegen die Wagen stößt, mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt, und der Widerstand oder das Gewicht einer Luftsäule, oder irgend einer andern Flüssigkeit in dem Verhältniß der Höhe verschieden ist. Ein fallender Körper, wie wir schon bei der Beantwortung der 14. Frage bemerkt haben, der eine doppelte Geschwindigkeit erlangt hat, muß die vierfache Höhe durchfallen haben. Die durch eine Säule von irgend einer Flüssigkeit veranlaßte Geschwindigkeit ist gleich derjenigen, die der Körper erlangt, wenn er von einer Höhe, wie die der Säule, herabfällt, und es ist daher klar, daß der von irgend einer Geschwindigkeit veranlaßte Druck sich wie das Quadrat dieser

Geschwindigkeit verhalten müsse, da der Druck in jedem Fall in dem directen Verhältnisse der Höhe steht. Mag nun die Leistung übrigens durch einen Luftstrom oder durch irgend eine andere Flüssigkeit in einer gegebenen Zeit bewirkt worden sein, so verändert sie sich wie die Cubikzahl der Geschwindigkeit. Denn wenn die Geschwindigkeit eines Luftstromes verdoppelt wird, so wird nicht allein der vierfache Druck auf den Quadratfuß ausgeübt, sondern man wird die doppelte Luftmenge anwenden müssen; und bei Windmühlen hat man wirklich gefunden, daß die Wirkung mit der Cubikzahl des Windes verschieden sei. Wenn übrigens die Leistung von einer gegebenen Luftmenge, die eine verschiedenartige Geschwindigkeit hat, betrachtet wird, so verhält sich diese Verschiedenheit wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

122. F. — In einer Locomotive wirkt aber der Wind nicht, und da der Widerstand der Luft auf den Wagenzug mit dem Quadrat der Geschwindigkeit verschieden ist, muß alsdann nicht die zur Ueberwindung dieses Widerstandes erforderliche Kraft in dem Verhältnisse des Quadrats der Geschwindigkeiten verschieden sein?

A. — Dies ist freilich der Fall, wenn der Widerstand bei einer gegebenen Geschwindigkeit berücksichtigt wird, und nicht der Widerstand einer gegebenen Zeit. Er wird die vierfache Kraft betragen, sobald von dem atmosphärischen Widerstande bei einer Geschwindigkeit von 60 Meilen in der Stunde gegen die von 30 Meilen in derselben Zeit geredet wird. Im erstern Falle wird aber in gleicher Zeit die doppelte Meilenzahl durchlaufen, so daß, wenn die Geschwindigkeit eines Bahnzuges verdoppelt wird, eine Locomotive erforderlich ist, die den vierfachen Widerstand bei doppelter Geschwindigkeit zu überwinden vermag, oder die in Beziehung auf den atmosphärischen Widerstand die achtfache Kraft auf den Widerstand auszuüben im Stande ist.

123. F. — Wenn sich ein Bahnzug in einer Ge-

schwindigkeit von 60 engl. Meilen in der Stunde bewegt, wie stark ist alsdann die Centrifugalkraft der Räder?

A. — 60 Meilen in der Stunde macht 88 Fuß in der Secunde, und wenn die Centrifugalkraft eines Rades, welches mit dieser Geschwindigkeit umläuft, durch die Regel berechnet wird, welche wir in der Beantwortung der vierundzwanzigsten Frage gegeben haben, so beträgt sie das 80,4fache von dem Gewicht des Rades, oder 4124,5 Pfd. auf den Quadratzoll des Durchschnittes von dem Radfranze, indem wir annehmen, daß irgend ein Punkt von demselben die ganze Centrifugalkraft enthalte, welche durch seine eigene Umdrehung hervorgebracht worden ist. Ohngefähr 4000 Pfd. auf den Quadratzoll des Querschnitts ist die äußerste Festigkeit, die das Eisen eines Maschinentheiles haben kann, und selbst wenn wir annehmen, daß die Centrifugalkraft zwischen die beiden Seiten des Kranzes getheilt sei, so können Eisenbahnräder, bei einer Geschwindigkeit von 60 engl. Meilen in der Stunde, nur dann die gehörige Sicherheit gewähren, wenn die Centripetalkraft der Speichen bedeutender ist, als die Centrifugalkraft der Felgen. Räder mit Reifen sind sehr unsicher, wenn die letztern nicht auf irgend eine Weise mit den Speichen fest verbunden sind. Es ist nicht gebräuchlich, die Dimensionen eines Radkranzes zu verstärken, ohne nicht auch die Dimensionen der Arme oder Speichen zu erhöhen, um der Centrifugalkraft eine verhältnißmäßige Centripetalkraft entgegenzusetzen.

124. F. — Läßt sich nicht das Gesetz von dem Widerstande der Bewegung der Eisenbahnzüge auch auf Dampfschiffe, die sich im Wasser bewegen, ausdehnen?

A. — Der Widerstand der Schiffe im Wasser verhält sich wie das Quadrat der Geschwindigkeiten, und die zur Ueberwindung des Widerstandes erforderliche Kraft wie die Cubikzahl der Geschwindigkeit. Der Widerstand, den die Schiffe in dem Wasser finden, steht daher in demselben

Verhältniß wie derjenige Widerstand, den die Atmosphäre den Eisenbahnzügen entgegensetzt. Um aber die Geschwindigkeit eines Dampfschiffes zu verdoppeln, müssen die Maschinen die achtfache Kraft ausüben; um aber eine doppelte Geschwindigkeit zu erreichen, ist keine Steigerung der Kraft erforderlich, sondern man kann eine doppelte Geschwindigkeit dadurch erlangen, daß man dem Schiff eine solche Form giebt, die das Wasser mit größerer Leichtigkeit zu durchschneiden vermag. Will man daher bei einem Dampfschiff bestimmen, welche Kraft bei einer gegebenen Belastung eine Maschine hervorbringen wird, so muß man auch die Form des Schiffes kennen. Diese letztere ist aber so verschiedenartig, daß man keinen allgemeinen Ausdruck für ihre Bestimmung zu geben im Stande ist.

125. F. — Können aber die verschiedenen Formen nicht so classificirt werden, daß die einer gegebenen Kraft entsprechende Geschwindigkeit bei irgend einer Classe annähernd bestimmt werden kann?

A. — Ja wohl, es kann und ist auch bereits von Watt geschehen, welcher die Geschwindigkeit verschiedener Schiffsförmern mit verschiedenen Maschinenkräften durch Versuche bestimmt und daraus Regeln abgeleitet hat, mittelst deren die Geschwindigkeit irgend eines neuen Schiffes von besonderer Form und Kraft angegeben zu werden vermag. Die erste Versuchreihe wurde im Jahre 1828 mit den Schiffen Caledonia, Diana, Eclipse, Kingshead, Moordyke und Eagle angestellt, Schiffe, sämmtlich von ähnlicher Form mit quadratischem Bauch und flachem Boden; und das Resultat bestand darin, für den Coefficienten der Leistung eines solchen Schiffes die Zahl 925 zu setzen. Man erhält diesen Coefficienten, wenn man die Cubikzahl der Geschwindigkeit des Schiffes in englischen Meilen in der Stunde mit dem Querschnitt des im Wasser befindlichen Theil es von dem Schiffe in Quadratfuß multiplicirt und mit der nominellen Pferdekraft dividirt. Der Zweck des Coefficienten ist der, uns in

den Stand zu setzen, die Geschwindigkeit irgend eines ähnlichen Schiffes im Verhältniß zu dem Querschnitt und der nominellen Pferdekraft eines andern zu bestimmen. Je zweckmäßiger die Form eines Schiffes ist, je größer wird auch der Coefficient, wie auch die zweite Reihe von Versuchen nachwies, welche mit den besser geformten Schiffen: Venus, Swiftsure, Dasher, Arrow, Spitfire, Fury, Albion, Queen, Dart, Hawk, Margaret und Hero — kurz mit Schiffen angestellt wurden, die einen flachen Boden und einen runden Bauch hatten, so daß ihr Coefficient zu 1160 angenommen wurde. Die dritte Reihe von Versuchen wurde mit folgenden Schiffen angestellt: Lightning, Meteor, James Watt, Cinderella, Navy Meteor, Crocodile, Watersprite, Thetis, Dolphin, Wizard, Escape und Dragon —; alles dies waren Schiffe mit erhobenem Boden und rundem Bauch, und es wurde ihre Leistung zu 1430 angenommen. Die vierte Reihe von Versuchen wurde im Jahre 1834 mit den Schiffen Magnet, Dart, Eclipse, Flamer, Firefly, Ferret und Monarch angestellt, und der Coefficient ihrer Leistung zu 1580 gefunden. Die Geschwindigkeit aller dieser Schiffe mit irgend einer Kraft, oder bei einem Querdurchschnitt, kann dadurch bestimmt werden, daß man den Coefficienten ihrer Classe mit der nominellen Pferdekraft multiplicirt, dieses Product mit der Querschnittfläche in Quadratsfußern dividirt und aus dem Quotienten die Cubikwurzel zieht, welches die Geschwindigkeit in einer Stunde, in englischen Meilen sein wird. Die Anzahl der nominellen Pferdekräfte, welche zur Erlangung irgend einer erforderlichen Geschwindigkeit nöthig ist, kann man dadurch bestimmen, daß man die Cubikzahl der Geschwindigkeit, in der Stunde und in Meilen, durch die Querschnittfläche in Quadratsfußern multiplicirt und das Product mit dem Coefficienten dividirt. Der Quotient ist die Anzahl der nominellen Pferdekräfte, welche zur Hervorbringung der Geschwindigkeit erforderlich ist. Bei allen

diesen Versuchen wechselte der Dampfdruck im Kessel zwischen $2\frac{3}{4}$ und 4 Pfd. auf den Quadratzoll, und der effective Druck auf den Kolben wechselte von 11 bis 13 Pfd. auf den Quadratzoll, so daß das mittlere Verhältniß der nominellen zu der wirklichen Kraft leicht berechnet werden konnte. Es würde jedoch zweckmäßiger sein, die nominelle Kraft der Schiffe zu berechnen und die wirkliche Kraft durch Versuche zu bestimmen. Beim Eclipse betrug die nominelle Kraft 76 und die wirkliche 144,4 Pferde; beim Arrow die nominelle 60 und die wirkliche 119,5; Spitfire, nominelle Kraft 40, wirkliche 64; Fury, nominelle 40, wirkliche 65,6; Albion, nominelle 80, wirkliche 135,4; Dart, nominelle 100, wirkliche 152,4; Hawk, nominelle 40, wirkliche 73; Hero, nominelle 100, wirkliche 171,4; Meteor, nominelle 100, wirkliche 160; James Watt, nominelle 120, wirkliche 204; Watersprite, nominelle 76, wirkliche 157,6; Dolphin, nominelle 140, wirkliche 238; Dragon, nominelle 80, wirkliche 131; Magnet, nominelle 140, wirkliche 238; Dart, nominelle 120, wirkliche 237; Flamer, nominelle 120, wirkliche 234; Firefly, nominelle 52, wirkliche 86,6; Ferret, nominelle 52, wirkliche 88; Monarch, nominelle 200, wirkliche 378. Bei den schnellsegelnden Schiffen neuer Construction, wie der Redrover, Herne, Queen und Prinz of Wales scheint der Coefficient 2550 zu sein; allein es ist bei diesen Schiffen ein weit größerer Ueberschuß der wirklichen über der nominellen Kraft, als bei den vorhin aufgezählten vorhanden, und der größere Coefficient hängt folglich eben so gut von dem gesteigerten Druck des Dampfes in dem Kessel, als auch von der bessern Form des Schiffes ab. Bei Redrover beträgt die nominelle Pferdekraft 60 und die wirkliche 157, bei dem Herne erstere auch 60 und letztere 177, bei der City of Canterbury die nominelle Pferdekraft ebenfalls 60 und die wirkliche 153. Ja, bei einigen andern Schiffen ist das Verhältniß zwischen nomineller und wirklicher Pferdekraft

noch verschiedenartiger, so daß es nothwendig wird, den Coefficienten von der wirklichen und nicht mehr von der nominellen Pferdekraft abzuleiten. Bei der ersten Classe der Schiffe, die den Versuchen unterworfen wurden, war die wirkliche Kraft ohngefähr 1,6 größer als die nominelle; bei der zweiten 1,67mal größer; bei der dritten 1,7; bei der vierten 1,96mal größer. Bei solchen Schiffen wie Medrover und City of Canterbury ist die wirkliche Pferdekraft 2,65mal größer als die nominelle. Nehmen wir daher bei Bestimmung des Coefficienten die wirkliche statt der nominellen Pferdekraft an, so werden die Coefficienten für die fünf verschiedenen Classen von Schiffen die folgenden: 554, 694, 832, 806 und 962. Diese kleinern Coefficienten bezeichnen alsdann die relativen Werthe der verschiedenen Schiffe, ohne irgend eine Beziehung auf die verschiedene Wirksamkeit der Maschinen, und bei einem so großen Unterschiede zwischen der wirklichen und der nominellen Kraft ist es zweckmäßiger, jene statt dieser anzuwenden. Aus dem Umstande, daß der dritte von den zuletzt angeführten Coefficienten größer als der vierte ist, scheint hervorzugehen, daß das höhere Resultat bei der vierten Reihe von Versuchen gänzlich aus dem größern Ueberschuß der wirklichen über die nominelle Kraft herrührte.

126. F. — Wie kommt es, daß die Form eines Schiffes einen Einfluß auf seine Geschwindigkeit hat, da Schiffe von gleichem Querschnitt nothwendig eine gleich große Wassersäule und mit gleicher Geschwindigkeit in Bewegung setzen müssen?

A. — Ein Schiff stößt nicht mit derselben Geschwindigkeit gegen das Wasser, wenn sein Bug scharfe Linien hat, als bei einer anderweitigen Form; denn ein sehr scharfer Bug hat die Wirkung, das Schiff in den Stand zu setzen, sich auf einer großen Entfernung zu bewegen, während die Wassertheilchen nur auf eine geringe Weite bewegt werden, oder mit andern Worten, es bewirkt, daß die Ge-

schwindigkeit, mit der das Wasser bewegt wird, im Verhältniß zu der Geschwindigkeit des Schiffes gering ist; und da der Widerstand wie das Quadrat der Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser bewegt wird, steigt, so ist es leicht begreiflich, auf welche Weise ein scharfer Bug den Widerstand vermindern kann. In Schiffen, die mit einer großen Geschwindigkeit fahren sollen, ist es im Allgemeinen vortheilhaft, das Mittelspann etwas hinter der Mitte des Schiffes anzubringen, oder mit andern Worten das Bugende scharfer als das Sternende zu machen, obgleich letzteres auch scharf sein muß, weil sonst das Wasser nicht im Stande ist, den hinter dem Schiffe entstehenden leeren Raum mit hinreichender Geschwindigkeit auszufüllen, um den Widerstand, der von einem verschiedenen Wasserspiegel herrührt, zu vermeiden, und weil sonst auch das Schiff schlecht steuert. Es scheint in den meisten Fällen zweckmäßig, den Buglinien eine solche Form zu geben, daß in gleichen Zeiträumen die Theilchen des Wassers eine gleiche Zunahme des Widerstandes veranlassen, und es ist daher von Wichtigkeit, Schnellsegler so leicht als möglich zu machen, da ein Unterschied von selbst nur wenigen Tonnen auf die Geschwindigkeit einen wesentlichen Einfluß hat.

127. F. — Erleidet ein Schiff im Meereswasser größern Widerstand, als im süßen Wasser?

A. — Wenn der Gang, d. h. das Eintreten des Schiffes in das Wasser, in beiden Fällen gleich ist, so wird der Widerstand gegen die Bewegung im Meereswasser bedeutender als im süßen sein, da jenes dichter ist; da aber die Tragkraft des Salzwassers verhältnißmäßig größer ist, so wird bei gleicher Last der Schiffe der Widerstand gleich sein. Der Widerstand gegen einen sich in einer Flüssigkeit bewegenden Körper steht in geradem Verhältniß zu der Menge der bewegten Materie, so wie auch zu der Höhe, welche zur Hervorbringung der Geschwindigkeit der Bewegung erforderlich ist. Nun verhält sich aber die Menge der Materie,

welche auf irgend einer gegebenen Strecke bewegt wird, direct wie die Dichtigkeit oder das specifische Gewicht der Flüssigkeit, so daß dieselbe multiplicirt durch die, zur Hervorbringung der Geschwindigkeit erforderliche Höhe, oder was dasselbe ist, durch das Quadrat der Geschwindigkeit, den Widerstand allgemein ausdrücken wird. Es ist bereits in der Beantwortung der dreizehnten Frage gesagt worden, daß die Quadratwurzel der Höhe in Fuß, von welcher ein Körper herabfällt, mit 8,021 multiplicirt, seine Bewegungsgeschwindigkeit in Fuß, in der Secunde geben wird; weshalb die Höhe, multiplicirt mit dem Quadrat von 8,021, oder $64\frac{1}{3}$ das Quadrat der Geschwindigkeit in Fuß und in der Secunde, und das Quadrat der Geschwindigkeit, mit $63\frac{1}{3}$ multiplicirt, die Höhe angeben wird.

128. F. — Es wird demnach der Widerstand, den ein durch das Wasser gehendes Schiff erleidet, geringer sein, als der Widerstand eines Bretes von derselben Querschnittsfläche des Schiffes?

A. — Ja wohl, ein weit geringerer, wie schon durch den Umstand gezeigt wird, daß Dampfschiffe durch Ruder = Schaufeln getrieben werden, die im Verhältniß zu dem Querschnitt der Schiffe sehr klein sind. Wenn ein flaches Bret, die flache Seite voraus, durch eine Flüssigkeit bewegt wird, so ist der Widerstand, den es erleidet, gleich dem Gewichte einer Säule derselben, deren Basis gleiche Größe wie das Bret hat, und deren Höhe von der Geschwindigkeit der Bewegung des Bretes abhängt; und der Widerstand wird derselbe sein, mag sich nun das Bret durch eine ruhige Flüssigkeit bewegen, oder mag eine sich bewegende Flüssigkeit gegen ein feststehendes Bret stoßen. Da die Höhe in Fuß, die im Verhältniß zu der Geschwindigkeit der Bewegung in Fuß und in der Secunde steht, gleich dem Quadrat der Geschwindigkeit dividirt mit $64\frac{1}{3}$ ist, und da der Cubikfuß Flußwasser $62\frac{1}{2}$ Pfd. wiegt, so wird der Druck auf den Quadratsfuß in Pfunden, der auf

ein Bret einwirkt, welches durch Flußwasser bewegt wird, gleich sein dem $62\frac{1}{2}$ fachen Quadrat der Geschwindigkeit in Fuß und in der Secunde dividirt durch $64\frac{1}{3}$; oder er wird durch das Quadrat der Geschwindigkeit, multiplicirt durch 0,9715, ausgedrückt werden. Um den Druck oder den Widerstand in wirklichen Pferdekraften zu bezeichnen, müssen wir diese Größe mit der 60fachen Geschwindigkeit in Fuß und in der Secunde multipliciren, welches die Geschwindigkeit in Fuß und in der Minute giebt, und dieses Product mit 33000 dividiren, wodurch man einen Quotienten in Pferdekraften erhält. Dies macht den Widerstand auf den Quadratsfuß in Pferdekraften gleich der Cubikzahl der Geschwindigkeit in Fuß und in der Secunde, multiplicirt durch 0,00176637. Wenn das Wasser in schiefer Richtung gegen das Bret stößt, so folgt der Widerstand einem andern Gesetz. Wenn ein Körper in schiefer Richtung untertaucht, so ist die Kraft des Zusammendrückens bei irgend einer gegebenen Geschwindigkeit, wie der Sinus des Eintrittswinkels verschieden, und es wird daher die Kraft, mit welcher die Wassertheilchen gegen ein Bret stoßen, in demselben Verhältniß verschieden sein, wie der Sinus des Winkels, unter welchem sie dagegen stoßen, indem er nach und nach in dem Maaß geringer wird, als das Bret mehr auf seine Kante gedreht wird. Aber die Anzahl der Wassertheilchen, die gegen das Bret stoßen, werden auch wie der Sinus des Einfallwinkels verschieden sein, oder mit andern Worten, wie die senkrechte Höhe des geneigten Bretes, so daß der Widerstand, der sowohl mit der Kraft, mit welcher die Theilchen gegen das Bret stoßen, als auch mit der Anzahl der Theilchen, die diese Wirkung haben, wie das Quadrat von dem Sinus des Einfallwinkels verschieden sein muß. Daher kann man den horizontalen Widerstand gegen ein Bret, ausgedrückt in Pferdekraften, gegen welches das Wasser in schiefer Richtung tritt, oder welches in schiefer Richtung gegen das Wasser

stößt, wie bei den Ruderrädern, durch die folgende Regel bestimmen: man multiplicire die Cubikzahl der Geschwindigkeit in Fuß und in der Secunde mit dem Querschnitt der Fläche in Fuß mit dem Quadrat von dem Sinus des Einfallwinkels, so wie mit dem constanten Coefficienten 0,00176637; das Resultat wird der Widerstand in wirklichen Pferdekraften sein, den ein Bret erleidet, welches in schiefer Richtung in das Wasser einschneidet, oder gegen welches das Wasser in schiefer Richtung stößt.

129. F. — Bewegen sich aber nicht die Schaufeln eines Ruderrades in einer horizontalen Linie?

A. — Es sind zwei Arten von Ruderrädern in Gebrauch; das eine ist das gewöhnliche radiale Rad, bei welchem die Schaufeln an Armen sitzen, die als Radien von dem Mittelpunkt ausgehen, und die andern sind die sogenannten federartigen oder gefiederten (feathering im Engl.) Räder, bei welchen jede Schaufel an einen Mittelpunkt aufgehängt ist und mittelst eines zweckmäßigen Mechanismus so bewegt werden kann, daß sie immer in einer fast senkrechten Stellung erhalten wird. Bei der erstern Art von Ruderrädern geht durch die schiefe Einwirkung etwas Kraft verloren, während bei der letztern Art dieser Verlust nur gering ist, oder gar nicht stattfindet. Bei jeder Schaufel giebt es aber einen Kraftverlust wegen des Rücktrittes des Wassers von der Schaufel, und dieser Verlust ist eine nothwendige Bedingung für den Widerstand, der beim Vorwärtstreiben eines Schiffes entsteht. Der Rücktritt oder das Entschlüpfen des Wassers wird durch die Differenz des Rades und die Geschwindigkeit des Schiffes ausgedrückt, und je größer diese Differenz ist, um so größer muß der Kraftverlust durch das Entschlüpfen sein — indem der Dampfverbrauch der Maschine im Verhältniß zu der Geschwindigkeit des Rades, und der Nutzeffect im Verhältniß zu der Geschwindigkeit des Schiffes steht. Bei den

federartigen Rädern, bei denen jeder Theil von irgend einer untergetauchten Schaufel sich mit derselben horizontalen Geschwindigkeit vorwärts bewegt, darf man annehmen, daß der Druck oder Widerstand in der Mitte der Schaufel concentrirt sei. Dies kann dagegen bei den gewöhnlichen radialen Rädern der Fall nicht sein, denn da die äußere Kante der Schaufel sich schneller bewegt als die Kante, die dem Mittelpunkte des Rades näher ist, so hat der äußere Theil der Schaufel eine größere treibende Wirkung. Der Punkt, an welchem die äußern und innern Theile einer Schaufel in der Triebkraft einander das Gleichgewicht halten, wird der Mittelpunkt des Drucks genannt; und wenn der Gesamtwiderstand in diesem Punkt concentrirt wäre, so würde die treibende Wirkung dieselbe wie vorher sein. Der Widerstand gegen irgend eine sich bewegende Schaufel, die ganz unter Wasser steht, verhält sich, sobald das Schiff in Ruhe ist, wie das Quadrat seiner Entfernung von dem Bewegungsmittelpunkte, indem der Widerstand einer Flüssigkeit wie das Quadrat der Geschwindigkeit verschieden ist. Mit Ausnahme des Falles, daß das Rad bis an die Achse im Wasser steckt, ist es unter gewöhnlichen Umständen unmöglich, daß eine Schaufel gänzlich vom Wasser umgeben ist, ohne daß nicht auch andere zum Theil im Wasser stecken, wodurch der Bogen, der von dem Ende des Schaufelarms beschrieben wird, größer ist, als der von der innern Kante der Schaufel beschriebene. Es wird daher auch der Widerstand gegen irgend einen Theil der Schaufel in einem höhern Verhältniß zunehmen, als das Quadrat seiner Entfernung von dem Bewegungsmittelpunkte, wobei die Lage des Druckmittelpunktes in eine entsprechende Berücksichtigung kommt. Bei den federartigen Rädern ist die Stellung des Mittelpunktes von dem Druck der ein- und austretenden Schaufeln fortwährend einander, von der untern Kante der Schaufel, wo sie sich befindet, wenn sie in das Wasser eintritt oder dasselbe ver-

läßt, bis zu dem Mittelpunkt der Schaufel, bei welcher Stellung sie gänzlich unter Wasser steckt. Bei den radialen Rädern aber kann der Mittelpunkt des Drucks nie so hoch steigen, wie der Mittelpunkt der Schaufel.

130. F. — Alles dies bezieht sich auf die Wirkung der Schaufeln, wenn das Schiff in Ruhe ist; wie läßt sich aber seine Wirkung erklären, wenn es sich bewegt?

A. — Wenn ein Wagenrad den Boden entlang rollt, so beschreibt irgend ein Punkt seiner Peripherie eine flache oder verlängerte Cycloide, und irgend ein äußerer Punkt der Peripherie beschreibt eine verkürzte Cycloide; die erstere Art nähert sich mehr einer geraden Linie, und letztere mehr einem Kreise. Die Wirkung eines Ruderrades im Wasser gleicht in dieser Beziehung der eines Wagenrades, welches sich auf einer Straße bewegt; derjenige Punkt des Halbmessers von der Schaufel, dessen rotative Geschwindigkeit der Geschwindigkeit des Schiffes gleich ist, beschreibt eine Cycloide, und zwar Punkte, die dem Mittelpunkt näher stehen, verlängerte, und Punkte, die dem Mittelpunkt entfernter stehen, entfernte Cycloiden. Der von dem Punkte beschriebene Kreis, dessen Geschwindigkeit gleich der des Schiffes ist, wird der rollende Kreis genannt, und der Widerstand, der von der Differenz der Geschwindigkeit des rollenden Kreises und des Druckmittelpunktes herrührt, ist derjenige, welcher das Forttreiben des Schiffes bewirkt. Der Widerstand irgend eines Theiles von der Schaufel ist daher wie das Quadrat seiner Entfernung von dem rollenden Kreise verschieden, vorausgesetzt, daß die Schaufel gänzlich unter dem Wasser steht. Berücksichtigen wir aber den größern Zeitraum, während dessen das Ende der Schaufel wirkt, wodurch der Widerstand größer wird, so wird man nicht weit von der Wahrheit abweichen, wenn man den Widerstand gegen irgend einen Punkt der Cubikzahl seiner Entfernung von dem rollenden Kreise bei einem geringen Eintritt in das Wasser, und als die $2\frac{1}{2}$ fache Kraft

bei tiefem Untertauchen bestimmt. Bei dieser Annahme, welche hinlänglich mit der Erfahrung übereinstimmt, kann die Lage des Mittelpunktes von dem Druck durch folgende Regel gefunden werden: von dem Halbmesser des Rades subtrahire man den Halbmesser des rollenden Kreises, zu dem Rest addire man die Höhe der Schaufel und dividire die vierfache Kraft der Summe durch die vierfache Tiefe; von der Cubikwurzel des Quotienten subtrahire man die Differenz zwischen den Halbmessern des Rades und dem rollenden Kreise, und es wird der Rest die Entfernung des Druckmittelpunktes von der obern Kante der Schaufel sein. Der Durchmesser des rollenden Kreises läßt sich sehr leicht finden, denn wir brauchen nur die Anzahl der englischen Meilen in der Stunde mit 5280 zu multipliciren und dieses Product durch die 60fache Zahl der Kolbenzüge in der Minute zu dividiren, um einen Ausdruck für die Peripherie des rollenden Kreises zu erhalten. Man kann aber auch die folgende Regel annehmen; man dividire die 88fache Geschwindigkeit des Schiffes in englischen Meilen in der Stunde mit der 3,1416fachen Anzahl der Züge in der Minute, so wird der Quotient des rollenden Kreises in Fuß sein. Wenn der Kreisdurchmesser, in welchem der Mittelpunkt des Drucks sich bewegt, oder der effective Durchmesser des Rades bekannt ist, so wie auch der Durchmesser des rollenden Kreises, so finden wir den Ueberschuß der Geschwindigkeit des Rades über das Schiff, welcher mit $\frac{62\frac{1}{2}}{64\frac{1}{2}}$ oder 0,9715 multiplicirt, den Widerstand in Quadratsfüßen auf die senkrechte Schaufel angiebt.

131. F. — Sollen diese Regeln nicht durch ein Beispiel erläutert werden?

A. — Ein Dampfschiff von einer ziemlich guten Form und mit Maschinen von 200 Pferdekraften, legt bei 22 Kolbenzügen in der Minute 10,62 englische Meilen in einer

Stunde zurück. Um den Durchmesser des rollenden Kreises zu finden, hat man $88 \times 10,62 = 934,66$, und $22 \times 3,1416 = 69,1152$; dividirt man alsdann $934,66$ durch $69,1152$, so erhält man $13,52$ Fuß, welches der Durchmesser des rollenden Kreises ist. Da nun der Raddurchmesser $19\frac{1}{2}$ Fuß beträgt, so beträgt der Durchmesser des rollenden Kreises ohngefähr $\frac{2}{3}$ davon, und dies ist ein sehr häufig vorkommendes Verhältniß. Die Höhe der Schaufel beträgt 2 Fuß, und die Differenz zwischen dem Raddurchmesser und dem rollenden Kreise wird $5,8133$ sein; die Differenz ihrer Halbmesser ist $2,9067$, und addirt man dazu die Höhe der Schaufeln, so erhält man $4,67$, wovon die Cubikzahl $579,64$, und dies mit der vierfachen Tiefe der Schaufeln dividirt, giebt $72,455$, woraus die Cubikwurzel $4,1689$, und zieht man davon die Differenz der Halbmesser des Rades und des rollenden Kreises ab, so bleiben $1,2622$ Fuß für die Entfernung des Druckmittelpunktes von der obern Kante der Schaufel, wenn das Ruderrad nur wenig im Wasser steckt. Da der Radhalbmesser $9,6667$ ist, so beträgt die Entfernung von dem Mittelpunkte des Rades bis zu der obern Kante der Schaufel $7,6667$, und addirt man $1,2622$ hinzu, so erhält man $8,9299$ Fuß als den Halbmesser, oder $17,8598$ als den Durchmesser des Kreises, in welchem sich der Mittelpunkt des Drucks dreht. Bei 22 Kolbenzügen in der Minute, wird die Geschwindigkeit des Druckmittelpunktes $20,573$ Fuß in der Secunde, und bei einer Geschwindigkeit des Schiffs von $10,62$ Meilen in der Stunde wird die Geschwindigkeit des rollenden Kreises $15,76$ Fuß in der Secunde betragen. Die wirkliche Geschwindigkeit wird die Differenz zwischen diesen Größen oder $4,997$ Fuß in der Secunde sein. Nimmt man nun die Länge der Schaufeln zu 10 Fuß an, welches eine Fläche von 20 Quadratfuß für jede Schaufel giebt, so ist der Widerstand in Pfunden gegen die senkrechte Schaufel $20 \times 4,997^2 \times 0,9715 = 485,17$ Pfund, oder für die senkrechten Schau-

feln beider Räder 970,34 Pfund, welches der Druck der senkrechten Schaufeln bei ihrer Bewegung durch das Wasser ist. Die Geschwindigkeit, womit sich die Schaufeln bewegen, ist die des Druckmittelpunktes, so daß wir, um den Widerstand in Pferdekraften zu finden, die Geschwindigkeiten des Druckmittelpunktes in Fuß in der Secunde mit 60 multipliciren müssen, um die Geschwindigkeit in der Minute zu erlangen. Diese Zahl, multiplicirt mit 970,34 und dividirt durch 33000, giebt ohngefähr 36 Pferdekraft, als die auf die senkrechten Schaufeln ausgeübte Kraft. Beträgt nun die nominelle Kraft der Maschinen die von 200 Pferden, so wird die wirkliche Kraft bei Maschinen dieser Art in dem Verhältniß von 33,000 zu 50,000 zunehmen, und die wirkliche Kraft dieser Maschinen die von ohngefähr 315 Pferden sein, und 0,114 von der Kraft dieser Maschinen wird die verhältnißmäßige Kraft sein, welche auf die senkrechten Schaufeln ausgeübt wird.

132. — Dies bezieht sich auf ein gewöhnliches radiales Rad; welches wird nun das Verhältniß bei den federartigen Rädern sein?

A. — Dies Verhältniß wird ganz dasselbe sein, wenn die Größe der Schaufeln und alle übrigen Verhältnisse dieselben sind. Bei den gewöhnlichen Rädern hat aber die senkrechte Schaufel die geringste, und bei den übrigen Rädern die größte Wirkung, um das Schiff fortzutreiben; und da die Kraft der Maschine eine bestimmte Größe ist, die auf alle Schaufeln vertheilt werden muß, und da bei dem radialen Rade sie hauptsächlich auf den schiefen Schaufeln vertheilt ist, die einen Widerstand treffen, der bei den federartigen Rädern größtentheils die senkrechte Schaufel trifft, so müssen die Schaufeln der letzten größer sein, als wie die der gewöhnlichen. Um zu begreifen, wie die in das Wasser eintretenden und aus demselben austretenden Schaufeln der radialen Räder bei dem Treiben des Schiffes wirksamer sind, als eine senkrechte Schaufel, müssen wir uns

erinnern, daß der einzige Widerstand auf eine senkrechte Schaufel, der von der Differenz der Geschwindigkeit des Rades und der des Schiffes abhängende ist; wenn aber das Rad bis zu seiner Achse unter Wasser steht, so daß die eintretende Schaufel das Wasser horizontal trifft, so ist es ganz klar, daß der Widerstand gegen eine solche Schaufel von der ganzen Rotationsgeschwindigkeit abhängt, und daß der Widerstand gegen die eintretende Schaufel ganz derselbe ist, mag das Schiff in Ruhe oder in Bewegung sein. Der Widerstand gegen die drehende Bewegung irgend einer Schaufel nimmt von der Stellung der senkrechten Schaufel — wo er so ist, daß er von der Differenz der Geschwindigkeit des Rades und des Schiffes abhängt — bis dahin zu, wo sie die Ebene der Achse erreicht, vorausgesetzt, daß das Rad so weit in dem Wasser steckt, daß der Widerstand von der ganzen Rotationsgeschwindigkeit abhängt. Obgleich nun bei jeder schiefen Schaufel in einer horizontalen Richtung der ganze Widerstand nicht wirken kann, so nimmt er doch auf der senkrechten Schaufel so zu, daß der Theil derselben, der in der horizontalen Richtung wirkt, bei allen gewöhnlichen Fällen des Standes von dem Rade in dem Wasser größer ist, als der ganze Widerstand gegen die senkrechte Schaufel. Bei den federartigen Rädern, bei denen diese schiefe Wirkung wegfällt, steht der Widerstand einfach in dem Verhältnisse des Quadrats der horizontalen Geschwindigkeiten mehrerer Schaufeln, welche durch die horizontalen Entfernungen zwischen ihnen ausgedrückt werden kann; und da bei den federartigen Rädern die senkrechte Schaufel die größte horizontale Geschwindigkeit hat, so wird sie auch die größte Triebkraft besitzen.

133. F. — Hat man eine Regel zur Bestimmung des Widerstandes, den eine Ruderradschaufel an irgend einem Theile ihrer Bewegung trifft?

A. — Bei den gewöhnlichen radialen Rädern kann der Druck auf irgend eine Weise bestimmt werden: von

der Geschwindigkeit des Druckmittelpunktes in Fuß, in der Secunde, subtrahire man die Geschwindigkeit des rollenden Kreises, multiplicirt mit dem Cosinus des Neigungswinkels, den die Schaufel mit der senkrechten Linie macht. Man erhebe diese Zahl ins Quadrat, und multiplicire mit der 0,971 fünffachen Fläche der Schaufel in Fuß, welches den tangentiellen Widerstand der Schaufel in Pfunden giebt. Den horizontalen Widerstand erhält man dadurch, daß man diese Größe wiederum mit dem Cosinus des Winkels multiplicirt, den die Schaufel mit einer senkrechten Linie macht. Bei dem federartigen Rade kann man den Widerstand dadurch bestimmen, daß man die Geschwindigkeit des Druckmittelpunktes mit dem Cosinus des Neigungswinkels multiplicirt, davon die Geschwindigkeit des rollenden Kreises subtrahirt, den Rest ins Quadrat erhebt und diese Zahl mit der 0,971 fünffachen Fläche der Schaufel multiplicirt, wodurch man den Widerstand der Schaufel in Pfunden erhält. Auf diese Weise berechnet man den Widerstand der verschiedenen im Wasser befindlichen Schaufeln, nimmt die mittlere Zahl dieser Widerstände und multiplicirt sie mit der Anzahl der Schaufeln unter Wasser. Auf diese Weise bestimmt man den Widerstand des Ruderrades sehr leicht; und indem man ferner bestimmt, welche Oberfläche die senkrechte Schaufel hat, die sich mit der Geschwindigkeit des Schiffes, und unter denselben Umständen wie alle übrigen Schaufeln bewegt, und wenn man diese Oberfläche mit dem Querdurchschnitt vergleicht, so kann man die Kraft bestimmen, welche erforderlich ist, um ein Bret durch das Wasser zu bewegen, welches gleiche Oberfläche mit dem Querschnitt des Schiffes hat; man wird auch die Verminderung des Widerstandes nachweisen können, der durch Zuschärfung des Buges und des Sterns bewirkt wird. Diese und manche andere Verhältnisse der Ruderräder sind weitläufig von dem bekannten englischen Techniker Barlow untersucht

worden; jedoch sind manche von seinen Angaben irrig, und seine Folgerungen hat er zum großen Theile dadurch unbrauchbar gemacht, daß er die wirkliche mit der nominellen Pferdekraft verwechselte.

134. F. — Gibt es eine praktische Regel zur Bestimmung der Größe der Ruderräder?

A. — Eine gewöhnliche Regel für die Theilung der Schaufeln besteht darin, für jeden Fuß des Raddurchmessers eine Schaufel anzunehmen. Allein bei schnell fahrenden Dampfschiffen ist es zweckmäßiger, nur auf jede $2\frac{1}{2}$ Fuß oder noch weniger Eine zu rechnen, da eng an einander stehende Schaufeln weniger Erschütterung veranlassen. Stehen jedoch die Schaufeln zu nahe an einander, so läuft das zwischen zweien befindliche Wasser nicht schnell genug ab, und sind sie zu weit von einander entfernt, so veranlaßt der Stoß der eintretenden Schaufel eine unangenehme erschütternde Bewegung, und es geht dadurch auch Kraft verloren. Um die zweckmäßige Größe einer Schaufel zu bestimmen, dividire man die Anzahl der wirklichen Pferdekräfte bei der Maschine mit dem Durchmesser des Schaufelrades in Fuß; der Quotient ist die Oberfläche einer Schaufel in Quadratsfüßen für Meeresdampfschiffe, und die Oberfläche mit 0,6 multiplicirt, giebt die Länge der Schaufel in Fuß. Bei sehr scharf geformten Schiffen, welche beim Durchschneiden des Wassers einen geringen Widerstand darbieten, ist die Oberfläche der Schaufeln gewöhnlich $\frac{1}{4}$ geringer, als das obige Verhältniß angiebt, und die zweckmäßige Länge der Schaufel kann in einem solchen Falle dadurch bestimmt werden, daß man die Oberfläche mit 0,7 multiplicirt. Bei Meeresdampfschiffen sind gewöhnlich vier Schaufeln unter dem Wasser, bei Flußdampfschiffen aber nur eine oder zwei Schaufeln. Im letztern Falle ist das Entschlüpfen (slip im Englischen) des Wassers größer, es wird aber auch mehr Kraft auf das Forttreiben des Schiffes verwendet, da die Maschine eine größere Ge-

schwindigkeit hat. Wenn man, um dieselbe zu veranlassen, die Größe der Schaufeln vermindert, statt sie weniger tief in dem Wasser gehen zu lassen, so erlangt man den Zweck nicht, wogegen dieser aber erreicht wird, wenn man den Raddurchmesser vermindert. Daher muß man Schiffen, die recht schnell fahren sollen, verhältnißmäßig kleine Räder geben, damit die Maschine mit einer hohen Geschwindigkeit zu arbeiten im Stande ist. Auch ist es zweckmäßig, solche Räder auf die wiederholt angegebene Weise einzurichten, um den Kraftverlust zu vermeiden. Bei keinem Rade muß der rollende Kreis unter die Wasserlinie fallen, weil sonst die eintretenden und austretenden Schaufeln Wasser vor sich hertreiben werden. Das Entschlüpfen beträgt gewöhnlich $\frac{1}{4}$ von der Geschwindigkeit des Druckmittelpunktes bei gut eingerichteten Rädern; jedoch ist es zweckmäßig, das Entschlüpfen so klein als möglich zu machen, damit es mit den übrigen Bedingungen im Verhältniß steht. Ist die Geschwindigkeit der Maschine und die des Schiffes bestimmt, so läßt sich auch der Durchmesser des rollenden Kreises leicht bestimmen, und setzt man das Entschlüpfen hinzu, so erhält man den Raddurchmesser.

135. F. — Ist die Schraube ein eben so wirksames Werkzeug zum Fortreiben der Schiffe, wie das gewöhnliche oder verbesserte Ruderrad?

A. — Bei einem Tiefgange des Schiffes scheint die Schraube eben so wirksam wie das radiale Ruderrad zu sein; dem federartigen Rade steht sie aber bei jedem Grade des Tiefganges nach, und bei flachgehenden Dampfböten ist ihre Wirkung sehr gering, und geringer als die der gewöhnlichen Ruderräder.

136. F. — Wie verhalten sich die Dimensionen der Schrauben eines Schiffes zu der Kraft der Maschinen und zu der mittlern Querschnittsfläche eines Schiffes?

A. — Durch Versuche hat man gefunden, daß, wenn die Schraube ein solches Verhältniß hatte, das Entschlüpfen des Wassers etwa $\frac{1}{10}$ von der Geschwindigkeit der Schraube betrug, ein Maximum der Wirkung hervorgebracht werde, indem die Geschwindigkeit der Schraube alsdann $\frac{9}{10}$ von der sei, die sie haben würde, wenn sie sich in einem festen Körper bewegte. Man muß nun durch die vorher mitgetheilten Regeln bestimmen, welche Geschwindigkeit das Schiff seiner Gestalt und Maschinenkraft nach haben, wenn es durch Ruderräder getrieben würde. Bezeichnet man nun diese Geschwindigkeit mit $\frac{9}{10}$ und setzt $\frac{1}{10}$ für das Entschlüpfen des Wassers hinzu, so erhält man die Anzahl der Fuße in der Minute, welche die Schraube zurücklegt, und dividirt man diese Zahl mit der Anzahl von Umdrehungen in der Minute, so giebt sie die Theilung der Schraube in Fußen an. Die zweckmäßigste Länge der Schraube beträgt ungefähr $\frac{1}{6}$ von ihrer Aufrollung, und der Durchmesser muß so groß, als thunlich ist, sein. Eine Schraube mit zwei Armen oder ein Theil von einer doppelt gewundenen Schraube ist ein eben so wirksamer Treiber, als irgend ein anderer bei den Schiffen angewendeter. Eine Schraube mit drei Blättern aber, oder ein Theil von einer Schraube mit dreifachem Gewinde wirkt mit einer gleichartigen und regelmäßigen Bewegung. Der Hintersteven führt eine gewisse Menge todten Wassers mit sich, und wenn die Schraube in dieses Wasser tritt, welches bei einer doppelt gewundenen Schraube dann der Fall ist, wenn ihre beiden Arme senkrecht stehen, so wird der Widerstand fast gleich dem, welcher von der ganzen Geschwindigkeit der Schraube herrührt, statt von der Differenz zwischen der Geschwindigkeit der Schraube und des Schiffes. Die Vorwärtsstöße an diesem Punkte werden dadurch so verstärkt, daß dem hintern Theile des Schiffes eine unangenehme Bewegung gegeben wird, während auch zu gleicher Zeit ein Kraftverlust stattfindet. Wenn man drei

Blätter bei der Schraube anwendet, so ist diese erschütternde Bewegung nicht so bedeutend, indem der Stoß auf die drei Blätter gleichartig vertheilt ist. Es erscheint daher eine dreiblättrige Schraube im Allgemeinen zweckmäßiger. Sehr wichtig ist es, die Fahrschnelligkeit des Schiffes so groß als möglich zu machen, damit das Schiff so wenig als möglich todtes Wasser mit sich führen kann. Was nun die Form der Schraube anbetrifft, so hat man gefunden, daß die gewöhnliche Schraube mit gleichförmiger Steigung die möglichst größte Wirkung hat; Schrauben mit zunehmender Steigung sind zu verschiedenen Zeiten versucht worden, ohne daß man dadurch einen wesentlichen Vortheil erreicht hätte. Das von der Schraube zurückgeworfene Wasser nimmt eine kegelförmige Gestalt an, und die schiefe Richtung und folglich der Kraftverlust werden um so größer sein, wenn die Steigung der Schraube stark und der Durchmesser gering ist, so daß es also zweckmäßig sein muß, einen möglichst großen Durchmesser, eine große Geschwindigkeit und eine geringe Steigung zu haben.

Zweiter Abschnitt.

Festigkeit von Materialien, Constructionsdetails und Betriebsverhältnisse.

137. F. — Auf welche Weise läßt sich die Festigkeit der verschiedenen Theile einer Dampfmaschine bestimmen?

A. — Durch Beziehung auf die Cohäsion des Eisens, oder durch seinen Widerstand gegen eine zerreißende, drehende, zerbrechende oder zerdrückende Kraft, welche durch zahlreiche Versuche bestimmt worden sind, so wie auch durch Berechnung der Größe der Einwirkung, welcher die verschiedenen Theile unterworfen sind, damit die Menge des

Materials im Verhältniß zu seiner Belastung steht. Die zerbrechende Kraft für einen Stab von Schmiedeeisen von mittlerer Güte auf einen Quadratzoll, welche auf die Längsrichtung einwirkt, beträgt 50 bis 60,000 Pfd., während ein Gußeisenstab von 1 Quadratzoll Durchschnitt von 17 bis 20,000 Pfunden zerbrochen werden kann. Jedoch wird eine weit geringere Kraft die Textur des Eisens beschädigen und endlich den Bruch herbeiführen, wenn sie ununterbrochen wirken kann. Die ausdehnende oder zerreißende Kraft, welcher ein schmiedeeiserner Stab von 1 Quadratzoll Querschnitt, ohne daß derselbe gänzlich zerreißt, ausgesetzt werden kann, beträgt 17,800 Pfd.; bei einem Gußeisenstabe aber nur 15,300 Pfd. Jedoch würde es durchaus nicht sicher sein, in der Praxis eine solche Belastung anzuwenden, da die Beschaffenheit des Eisens eine sehr verschiedenartige ist, und selbst Eisen von ein und derselben Sorte, in Folge einer schlechten Schweißung und sonstigen Bearbeitung eine solche unregelmäßige Textur hat, daß es unverantwortlich und sehr unsicher sein würde, wenn diese größte Belastung berücksichtigt würde. Die größte Belastung, welcher Schmiedeeisen bei Maschinen unterworfen werden kann, beträgt 4000 Pfd. auf 1 Quadratfuß Durchschnitt, obgleich bei Locomotivkesseln diese Belastung zuweilen überstiegen wird. Bei Balanciers, die einer zerbrechenden Kraft unterworfen sind, wird die Belastung bei irgend einer gegebenen Festigkeit des Materials im Verhältniß zu der Breite, multiplicirt mit dem Quadrat der Tiefe, stehen; und bei Wellen mit Umdrehung, die einer Torsion oder drehenden Einwirkung unterworfen sind, wird sich die Belastung zu irgend einer gegebenen Cohäsion des Materials wie die Cubikzahl des Durchmessers verhalten. Wenn die Kraft, die auf das Ende eines Maschinenbaumes wirkt, 18 Pfd. auf den Kreis Zoll des Kolbens beträgt, so wird die auf die Mitte wirkende Kraft 36 Pfd. auf den Kreis Zoll des Kolbens betragen, und die Belastung

des Balanciers auf seiner Mitte wird durch folgende Regel gefunden werden: — man dividire das Gewicht in Pfunden, welches auf die Mitte einwirkt, mit 250 und multiplicire den Quotienten mit der Entfernung zwischen den äußersten beiden Mittelpunkten. Um die Höhe zu bestimmen, wenn die Breite gegeben ist, dividire man das Product mit der Breite in Zollen und ziehe aus dem Quotienten die Quadratwurzel, welches die Höhe ist. Die Höhe eines Maschinen-Balanciers an den Enden, wird gewöhnlich gleich ein Drittel von der Höhe in der Mitte gemacht, welche gleich dem Durchmesser des Cylinders bei Niederdruckmaschinen ist. Die Länge dagegen macht man gleich der dreifachen Länge des Hubes, und die mittlere Dicke gleich $\frac{1}{100}$ von der Länge, wobei man die Kanten ohngefähr dreimal stärker als die Füllung macht. Bei Niederdruckmaschinen beträgt der Durchmesser der Verstärkung an den Enden des Balanciers gewöhnlich $\frac{1}{9}$ von dem Cylinderdurchmesser für Gußeisen und $\frac{1}{10}$ für Schmiedeeisen, welches bei Niederdruck eine Belastung von ohngefähr 500 Pfd. auf den Kreis Zoll des Querschnitts giebt. Jedoch sind stärkere Dimensionen zweckmäßiger, da bei großen Zapfenlagern die Futter oder Pfannen sich nicht so leicht abnutzen, und die Klammern nicht so leicht zerreißen, daß die Lager oval werden. Um die Stärke eines gußeisernen Zapfens zu bestimmen, der irgend eine gegebene Belastung zu tragen im Stande ist, multiplicire man das Gewicht in Pfunden mit der zu gebenden Länge der Lager, durch die Dimensionen des Durchmessers ausgedrückt, dividire das Product mit 500 und ziehe aus dem Quotienten die Quadratwurzel, welches der Durchmesser in Zollen ist. Versuche mit der Kraft, welche dazu erforderlich ist, um gußeiserne Hälse zu drehen, zeigen, daß, wenn man die Cubikzahl des Durchmessers von dem Halse in Zollen mit 880 multiplicirt, das Product die Torsionskraft ausdrücken wird, welche auf den Hals bei 6 Zollen Halbmesser einwirkt. Um den Durch-

messer einer gußeisernen Schwungradwelle zu bestimmen, multiplicire man die Quadratzahl des Cylinderdurchmessers in Zollen mit der Länge der Kurbel in Zollen und ziehe die Cubikwurzel aus dem Product, welche, mit 0,3025 multiplicirt, den Durchmesser der gußeisernen Welle an ihrem schwächsten Theile angeben wird. Um den Durchmesser der schmiedeeisernen Ruderradwelle eines Dampfschiffes zu bestimmen, multiplicire man das Quadrat des Cylinderdurchmessers in Zollen mit der Länge der Kurbel in Zollen und ziehe aus dem Product die Cubikwurzel, welche, mit 0,242 multiplicirt, den Wellendurchmesser an der schwächsten Stelle in Zollen ausdrückt. Den Durchmesser der Kurbelwarze macht man gewöhnlich gleich $\frac{1}{6}$ von dem Cylinderdurchmesser, wenn sie aus Gußeisen, und $\frac{1}{7}$ von dem Cylinderdurchmesser, wenn sie aus Schmiedeeisen besteht; dem Kolbenstangendurchmesser giebt man gewöhnlich $\frac{1}{10}$ von dem Cylinderdurchmesser, oder macht den Querschnitt der Kolbenstange gleich $\frac{1}{100}$ von der Cylinderoberfläche. Die Querschnittfläche von den hauptsächlichsten Stangen der Parallelogramme feststehender Maschinen macht man gleich $\frac{1}{13}$ von der Cylinderoberfläche, und die Länge dieser Stangen ist gewöhnlich gleich der Hälfte des Hubes. Bei feststehenden Maschinen bestehen die Kurbelstangen gewöhnlich aus Gußeisen mit einem kreuzförmigen Querschnitt und es beträgt die Breite des Kreuzes ohngefähr $\frac{1}{20}$ von der Länge der Stange, der Querschnitt in der Mitte $\frac{1}{28}$ von der Cylinderoberfläche, und an den Enden $\frac{1}{35}$ von derselben. Die Länge der Stange beträgt gewöhnlich das $3\frac{1}{2}$ fache von dem Kolbenhube. Um die Dimensionen der Zähne eines gußeisernen Rades zu bestimmen, multiplicire man den Durchmesser des Theilkreises in Fuß mit der Anzahl der zu machenden Umdrehungen in der Minute und behalte das Product als Divisor. Man multiplicire die Anzahl der wirklichen Pferdekkräfte, die durch das Rad übertragen werden sollen, mit 240 und dividire das Product durch

den obigen Divisor, wodurch man die Stärke der Zähne erhält. Ist der Theilungskreis gegeben und man will die Breite finden, so dividire man die obige Stärke mit dem Quadrat des Theilkreises in Zoll; oder wenn die Breite gegeben ist, und man will die Theilung bestimmen, so dividire man die Stärke durch die Breite in Zoll und ziehe die Quadratwurzel aus dem Quotienten, welches die Theilung in Zoll angiebt. Die Länge der Zähne beträgt gewöhnlich $\frac{5}{8}$ von der Theilung. Getriebe, die genügend arbeiten sollen, dürfen nicht weniger als dreißig bis vierzig Zähne haben, und wenn die Geschwindigkeit 200 Fuß in der Minute übersteigt, so müssen die Zähne des größern Rades aus Holz bestehen und müssen etwas stärker gemacht werden, damit sie die Arbeit gehörig leisten können. Diese Regeln sind größtentheils nur bei Condensationsmaschinen anwendbar, die mit einem Dampfdruck von wenigen Pfd. über dem atmosphärischen arbeiten, wogegen bei manchen neuern Maschinen, hauptsächlich bei Dampfschiffen seit Einführung der Röhrenkessel, der Druck des Dampfes so bedeutend gestiegen, daß die auf den Kolben einwirkende Kraft doppelt so groß als früher ist.

138. F. — Gibt es Regeln zur Bestimmung der Stärke, die bei jedem Druck anwendbar sind?

A. — Bei den bereits angegebenen Regeln kann der Druck zu 18 bis 20 Pfd. auf den Quadratzoll des Kolbens angenommen werden. Ist daher der Druck auf jeden Quadratzoll des Kolbens noch einmal so groß, so müssen die Dimensionen gerade die passenden für eine doppelt so große Kolbenoberfläche sein. Jedoch hat es gar keine Schwierigkeiten, den Druck als ein Element der Berechnung in die Regeln einzuführen, so daß dieselben sowohl bei Hoch- als auch bei Niederdruckmaschinen anwendbar sein werden. Die Methode der Berechnung wird daher die folgende sein: Um die Dimensionen einer schmiedeeisernen Ruderradwelle für Dampfböte zu bestimmen, so daß

die Belastung $\frac{5}{6}$ von der Elasticität nicht übersteigt, oder daß $\frac{5}{6}$ von der Festigkeit des Eisens (die 17800 Pfd. auf den Quadratzoll beträgt) hinlänglich ist, um bleibenden Beschädigungen der Textur zu widerstehen, verfähre man folgendermaßen: Man multiplicire den 0,08264fachen Druck in Pfunden auf den Quadratzoll des Kolbens mit der Quadratzahl des Cylinderdurchmessers in Zollen und der Länge des Krummzapfens in Zollen und ziehe aus dem Product die Cubikzahl, welches der Durchmesser des Halses der Radwelle in Zollen sein wird, mag der Druck des Dampfes sein, welcher er wolle. Die Länge des Halses muß gleich dem $1\frac{1}{4}$ fachen Durchmesser sein; der Durchmesser desjenigen Theiles aber, an welchem die Kurbel angebracht wird, ist oft gleich dem Durchmesser über den Halsen. Um den äußersten Durchmesser des großen Auges der Kurbel, wenn sie aus Schmiedeeisen besteht, zu bestimmen, verfährt man wie folgt: Zu dem 1,561fachen Druck des Dampfes auf den Kolben, in Pfunden und auf den Quadratzoll, multiplicirt mit dem Quadrat der Länge der Kurbel in Zollen, addire man das 0,00494fache des Quadrats des Cylinderdurchmessers in Zollen, multiplicire mit dem Quadrat des Drucks auf den Quadratzoll des Kolbens, in Pfunden ausgedrückt. Aus dieser Größe ziehe man die Quadratwurzel, dividire das Resultat mit dem 75,59fachen der Quadratwurzel der Kurbellänge in Zollen und multiplicire den Quotienten mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen. Nun erhebe man das Product ins Quadrat und ziehe daraus die Cubikzahl, addire den Durchmesser der Oeffnung zur Aufnahme der Welle hinzu, so erhält man den äußern Durchmesser des Kurbelauges. Den Durchmesser des kleinen Auges der schmiedeeisernen Kurbel bestimmt man dadurch, daß man zu dem Durchmesser der Warze die 0,02521fache Quadratwurzel des Drucks auf den Kolben in Pfunden auf den Quadratzoll addirt und die Zahl mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen multiplicirt.

Den Warzendurchmesser bestimmt man dadurch, daß man die 0,02836fache Quadratwurzel des Drucks auf den Kolben in Pfunden auf den Quadratzoll mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen multiplicirt. Die Länge der Warze beträgt ohngefähr $\frac{9}{8}$ von ihrem Durchmesser, und die Belastung, wenn sie gänzlich auf dem Ende der Warze ruht, ist gleich der Elasticität. Unter gewöhnlichen Umständen wird jedoch die Belastung nur $\frac{1}{3}$ von der Elasticität ausmachen. Die Stärke des Kurbelarms, vorausgesetzt, daß er bis zu der Mitte der Welle reicht, kann an jenem Punkte durch die folgende Regel bestimmt werden: — Zu dem 1,561fachen Quadrat der Länge der Kurbel in Zollen addire man das 0,00494fache Quadrat des Cylinderdurchmessers in Zollen, multiplicire die Zahl mit dem Druck auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden und dividire das Product mit 9000. Aus dem Quotienten ziehe man die Cubikwurzel, so erhält man die Stärke des Kurbelarms, vorausgesetzt, daß er aus Schmiedeeisen besteht. Die Stärke oder Dicke des Arms an der Mitte der Warze wird dadurch bestimmt, daß man die 0,022fache Quadratwurzel des Drucks in Pfunden auf den Quadratzoll des Kolbens mit dem Cylinderdurchmesser multiplicirt. Die Breite des Kurbelarms an der Mitte des Wellzapfens beträgt die doppelte und die an der Mitte der Warze die $1\frac{1}{2}$ fache Stärke. Die Länge des großen Auges von der Kurbel muß gleich dem Welldurchmesser und die des kleinen Auges gleich der 0,0375fachen Quadratwurzel des Drucks in Pfunden auf den Quadratzoll des Kolbens, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser, sein. Den Durchmesser der Kolbenstange kann man dadurch bestimmen, daß man den Cylinderdurchmesser in Zollen mit der Quadratwurzel des Drucks in Pfunden auf den Quadratzoll des Kolbens multiplicirt und das Product mit 50 dividirt, so daß die Belastung $\frac{1}{7}$ von dem Elasticitätsmodulus beträgt. Den Durchmesser der Kurbelstange am Ende bestimmt man, indem man die 0,019fache Qua-

dratwurzel des Drucks auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen multiplicirt. Der Durchmesser der Kurbelstange in der Mitte kann durch folgende Regel bestimmt werden: — Zu der 0,0035fachen Länge der Kolbenstange addire man 1 und multiplicire diese Zahl mit dem Product aus der 0,019fachen Quadratwurzel des Drucks auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden und dem Cylinderdurchmesser in Zollen. Den Durchmesser der Stange zu den Seiten der Cylinder an ihren Enden bestimmt man, indem man die 0,0129fache Quadratwurzel des Drucks auf den Kolben in Pfunden auf einen Quadratzoll mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen multiplicirt. Der Durchmesser dieser Stange in ihrer Mitte wird durch die folgende Regel bestimmt: — Zu der 0,0035fachen Länge der Stange in Zollen addire man 1 und multiplicire die Summe mit dem Product aus der 0,0129fachen Quadratwurzel des Drucks auf 1 Quadratzoll des Kolbens in Pfdn. und dem Cylinderdurchmesser in Zollen. Das Product ist der Durchmesser einer jeden von den beiden Stangen zur Seite des Cylinders in der Mitte. Die Belastung auf die Kurbel- und die Seitenstange beträgt bei diesen Regeln $\frac{1}{6}$ von dem Elasticitätsmodulus. Giebt man der Querstange am obern Ende der Kurbelstange den 1,4fachen Cylinderdurchmesser, so werden ihre Dimensionen die folgenden sein: — Der äußere Durchmesser des Auges in der Querstange zur Aufnahme der Kolbenstange ist gleich dem Durchmesser der Oeffnung plus der 0,02827fachen Cubikwurzel des Drucks auf 1 Quadratzoll der Kolbenoberfläche in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen. Die Tiefe der Oeffnung ist gleich der 0,0979fachen Cubikwurzel des Drucks auf 1 Quadratzoll des Kolbens in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen. Der Durchmesser eines jeden der beiden Zapfen an den Enden der Querstange ist die 0,01716fache Quadratwurzel des Drucks auf 1 Quadratzoll

des Kolbens in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen; die Länge der Zapfen = $\frac{9}{8}$ des Durchmessers. Die Stärke oder Dicke der Stange in der Mitte ist die 0,0243fache Cubikwurzel des Drucks auf den Cubikzoll des Kolbens in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen, und die Höhe der Stange in der Mitte gleich der 0,09178fachen Cubikwurzel des Drucks auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen. Die Stärke der Stange an den Zapfen ist gleich der 0,0122fachen Quadratwurzel des Drucks auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen; und die Höhe an den Zapfen ist gleich der 0,0203fachen Quadratwurzel des Drucks auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen. Bei diesen Regeln für die Querstange ist die Belastung gleich $\frac{1}{2,225}$ der Elasticität; die Belastung durch die Zapfen unter den gewöhnlichen Bedingungen ist $\frac{1}{2,33}$ der Elasticität; und wenn die äußern Enden der Zapfen die einzigen Tragpunkte sind, so beträgt die Belastung $\frac{1}{1,165}$ von der Elasticität und ist daher nicht viel geringer. Der Durchmesser des Hauptmittelpunktes kann bestimmt werden, wenn man das 0,0367fache Quadrat des Drucks auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen multiplicirt. Es wird bei allen diesen Bestimmungen vorausgesetzt, daß die Querstange aus Schmiedeeisen besteht. Die Länge des mittlern Zapfens muß den $1\frac{1}{2}$ fachen Durchmesser betragen; die Belastung dieses Theils beträgt etwa $\frac{1}{2}$ des Elasticitätsmodulus. Bei Maschinen mit schwingenden Cylindern wird der Durchmesser der Schwingungszapfen mittelst des Röhrendurchmessers, so wie auch durch die Eisenstärke der Zapfen bestimmt, welche letztere etwa gleich der des Cylinders ist. Aus den verschiedenartigen Verhältnissen der verschiedenen Theile der Dampfmaschinen

zwischen Belastung und Elasticitätsmodulus ist es einleuchtend, daß die nach diesen Regeln construirten Maschinen — obgleich sie die durchschnittliche Praxis der besten Maschinenbauer zeigen — dennoch manche Theile haben, die, gegen andere genommen, zu stark sind. Um dieser Ungleichheit abzuhelpfen, ist es am zweckmäßigsten, die zu schwachen Theile stärker zu machen. Die Richtigkeit dieser Annahme wird hinreichend dadurch bewiesen, daß manche Theile bei den oben angegebenen Dimensionen häufig brechen, sobald sie nicht aus dem besten Eisen bestehen. Ueberhaupt genügen gewisse Verhältnisse dieser Regeln nur dann, wenn gute Materialien dazu verwendet werden; jedoch ist es von Wichtigkeit, zu erfahren, bei welchen Theilen gute Materialien und größere Dimensionen am unerläßlichsten sind. Die Tiefe der Keile und Lösekeile, mit welchen die Kolbenstange an die Querstange befestigt wird, ist gleich der 0,0358fachen Cubikwurzel des Dampfdrucks auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen; die Stärke der Keile und Lösekeile ist gleich der 0,007fachen Cubikwurzel des Drucks auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen. Die Höhe des Lösekeils im Kolben ist gleich der 0,017fachen Quadratwurzel des Drucks auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser in Zollen; die Stärke des Lösekeils im Kolben ist gleich der 0,007fachen Quadratwurzel des Drucks auf den Quadratzoll des Kolbens in Pfunden, multiplicirt mit dem Cylinderdurchmesser. Alle Antworten auf die in Frage gestellten Regeln sind in Zollen gegeben.

139. F. — Wie bestimmt man die Stärke der Kessel?
 A. — Das zu den Kesseln verwendete Eisen kann gleich dem zu den Maschinentheilen benutzten eine zerreiße Kraft von 50,000 bis 60,000 Pfd. auf jeden Quadratzoll des Querschnitts aushalten, ohne bleibende Veränderung

der Textur zu veranlassen, jedoch nur ein Drittel von dieser Belastung. Es ist daher nicht zweckmäßig, wenn bei irgend einem Dampfkessel die Belastung 4000 Pfd. auf den Quadratzoll der Fläche übersteigt, und 3000 Pfd. wird ein noch besseres Verhältniß sein. Ueber die Stärke der Dampfkessel sind vor einigen Jahren sehr zweckmäßige Untersuchungen von dem Franklin-Institut in Amerika angestellt und man fand, daß die Festigkeit der Bleche bis zu der Temperatur von 550° F. (340° C.) steige, sich von diesem Punkt ab aber vermindere. Bei 32° F. betrug die Festigkeit auf den Quadratzoll des Querschnittes 56,000 Pfd.; bei 570° war sie 65,500 Pfd., bei $720^{\circ} = 55,000$ Pfd., bei $1050^{\circ} = 32,000$ Pfd., bei $1240^{\circ} = 22,000$ Pfd., bei $1317^{\circ} = 9000$ Pfd. Das Kupfer befolgt ein anderes Gesetz als das Eisen und scheint bei jeder Temperaturerhöhung an Festigkeit zu verlieren. Bei 32° F. wurde dieselbe zu 32,800 Pfd. auf den Quadratzoll gefunden; es übertrifft dieser Modulus die Festigkeit bei jeder höhern Temperatur und das Quadrat der Verminderung der Festigkeit scheint mit der Cubikzahl der höhern Temperatur Schritt zu halten. Eisernen Bänder, die in der Richtung des Fadens oder Nerven laufen, sind ohngefähr 6 Procent stärker, als die in einer Querrichtung aus Blechplatten geschnittenen. Wiederholtes Aufeinanderlegen und Ausschweißen des Eisens vermehrt dessen Festigkeit, allein das Zusammenschweißen verschiedener Eisensorten ist nicht vortheilhaft. Zufällige Ueberheizung eines Kessels vermindert die größte Festigkeit des Kesselblechs von 65,000 bis auf 45,000 Pfd. auf den Quadratzoll und durch das Vernieten der Platten wurde die Festigkeit auf $\frac{1}{3}$ vermindert. Bei manchen Locomotivkesseln, die mit einem Druck von 80 Pfunden auf den Quadratzoll arbeiten, beträgt die Dicke der Platten nur $\frac{5}{16}$ Zoll, während der cylindrische Theil des Kessels 39 Zoll im Durchmesser hat. Es ist eine Länge von 3,2 Zoll des Kessels erforderlich, wenn bei einer Dicke

des Blechs von $\frac{5}{16}$ Zoll ein Querschnitt von 1 Quadratzoll genommen werden soll; und die zerreiße Kraft ist $39 \times 3,2 \times 80$, welches gleich 9984 Pfund auf 2 Quadratzoll Querschnitt auf beiden Seiten macht, das heißt einen auf jeder Seite oder 4992 Pfd. auf einen Quadratzoll, und dies ist eine größere Belastung als zweckmäßig. Die Verstärkung durch die Kesselenden ist hier eben so wenig berücksichtigt, wie die Schwächung durch die Riete, welche sich aber beide das Gleichgewicht halten mögen. Die Stärke von cylindrischen Kesseln oder andern cylindrischen Gefäßen, mögen sie nun aus Guß- oder Schmiedeeisen bestehen, die einem innern Druck unterworfen sind, können durch die folgende Regel gefunden werden: — Man multiplicire den 2,54fachen innern Durchmesser des Cylinders in Zollen mit dem größten Druck im Cylinder auf den Quadratzoll und dividirt mit der Belastung, die das Metall, ohne zu zerreißen, tragen kann und die für Schmiedeeisen 17,800 und für Gußeisen 15,300 Pfd. auf den Quadratzoll beträgt; der Quotient ist die Stärke in Zollen. Sind die Seitenwände des Cylinders platt und nicht cylindrisch, so müssen, um dem Druck den gehörigen Widerstand zu leisten, eine gehörige Anzahl von Stehbolzen angewendet werden, und es ist zweckmäßig, dieselben mit nicht mehr als 3000 Pfd. auf den Quadratzoll des Querschnitts zu belasten, da die Festigkeit der Stehbolzen im Innern der Kessel bald vermindert wird. Es ist auch zweckmäßiger, schwache und viele, als starke und wenige Stehbolzen anzuwenden, da sich letztere an den Enden nur schwierig verdichten lassen, so daß der Kessel dadurch leicht Wasser oder Dampf verliert. Eine sich der Locomotive nähernde Belastung würde bei Schiffsdampfesseln sehr un Zweckmäßig sein, da dieselben innerlich und äußerlich sehr stark angegriffen werden. Alle neuen Kessel müssen mit dem drei- oder vierfachen Druck des auszuhaltenden probirt werden und dann und wann muß dies auch während des Gebrauchs

mit einer Handpumpe geschehen, um schwache Stellen zu finden, welche durch das Zerfressen entstanden sein könnten.

140. F. — Woher kommt es, daß die Meeresdampfschiffskessel so rasch angegriffen und zerstört werden?

A. — Die Meereschiffskessel leiden äußerlich, in der Gegend der Dampfbüchse dadurch, daß Wasser vom Deck heruntertropft; der Kesselboden wird von der Einwirkung des Kimm- oder Schlagwassers angegriffen und der Aschenfall durch den Gebrauch, die Asche mit Meereswasser zu löschen. Jedoch kann man diese Ursachen der Zerstörung leicht entfernen. Der Kesseldeckel kann gegen äußeres Zerfressen dadurch geschützt werden, daß man die Filze bedeckt und darüber Bleiblech legt, welches an den Fugen zusammengelöthet wird, so daß gar kein Wasser hindurchdringen und den Kessel angreifen kann. Die Aschenfälle können durch Platten geschützt werden, die in dieselben einpassen und durch einige Schraubenbolzen mit dem Kessel verbunden sind, so daß man sie, wenn sie angegriffen sind, leicht wegnehmen und durch andere ersetzen kann, wodurch jede Zerstörung des Kessels an diesen Theilen verhindert wird. Die leichte Zerstörung des Kesselbodens aber läßt sich dadurch verhindern, daß man ihn auf einen zweckmäßigen Boden in Mastircement setzt. Die größte Zerstörung des Kessels findet aber auf der innern Seite des Raumes für den Dampf statt, und der Grund dieser Zerfressung ist ein noch sehr dunkler Punkt im Maschinenbau. Von einer chemischen Einwirkung des Salzwassers auf das Eisen kann sie nicht herrühren, indem die mit Wasser angefüllten Theile des Kessels sehr wenig angegriffen sind, und bei Dampfschiffen, die mit dem Hall'schen Condensator versehen sind, welcher den Kessel mit süßem Wasser speist, hat man kaum eine größere Dauer der Kessel erreicht. Dennoch kann man die Kessel der Meeresdampfschiffe kaum länger als 4 oder 5 Jahr, die Kessel stehender Dampfmaschinen dagegen, wenn sie mit reinem Wasser gespeist werden können, und

vorausgesetzt, daß zu beiderlei Arten von Kesseln gleich gutes Blech angewendet wird, 18—20 Jahre gebrauchen. Muß man, wie dies hin und wieder der Fall ist, die Kessel der stehenden Maschinen mit vitriolischem Wasser speisen, so dauern sie oft noch kürzere Zeit, als die Kessel der Meeresdampfschiffe, welche Salzwasser verdampfen. Die dünne Schicht von steiniger Materie (Kesselstein), mit welcher die mit Wasser angefüllten Theile der Kessel auf Meeresdampfschiffen überzogen sind, schützt dieselben gegen Zerstörung; und wenn die andern Theile vollständig zerfressen sind, so bleiben die das Wasser enthaltenden so vollkommen unangegriffen, daß Hammerschläge eben so sichtbar sind, als bei einem neuen Kessel. Die Einwirkung des Dampfes beim Zerfressen der innern Theile der Kessel ist oft eine sehr sonderbare; die bei dem einen Kessel oft sehr schnell zerfressenen Theile bleiben bei einem andern unberührt, und in manchen Fällen wird die eine Seite des den Dampf enthaltenden Raumes nur allein angefressen und zerstört, während die andere unbeschädigt bleibt. Zuweilen blättert das Eisen in Gestalt eines schwarzen Oxides, gleich den Blättern eines Buches auf, während es in andern Fällen wie durch eine starke Säure zerfressen erscheint. Die Anwendung von Filz auf der äußern Seite des Kessels hat in manchen Fällen die innere Zerstörung beschleunigt; Kessel, in denen viel Kesselstein angehäuft ist, erscheinen zerfressener, als solche ohne diesen Absatz, und wo der Trichter durch den Dampfraum geht, ist das Eisen desselben weit mehr zerfressen, als wo der Trichter nicht hindurchgeht. Diese Thatsachen scheinen zu beweisen, daß die innere Zerfressung der Kessel von den Meeresdampfschiffen hauptsächlich dem Vorhandensein übersättigten Dampfes in denselben zugeschrieben werden müsse. Dieser Dampf ist solcher, dem nach seiner Erzeugung noch eine gewisse Wärmemenge mitgetheilt worden ist, so daß seine Temperatur größer ist, als seiner Elasticität zukommt; und

mit dieser Hypothese werden die sich auf die Zerstörung der Kessel beziehenden Thatsachen sich leicht erklären lassen. Der Filz, der die Außenseite des Kessels bedeckt, beschleunigt die Zerstörung des Innern dadurch, daß er den Dampf in einem übersättigten Zustande erhält, während dies nicht der Fall ist, wenn sich ein Theil der Hitze vertheilt. Kessel, in denen sich viel Absatz findet, müssen mit sehr salzigem Wasser gespeist worden sein, welches nothwendig übersättigten Dampf erzeugen muß. Die Temperatur des Dampfes kann nicht geringer sein als die des Wassers, aus welchem er erzeugt worden ist, und da der Siedepunkt des Wassers unter einem gegebenen Druck mit seinem Salzgehalt steigt, so muß mit demselben, bei gleichbleibendem Druck, auch die Temperatur des Dampfes steigen; oder mit andern Worten, der Dampf muß eine höhere Temperatur haben, als seiner Elasticität zukommt, oder sich im Zustande der Uebersättigung befinden. Der Umstand, daß der Essenkanal durch den Dampf geht, muß dessen Temperatur nothwendig erhöhen, so daß alle Umstände, welche die Zerstörung beschleunigen, dem Anschein nach auch solche sind, welche die Bildung von übersättigtem Dampf veranlassen. Nun ist aber die natürliche Wirkung des übersättigten Dampfes Oxydation des Eisens, mit welchem er in Berührung kommt, wie sich durch das gewöhnliche Experiment beweisen läßt, daß man Wasserstoff dadurch erzeugt, daß man Dampf durch eine rothglühende Röhre, die mit Eisenstückchen angefüllt ist, strömen läßt; und obgleich die Wirkung des übersättigten Dampfes nothwendig weit schwächer sein muß, als wenn das Eisen rothglühend ist, so bleibt doch stets eine oxydirende Wirkung, und die Zerstörung muß daher durch die fortwährende Einwirkung sehr bedeutend werden. Kessel mit einer großen Heizoberfläche, oder solche mit abwärts gehenden Zügen, die durch das kältere Wasser am Boden des Kessels gehen, ehe sie sich mit der Esse vereinigen, erleiden einen geringern

Grad der Zerstörung, als solche Kessel, bei denen der Rauch mit einer hohen Temperatur entweicht. Auch wird die Zerstörung des Kessels vermindert werden, wenn das Innere der durch den Dampf gehenden Züge im Innern mit feuerfesten Ziegelsteinen ausgesetzt sind, so daß die Hitze an jenen Punkten nicht durchdringt. Das Zweckmäßigste scheint übrigens das zu sein, den Rauch durch eine passende Oeffnung unter dem Wasserspiegel abzuführen, so daß man überhaupt keinen Zug durch den Dampf zu führen braucht. Oder man umgibt die Esse mit einer Wassersäule, und schafft so viel Speisewasser in dieselbe, als die Wärme der Esse auf den Siedepunkt zu erheben vermag, da unter diesen Umständen die Speisewasser keine Condensation des Dampfes veranlassen können.

141. Fr. — Wie verfährt man bei der Anfertigung und Aufstellung der wagenförmigen Kessel?

A. — Die meisten Kessel werden aus $\frac{3}{8}$ Zoll starken Platten oder Kesselblech angefertigt, und die dazu benutzten Riete haben $\frac{3}{8}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser. Am Boden und an den Seitenwänden der wagenförmigen Kessel müssen die Köpfe der Riete, d. h. diejenigen Enden, die bereits vollendet sind, wenn die Riete gebraucht werden, recht groß sein und nach dem Feuer zu stehen, d. h. also auf der äußern Seite; wogegen am Deckel des Kessels die Nietköpfe auf der innern Seite vorhanden sein müssen. Es müssen die Riete von Mitte zu Mitte ungefähr zwei Zoll von einander stehen, und die Nietreihe ungefähr einen Zoll von der Kante der Platte entfernt sein. Die Kanten der Platte müssen gut beschnitten sein, sowohl auf der Innen-, als Außenseite, und nachdem die Theile des Kessels zusammengenietet worden sind, müssen die Kanten der Platten mit einem stumpfen Meißel, der eine etwa $1\frac{1}{4}$ Zoll starke Spitze hat, mit einem 3 — 4 Pfd. schweren Hammer angetrieben werden, indem einer von den Kesselschmieden den Meißel aufsetzt, während der andere den Hammer führt. Darauf wird der

Kessel mit Wasser angefüllt und die lecken Punkte werden nochmals angetrieben. Alle Fugen über dem Wasser müssen alsdann mit einer Auflösung von Salmiak in Urin bestrichen, und nachdem sie gehörig gerostet sind, über einem mäßigen Feuer gehörig getrocknet werden. Darauf trägt man einen Kitt von Bleiweiß und Leinöl auf, wobei man aber immer noch mit Anwendung der Wärme fortfährt, allein bis daß der Kitt so hart ist, daß er noch mit einem Nagel Eindrücke annimmt, muß man immer nur ein mäßiges Feuer anwenden, und damit so lange fortfahren, bis der Kitt völlig trocken ist. Bei dem Aufbau des Kesselofens muß man zu allen Theilen, auf welche das Feuer unmittelbar einwirkt, Lehm und keinen Mörtel gebrauchen, sondern denselben nur zu den äußern Mauerungen benutzen. Unter den Kessel muß man alte Stäbe von Flacheisen legen, um das Verbrennen von diesem Theil zu verhindern, auch muß das Mauerwerk mit eisernen Verankerungen versehen werden, damit es nicht auseinander reißt. Der Deckel des Kessels muß mit Ziegelsteinen bedeckt werden, die in den besten Kalk gelegt werden, und wenn es nicht hydraulischer ist, so muß man ihn mit holländischem Traß vermengen, damit kein Wasser hindurchdringen kann. Ueber den Ziegelsteinen muß mit Sorgfalt eine Kalkschicht aufgetragen werden, um alle Fugen so dicht als möglich zu machen. Da, wo die Züge sind, müssen an zweckmäßigen Punkten Oeffnungen bleiben, um die Züge, sobald es erforderlich ist, reinigen zu können, und die Oeffnungen müssen alsdann mit gußeisernen Thüren verschlossen und die Fugen gehörig mit Lehm verstrichen werden, wodurch ein leichtes Wegnehmen erreicht werden kann. In dem Fuchs, d. h. in demjenigen Zuge, welcher in unmittelbarer Verbindung mit der Esse steht, muß ein Register angebracht werden. Dasselbe besteht aus einem gußeisernen Rahmen, in welchem eine ebenfalls gußeiserne Platte mit einem schmiedeeisernen Griff sich verschieben läßt; der Rahmen ist in das Mauer-

werk eingelassen. Durch dieses Register kann der Zug im Ofen vermindert und auch gänzlich unterbrochen werden.

142. F. — Haben die Kessel der Meeresdampfschiffe dieselbe Construction, wie die der stehenden Dampfmaschinen?

A. — Nein, es findet ein geringer Unterschied statt. Alle Platten eines Schiffsdampfkessels müssen eine doppelte Vernietung mit Nieten von $\frac{11}{16}$ Zoll Durchmesser haben; die Niete stehen von Mitte zu Mitte $2\frac{3}{8}$ Zoll auseinander, die doppelte Vernietung gewährt aber eine weit größere Dichtigkeit und Festigkeit, als eine einfache. Die Ofen müssen über den Stäben aus den besten Platten bestehen, und zwar nur aus drei Stück, zwei zu beiden Seiten und eine als Decke; die untern Kanten der beiden Seitenplatten liegen unter den Koststäben, damit sie nicht der Einwirkung des Feuers ausgesetzt sind. Die Röhrenplatten der Röhrenkessel müssen aus dem besten $\frac{7}{8}$ bis 1 Zoll starken Blech bestehen, und es hat das Blech aus Holzkohleneisen stets den Vorzug vor dem aus Steinkohleneisen. Das Blech zu den Röhren muß $\frac{7}{16}$ Zoll stark und ebenfalls von bester Beschaffenheit sein. Winkeleisen muß man nicht zur Anfertigung der Kessel verwenden, da es leicht schiefzig ist und in der Längenrichtung aufblättert. Weit zweckmäßiger ist es, an den Kanten die Platten zu biegen, welches jedoch mit großer Sorgfalt geschehen, und wobei man dahin sehen muß, die Biegung nie schärfer zu machen, als es nothwendig erforderlich ist. Die Blechplatten, welche gebogen werden sollen, müssen von der besten Beschaffenheit sein. Sehr zweckmäßig wird es sein, den Kesselofen mit einem Ring von Winkeisen zu umgeben, obgleich man es, wie schon bemerkt, bei andern Theilen der Kessel nicht mehr anwendet; allein auch bei den Ofen muß man es nur sparsam und von bester Beschaffenheit benutzen. Bei allen Kesselplatten müssen die Nietlöcher mit einem Durchschnitt gemacht und die Kanten recht gerade geschnit-

ten worden sein. Beide Arbeiten geschehen durch eine selbstwirkende Maschine, die mit einer vorrückenden Tafel versehen ist, während die Maschine bei jedem Zuge und auf eine genau gleichförmige Art die Kante beschneidet und das Nietloch durchstößt. Das gewöhnliche Verfahren, die Theile der Kessel durch Schraubenwinden zusammenzutreiben oder zusammenzuhalten und alsdann die Löcher durchzuschlagen, darf nicht gestattet werden, da alsdann eine zu große Belastung auf den Nieten liegt, selbst wenn kein Dampf im Kessel ist. Auch die Niete müssen von dem besten Eisen gefertigt sein. Nach dem Vernieten müssen alle Niete mit dem Nietenzieher bearbeitet werden, wobei man sich jedoch gewöhnlich leichterer Hämmer als der oben angegebenen bedient, hauptsächlich wenn das Vernieten der Kanäle vorgenommen wird. Bei dem Aufstellen der Schiffskessel muß man sorgfältig dahin sehen, daß keine kupfernen Niete oder Bolzen über der Platte, auf welcher sie ruhen, hervorstehen, und daß auch an den Seiten des Schiffs keine kupfernen Bolzen den Kessel berühren, indem in diesem Falle die galvanische Wirksamkeit die Berührungspunkte sehr bald in Löcher verwandeln würde. Die Plattform kann aus dreizölligen Bohlen bestehen, die quer über den Kiel gelegt und mit eisernen Nägeln darauf befestigt werden, deren Köpfe man, wie dies auf dem Deck geschieht, mit möglichster Sorgfalt versenkt. Die Oberfläche kann alsdann mit dünnem Kitt überzogen und die ganze Schiffslänge mit halb so starken Bohlen wie die vorigen belegt werden, die man ebenfalls festnagelt und die Nagelköpfe versenkt. Diese Plattform muß darauf mit einer dünnen, aber gleichförmigen Lage von Mastircement überzogen werden. Auf diese Schicht wird nun der Kessel gesetzt und der Cement mit hölzernen Werkzeugen unter den Kessel so dicht eingestoßen, daß jeder leere Raum angefüllt wird. Rings um den Kessel müssen nun hölzerne Planken gesetzt werden, die oben abgeschragt sind, und der Raum

zwischen Kessel und Planken muß mit Cement ausgefüllt und derselbe festgestampft werden. Oben macht man diese Füllung recht eben und gleicht sie mit den Planken ab, so daß kein Wasser zwischen Kessel und Planken eindringen kann. Den Mastircement, so wie er zum Einsetzen der Kessel zweckmäßig ist, kann man an mehreren Orten Englands fertig kaufen; der Samelin'sche Mastix hat folgende Zusammensetzung: mit irgend einem gegebenen Gewicht Sand oder pulverisirtem Steingut vermengt man $\frac{2}{3}$ des Gewichts guten Kalkstein, der ebenfalls zu Pulver verwandelt worden ist. Zu jedem 560 Pfd. dieses Gemenges thue man 40 Pfd. Bleiglätte, 2 Pfd. zerpulvertes Glas oder zerpulverten Feuerstein, 1 Pfd. Mennige und 2 Pfd. graues Bleioxyd. Man schlage dies Gemenge durch ein Sieb und bewahre das Pulver zum Gebrauch auf. Soll nun der Mastix benutzt werden, so schüttet man 650 Pfd. von dem Pulver in einen Trog und gießt 5 Gallons (à 277,27 Cubikzoll) Leinöl oder in dessen Ermangelung ein anderes Pflanzenöl hinzu, worauf man das Del sorgfältig mit dem Sande vermengt, der dadurch das Ansehen der Befeuchtung erhält. Jedoch muß dieser Kitt an demselben Tage verbraucht werden, an welchem er angemacht worden ist, weil er sich sonst in eine feste Masse verwandelt.

143. Fr. — Giebt es nicht noch andere Details bei der Construction und Aufstellung der Schiffsdampfkessel, welche der besondern Erwähnung werth wären?

A. — Es ist nicht möglich, sie hier systematisch vorzutragen, jedoch dürfte es am zweckmäßigsten sein, eine summarische Uebersicht davon zu geben. Wir haben schon bemerkt, daß die Roststäbe nicht viel länger als 6 Fuß sein dürfen, da sich lange Ofen nicht gut feuern lassen, und dennoch ist es ganz gewöhnlich, lange und enge Ofen zu construiren, deren hinteres Ende, besonders auf langen Reisen und bei stürmischem Wetter nicht gehörig mit Brennmaterial versehen werden kann, weshalb am hin-

tern Ende des Rostes Luft durch denselben in die Kanäle strömt und dadurch die Wirksamkeit des Kessels vermindert. Sind die Roststäbe sehr lang, so wird eine schlechte Verdampfung die Veranlassung geben, sie verkürzen zu müssen. Auch müssen die Roststäbe stets eine gewisse Neigung nach hinten haben, um das Brennmaterial leichter dahin bringen zu können. Wendet man zwei Längen von Roststäben bei einem Ofen an, so ist es zweckmäßig, in der Mitte zwei Querstäbe mit einem Zwischenraum zwischen beiden anzubringen, so daß zwischen den Enden beider Roststabsreihen die Asche hindurchfallen kann. Auch ist ein Zwischenraum zwischen beiden Längen der Roststäbe deshalb zweckmäßig, weil sich die Stäbe in Folge der erhöhten Temperatur frei, und ohne den Ofen zu beschädigen, ausdehnen können. Läßt man diese Vorsichtsmaßregel unberücksichtigt, so ist es eine gewöhnliche Folge, daß sich die Stäbe in der Hitze entweder in der Mitte oder an den Enden krumm biegen. An beiden Enden der Roststäbe, sowohl der vordern, als auch der hintern Reihe, muß ein so großer Zwischenraum vorhanden sein, daß die Asche nicht liegen bleiben kann, indem dieselbe sonst ebenfalls eine Ausdehnung der Roststäbe in der Hitze verhindern würde. Die Feuerbrücken der Schiffsdampfmaschine sind entweder mit feuerfesten Ziegelsteinen, oder mit Eisenplatten, die Wasser enthalten, ausgesetzt. Wenn letztere aber nicht mit gehöriger Sorgfalt angefertigt sind, so daß der Dampf frei aus denselben entweichen kann, so zerreißen sie leicht an den gebogenen Kanten, und es ist daher zweckmäßiger, feuerfeste Ziegelsteine zu den Feuerbrücken der Ofen anzuwenden. Sind die Ofen niedrig, so kommen die Brücken dem Deckel des Ofens oft zu nahe, so daß kein Mensch in die Feuerkanäle gelangen kann, und es wird daher sehr zweckmäßig und Kosten ersparend sein, den obern Theil der Brücken aus sehr großen Ziegelsteinen zu construiren, die man leicht wegnehmen kann, sobald eine Untersuchung

oder Reparatur der Kanäle erforderlich ist. Die niedrigsten Ofen findet man da, wo zwei Reihen von Ofen übereinander liegen; jedoch sind solche Kessel jetzt nur noch sehr wenig in Gebrauch. Wie schon bemerkt, condensirt sich der Dampf im untern Kessel, da, wo er mit dem eisernen Boden des obern Aschenkastens in Berührung tritt; auch hält es bei so niedrigen Ofen schwer, den Koftstäben einen gehörigen Fall nach hinten zu geben, um das Brennmaterial von vorn bis hinten gehörig gleichförmig auf den Koft aufzuwerfen zu können. Der Kanalkessel verengt sich gewöhnlich in der Nähe der Esse; und es ist eine gewöhnliche Einrichtung, an jenem Punkt des Kanals eine sogenannte hängende Brücke anzubringen. Es ist dies nämlich eine Eisenplatte, die bis auf eine gewisse Distanz von oben herab da in den Kanal tritt, wo er sich mit der Esse vereinigt, wodurch eine heiße Luftschicht, die den obersten Theil des Kanals einnimmt, in steter Berührung mit dem Kessel bleibt, während die kältere Luft, die den untern Theil des Kanals einnimmt, allein ausströmt. Diese Anbringung einer sogenannten hängenden Brücke ist bei manchen Kesseln sehr zweckmäßig, bei allen aber nicht anwendbar, indem Kessel mit einem kleinen Calorimeter in den Kanälen nicht verengt werden dürfen, wenn nicht ihre Verdampfungskraft vermindert werden soll. Bei Röhrenkesseln ist eine Hängebrücke nicht anwendbar; allein in gewissen Fällen wird eine durchbohrte Platte gegen die Röhrenenden gelegt, welche mittelst zweckmäßiger Vorrichtungen wie ein Register wirken kann, und wodurch die Enden aller Röhren theilweis oder gänzlich verschlossen werden können. Auch wendet man an Kesseln dieser Art Register an, welche die Einrichtung der Fensterjalousien haben. Obgleich diese verschiedenen Register bis jetzt nur erst bei Locomotivkesseln angewendet worden sind, so lassen sie sich doch ebenso gut bei den röhrenförmigen Schiffskesseln anbringen, die jetzt immer häufiger werden. Es ist ein Vortheil, daß

eine Theilung zwischen den Röhren eines jeden Ofens bei einem Schiffskessel angebracht ist, so daß der Rauch eines jeden Ofens für sich allein aufgefangen, und daß er nicht mit dem Rauch des benachbarten Ofens zusammen in die Esse strömt. Bei einer solchen Einrichtung braucht nur ein Ofen außer Betrieb gesetzt zu werden, wenn man ihn reinigen will, und nicht der ganze Kessel. Es können daher auf dem Meere die Röhren eines Ofens gereinigt werden, ohne daß diese Arbeit eine hindernde Einwirkung auf die übrigen hätte. Die Verbindung zwischen den Röhren eines nicht im Betriebe stehenden Ofens und der Esse muß in solch einem Falle mittelst eines Registers, oder auf irgend eine andere Weise unterbrochen werden. Die Seitenwände der innern Ofen oder Kanäle aller Kessel müssen eine solche Einrichtung haben, daß der Dampf leicht von ihren Oberflächen entweichen kann. Zu welchem Ende es zweckmäßig ist, die Kanäle am Boden etwas weiter als an der Decke zu machen, oder etwas konisch im Querschnitt, und es muß daher auch die obere Platte nicht über die Seitenplatten greifen, sondern umgekehrt, damit der Dampf von dem übergreifenden Rande nicht zurückgehalten wird, sondern nach seiner Bildung sogleich entweicht. Macht man die Seitenwände des Ofens hoch und vollkommen senkrecht, so bekommen sie durch die Hitze leicht Beulen und Knicke, in denen sich eine Dampfschicht aufhält, wodurch der Zutritt der Wassers verhindert und das Eisen durch die entstehende hohe Temperatur beschädigt wird. Um die auf die Seitenwände des Ofens einwirkende intensive Hitze zu mäßigen, ist es zweckmäßig, die äußern Roststäbe in genaue Berührung mit den Seitenwänden des Ofens zu bringen, um das Eindringen der Luft durch das Feuer zu verhindern, wodurch der Sitzgrad erhöht werden würde. Die Röhrenplatte bei Röhrenkesseln, die am Ofen steht, muß ebenfalls geneigt sein, um das Entweichen des Dampfes zu verhindern, und die kurze gebogene Platte oder Flansche

der Röhrenplatte, welche dieselbe mit dem Ofendeckel verbindet, muß eine sehr stufenweise Biegung haben, da eine scharfe Biegung des Eisens ein Zerreißen oder ein Verbrennen desselben zur Folge haben, und da sich in einer scharfen Ecke Salz ansetzen würde. Wenn die Oeffnung des Ofens dadurch verengt worden ist, daß man die Seitenwände und den Deckel des Ofens biegt, so darf die Biegung auch keine scharfe sein, damit sich auch dort kein Salz anhäufen kann, wodurch, wie schon bemerkt, die Ofenplatten sehr bald zerfressen werden würden. Es ist sehr wesentlich bei den Röhrenkesseln, daß zwischen dem Ofen und den Röhren ein hinreichender Raum bleibe, damit ein Knabe hineingelangen, alle gebildeten Schiefen wegschaffen und die Riete untersuchen könne, ob sie einer Reparatur bedürfen. Eben so zweckmäßig ist es auch, daß eine senkrechte Röhrenreihe jedem Wasserraum gegenüber wegbleibe, damit der Dampf in die Höhe steigen und das Wasser niederfallen könne. Man hat nämlich erkannt, daß, wenn an den erwähnten Stellen die Röhren wegbleiben, selbst Kessel mit mangelhafter Heizoberfläche mehr Dampf gaben, und der Brennmaterialverbrauch vermindert wurde. Die Röhren müssen alle in gleicher senkrechter Linie gehalten werden, so daß man ein Werkzeug einführen und sie reinigen kann; in horizontaler Richtung müssen sie aber in einem Zickzack liegen, indem dadurch die Festigkeit der Röhrenplatten sehr gewinnt, und sie durch die Löcher nicht zu sehr geschwächt werden.

144. F. — Wie sind die Röhren und wie sind die Unterstüzungen der Kessel eingerichtet?

A. — Die Röhren der Schiffsdampfessel bestehen gewöhnlich aus Eisenblech, sind 3 Zoll weit und 6 bis 7 Fuß lang, allein zuweilen werden auch messingene Röhren von ähnlichen Dimensionen angewendet. Bei den letztern müssen eiserne Ringe in die Enden der Röhren getrieben werden, um dieselben dicht zu erhalten. Wendet man aber

eiserne Röhren an, wie z. B. bei R u s s e l's Röhrenkesseln, so kann man sie dadurch dicht machen, daß man sie fest in die Röhrenplatte eintreibt. Die Löcher in der Röhrenplatte an der vordern Seite des Kessels macht man ungefähr $\frac{1}{16}$ Zoll größer, als die Löcher in der entgegengesetzten Röhrenplatte, auch sind die Löcher an der Außenseite beider Platten etwas ausgefräst oder trichterförmig ausgesenkt. Das eine Ende jeder Röhre ist etwa $\frac{1}{16}$ Zoll weiter als das andere, so daß es in die größeren Löcher der einen Platte paßt. Zu dem Ende werden die beiden Enden der Röhren etwas abgedreht, um ihnen einen gleichförmigen Durchmesser und gleiche Länge zu geben, während dadurch die Enden auch eine recht glatte Oberfläche erhalten. Man treibt sie alsdann erst durch die vordere und dann in die hintere Platte, welches jedoch mittelst eines leichten Handhammers und ohne Anwendung größerer Gewalt geschieht; haben alle Röhren ihre Lage in beiden Platten, so werden sie alsdann mit schweren Hämmern nach und nach fest eingetrieben. Dadurch verhindert man es, daß die Löcher ihre regelmäßige Form verlieren und nicht einzelne beschädigt werden. Endlich werden beide Enden der Röhren vernietet, so daß sie die Versenkungen in den Platten ausfüllen. Zu dem Ende müssen auch die Röhren etwas länger sein, als die äußere Entfernung einer Platte von der andern, so daß das Versenken an den Enden durch Stauchen bewirkt wird und nicht durch Umlegen der Ränder, und dieses Stauchen erfolgt am besten dadurch, daß man einen Dorn in die Röhre steckt, über welchen ein Ring greift, so daß derselbe auf den zu versenkenden Röhrenenden liegt. Werden die Röhren nicht mit Ringen befestigt, so wird es immer sehr zweckmäßig sein, daß einige von den Röhren an den Enden festgeschraubt werden, so daß sie gewissermaßen als Stege oder Stehholzen dienen, wenn die Röhrenenden weggebrannt sein sollten; auch dienen sie alsdann als Stützen für die versenkten Röhren. Um das Durchsickern von Wasser durch



die Schraubengänge zu verhindern, wenn man gewisse von den Röhren mit Schrauben versteht, ist es zweckmäßig, die mit Schrauben versehenen Enden etwa $\frac{1}{2}$ Zoll vorspringen zu lassen, auf denselben dünne Muttern anzubringen, und auch zwischen diesen und der Platte einen Bleiweißkitt zu bringen. Sind die Röhren lang, so gestattet ihre Ausdehnung, wenn der Kessel ausgeblasen ist, daß sie das Zerreißen desselben verhindern, wobei jedoch eine sichere Befestigung vorausgesetzt wird; dagegen ist es unmöglich, das Zerspringen messingener Röhren, wenn sie weit und lang sind, zu verhindern, selbst bei der Anwendung von eisernen Ringen zu ihrer Befestigung. Gewöhnlich macht man aber die messingenen Röhren viel enger, und sie werden durch die eisernen Ringe an den Enden so zusammengedrückt, daß dadurch die Ausdehnung ausgeglichen und das Zerspringen verhindert wird. Bei manchen der frühern Schiffskessel mit Messingröhren fand eine galvanische Wirkung an den Enden der Röhren statt, wodurch das Eisen der Röhrenplatten sehr schnell zerfressen wurde; weitere Erfahrung bewies aber, daß die Zerstörung hauptsächlich von einer unvollkommenen Verbindung der Röhre mit der Röhrenplatte herrührte, so daß Wasserdurchdringen und Oxidation veranlaßt werden konnte. Wo die Verbindung der Röhrenenden mit den Röhrenplatten gehörig bewirkt worden war, fanden durchaus keine zerstörenden Wirkungen auf die Letztern statt. Wenn der Dampfdruck im Kessel bedeutend ist, so muß der Kessel sehr sorgfältig befestigt und unterstützt werden; Deckel und Boden, so wie auch die Seitenwände, müssen mit einander verbunden werden, und es ist nicht hinreichend, den Kesseldeckel mit dem Ofendeckel zu verbinden, und den Kesselboden mit dem Ofenboden; denn wenn der Ofen seine Form verändert, welches nichts Ungewöhnliches unter solchen Umständen ist, so würden die Stehbolzen, welche ihn mit dem Deckel und Boden des Kessels verbinden, nur von geringem

Nutzen sein, um das Zerreißen des Kessels zu verhindern. Wenn der Dampfdruck auf den Quadratzoll 20 Pfd. beträgt, welches bei Röhrenkesseln sehr gewöhnlich ist, so wird der Druck auf jeden Quadratsfuß flacher Oberfläche 2880 Pfd. betragen, so daß, wenn die Belastung der Stehbolzen nicht 3000 Pfd. auf den Quadratzoll des Querschnitts übersteigen soll, jeder Stehbolzen für den Quadratsfuß flacher Oberfläche an Deckel, Boden, Seitenwänden und Enden fast einen Quadratzoll Querschnitt haben muß. Dies ist aber bei weitem mehr als das gewöhnlich angenommene Verhältniß, und bei kaum einem Beispiele sind die Kessel hinreichend mit Stehbolzen gesichert, sobald sie flache Flächen haben. Die Ofen müssen Stehbolzen und sonstige Befestigungen von dem besten Ketteneisen und von $1\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser haben, und es müssen dieselben durch beide Platten des das Wasser enthaltenden Raums gehen, und mit dünnen Scheiben und Schraubenmuttern bei jedem Ofen versehen sein. Auch ist es zweckmäßig, daß die Reihe der Stehbolzen in der Nähe der Ebene von den Roststäben in horizontaler Richtung, so wie auch hinreichend niedrig angebracht sind, so daß die Köpfe unter den Enden der Roststäbe liegen und nicht vom Feuer angegriffen werden können, weshalb sie auch der Neigung des Rostes folgen müssen. Die nächstfolgende Reihe von Stehbolzen müssen in der Nähe des Ofendeckels angebracht sein, welches im Verhältniß zu ihrer eigenen Leistung steht, und wodurch sie auch der Einwirkung der Hitze möglichst entzogen werden. Um den Ofen gehörig zu unterstützen, müssen, wie bei den Locomotiven, über dem Deckel Querbalken angebracht werden, mit denen der Deckel durch Bolzen oder durch Stehbolzen verbunden ist. Die letztere Art der Verbindung mit Stehbolzen ist jedoch nicht so sicher, da sie den Ofendeckel nur in der gehörigen Entfernung von den Balken halten können, und es muß alsdann der Kesseldeckel ebenso mit Stehbolzen gesichert werden, als wenn die des Ofens

gar nicht vorhanden wären. Die großen Riete, welche durch Futter gehen und zuweilen als Stehbolzen bei dem das Wasser enthaltenden Raume angewendet werden, sind sehr zu verwerfen; denn durch das starke Hämmern, wodurch die Köpfe der Riete gebildet werden müssen, wird das Eisen krystallinisch, und es ist daher nichts Seltenes, daß die Rietköpfe abspringen. Wenn ein Bruch dieser Art bei einem schon aufgestellten Kessel vorkommt und er von der Außenseite nicht zugänglich ist, so macht eine solche Reparatur immer große Umstände, und sie ist um so nachtheiliger, wenn ein Schiff auf einer Fahrt begriffen ist. Die Stehbolzen an den flachen Seitenwänden des Kessels und bei einem Dampfdruck von 20 — 30 Pfunden müssen etwa 1 Fuß oder 18 Zoll auseinander stehen, und da, wo Röhren in dem Kessel vorhanden sind und Stehbolzen zur Verbindung nicht hindurchgeführt werden können, um die Wände des Kessels zu verbinden, müssen Winkelleisen, wie die Rippen eines Schiffes, an der innern Seite des Kessels festgenietet, und über und unter den Röhren müssen stärkere Stehbolzen angebracht werden, deren Festigkeit durch die Winkelleisen erhöht wird. Die langen Stehbolzen eines Kessels müssen mit den äußern Wänden fest vernietet werden, so daß sie einen unmittelbaren Theil desselben bilden. Die gewöhnliche Methode, sie mit Splithen oder Schienen zu befestigen, ist weniger sicher, denn wenn durch irgend ein Ungefahr ein solcher Splith herausfällt, so wird dadurch eine oft große Gefahr herbeigeführt. Wenn in irgend einem runden Kessel eine große Oeffnung vorhanden sein muß, so muß eine hinreichende Anzahl von Stehbolzen quer durch denselben angebracht werden, um die ursprüngliche Stärke zu erhalten; und wenn die Stehbolzen durch den untern Theil des Trichters unterbrochen werden, so muß man im Innern, als deren Fortsetzung, kurze Stehbolzen anbringen. Der Calorimeter der Kanäle aller kanalförmigen Kessel vermindert sich in der Nähe der Esse. Bei mehreren sehr

wirksamen Kesseln hat man der nominellen Pferdekraft das Verhältniß von 0,6 Quadratsfuß des Feuerrostes gegeben, und dem Querschnitt des Kanals, da, wo er am weitesten ist, giebt man $\frac{1}{7}$ von der Kesseloberfläche, und an dem engsten Theil, da wo er in die Esse tritt, giebt man ihm $\frac{1}{11}$ von jener. Bei einigen von den so eingerichteten Kesseln ist die größte Querschnittsfläche $\frac{1}{7,5}$ oder $\frac{1}{8,5}$, je nach den Zwecken, die man durch die Kessel erreichen will. Diese Verhältnisse werden beibehalten, mag nun der Kessel Kanäle oder Röhren haben, und auf eine nominelle Pferdekraft rechnet man von 14 bis 15 Quadratsfuß Röhrenoberfläche; obgleich aber solche Kessel sehr viel Dampf geben, so sind sie doch unnöthig groß, und es ist daher zweckmäßiger, die vorher angegebene Methode der Größebestimmung anzunehmen. Bei den in See gehenden Dampfschiffen sind die Esßenbleche ungefähr 9 Fuß lang und $\frac{3}{16}$ Zoll dick, und wenn die Kanäle verschiedener Kessel in eine Esse einmünden, so ist es zweckmäßig, bis auf eine bedeutende Höhe in der Esse Scheider anzubringen, um den Zug für jeden Kessel von dem des andern zu trennen. Die Register müssen nicht in der Esse, sondern am Ende der Kanäle angebracht sein, so daß sie auch gebraucht werden können, wenn durch irgend einen Zufall die Esse weggenommen worden ist. Die Röhre zum Auslassen des Dampfes muß dieselbe Höhe haben wie die Esse, denn wenn der ausströmende Dampf gegen die Esse fällt, so wird dadurch das Eisen zerfressen. Auch muß die Dampfrohre unten mit einem Gelenk versehen sein, damit sie durch die Esse nicht abgebrochen wird, wenn das Schiff rollt. Die Esse muß mit zwei Reifen versehen sein, womit sie an dem Deck befestigt werden kann, so daß, wenn die eine zerbricht, stets noch die andere die erforderliche Wirkung hat, und die Esse nicht über Bord gestürzt werden kann. Dies ist um so nöthiger, da der ausströmende Dampf stets eine zerfressende Einwirkung auf die Esse hat, und dieselbe daher nach

einem längern Gebrauch sehr brüchig wird. Das Deck über dem Dampfkessel muß aus einer Eisenplatte bestehen, die von eisernen Balken getragen wird, und die Oeffnung, durch welche die Esse über dasselbe emporsteigt, muß mit hohem Winkelseisen umgeben sein, um das Niedertröpfeln von Wasser vom Deck zum Kessel zu verhindern. Der untere Theil der Esse muß mit einem blechernen Mantel umgeben sein, wodurch die unzuweckmäßige Wärmezestreuung gehindert wird; und ein anderer Mantel, von geringerer Höhe, aber etwas größerem Durchmesser, muß über den ersten greifen, um Regen und Seewasser, bei unruhiger See, von dem Eindringen in den ersten Mantel abzuhalten. Die Röhre, welche das verdichtete Wasser von dem Sicherheitsventil abführt, muß über Bord reichen und nie in den Maschinenraum auslaufen, indem dadurch mancherlei Nachtheile herbeigeführt werden. Die Thüren des Mannloches und des Schlammloches müssen, obgleich sie wie ein Cylinderdeckel mit vielen Schraubenbolzen auf der äußern Seite befestigt sind, doch auch mit Querstangen, die durch Krampen gehen, befestigt werden, auch müssen die Schraubenbolzen stark sein, starke Gewinde und quadratische Muttern haben, damit durch die häufig ungeschickte Behandlung der Feuerleute die Gewinde nicht überschraubt und die Muttern rund werden, indem diesen Arbeitern das Wegnehmen und Wiederausschrauben dieser Thüren überlassen bleiben muß. Wenn der Deckel des Ofens oder Kanals auf irgend eine Weise schadhaft geworden, so ist es besser, den dann nothwendigen Flicker auf die obere als auf die untere Seite der Platte zu befestigen; denn im letztern Fall wird die Bildung eines Abfages befördert, wodurch die schnelle Durchlassung der Hitze verhindert und das Zerfressen des Bleches befördert wird. Ein Riß oder eine Spalte in dem Blech kann dadurch verschlossen werden, daß man ihrer Länge nach Löcher bohrt und Nieten mit großen Köpfen einsetzt, so daß die Spalte bedeckt wird.

Hat sich der Deckel des Ofens einwärts gebogen, indem der Wasserstand im Kessel zufällig gering war, so macht man auf der eingebogenen Stelle ein Holzfeuer an und treibt den Deckel mit einer Schraubenwinde wiederum in die Höhe. Die Reparatur wird aber nicht schwieriger sein, wenn man die eingebogene Platte ganz wegnimmt und mit einer neuen vertauscht.

145. F. — Veranlassen die salzigen Niederschläge in den Kanälen der Meeresdampfschiffe wesentliche Nachtheile?

A. — Der sogenannte Kesselstein veranlaßte früher weit mehr Nachtheile als jetzt, besonders da man annahm, daß die Verhinderung derselben in einigen Meeren ganz unmöglich sei. Jetzt ist man hinlänglich überzeugt, daß der Salzgehalt verschiedener Meere fast derselbe sei, und daß, so bedeutend er auch sein möge, der Kessel gegen jeden nachtheiligen Absatz gesichert werden kann, indem man ihn häufig ausbläst, d. h. das mit Salz übersättigte Wasser in das Meer ablaufen läßt. Meerwasser enthält ungefähr $\frac{1}{33}$ seines Gewichts Salz und siedet in freier Luft bei einer Temperatur von $213,2^{\circ}$ F. (101° C.). Steigt nun das Verhältniß des Salzes bis auf $\frac{2}{33}$ von dem Gewicht des Wassers, so steigt der Siedepunkt bis auf $214,4^{\circ}$ mit $\frac{3}{33}$ Salz bis auf $215,5^{\circ}$; bei $\frac{4}{33}$ auf $216,7^{\circ}$; bei $\frac{5}{33}$ auf $217,9^{\circ}$; bei $\frac{6}{33}$ auf 219° ; bei $\frac{7}{33}$ auf $220,2^{\circ}$; bei $\frac{8}{33}$ auf $221,4^{\circ}$; bei $\frac{9}{33}$ auf $222,5^{\circ}$; bei $\frac{10}{33}$ auf $223,7^{\circ}$; bei $\frac{11}{33}$ auf $224,9^{\circ}$ und bei $\frac{12}{33}$, welches der Sättigungspunkt ist, auf 260° . In einem Dampfkessel muß der Siedepunkt des Wassers mit einem Salzgehalt in diesen Verhältnissen höher sein, indem man die Temperaturerhöhung, die von dem Dampfdruck herührt, zu dem hinzufügen muß, deren Grund der Salzgehalt des Wassers ist. Da die Temperatur des Dampfes bei atmosphärischem Druck 212° F. (100° C.) beträgt, so muß seine Temperatur bei einem Druck von 15 Pfunden auf den Quadratzoll 250° F. ($121,5^{\circ}$ C.) betragen, und setzt man dazu $4,7^{\circ}$ F. als Temperaturerhöhung durch den

Salzgehalt des Wassers bei $\frac{4}{33}$ Salz, so erhält man für die Temperatur des Wassers in dem Kessel bei einem Salzgehalt von $\frac{4}{33}$ und einem Dampfdruck von 15 Pfd. auf den Quadratzoll 254,7 F. (124° C.). Nun hat die Erfahrung gezeigt, daß, wenn der Salzgehalt in dem Kessel $\frac{4}{33}$ von dem Gewicht des Wassers nicht übersteigt, kein nachtheiliger Niederschlag stattfinden wird; und da das Meerwasser nur $\frac{1}{33}$ von seinem Gewicht Salz enthält, so ist es ganz klar, daß es auf $\frac{1}{4}$ seines Volums abgedampft werden muß, ehe sein Salzgehalt $\frac{4}{33}$ beträgt. Oder mit andern Worten: ein Kessel muß $\frac{1}{4}$ von dem Wasser, womit er gespeist worden ist, ausblasen, um zu verhindern, daß es mehr als $\frac{4}{33}$ Salz enthält. Nimmt man die latente Wärme des Dampfes bei einer Temperatur von 212° zu 1000° an, und nimmt man ferner an, daß die Summe der latenten und fühlbaren Wärme eine constante Größe bilde, so wird bei süßem Wasser die latente Wärme des Dampfes bei einer Temperatur von 250° , 962° betragen und die Gesamtwärme des Dampfes 1212° . Da aber das in den Kessel gelangende Speisewasser bereits eine Temperatur von 100° hat, so wird die Steigerung der Wärme durch das Brennmaterial bei süßem Wasser 1112° und bei einem Salzgehalt von $\frac{4}{33}$ 1112° und $3,98^{\circ}$ betragen; indem $3,98^{\circ}$ die Steigerung der Temperatur um $4,7^{\circ}$ wegen des Salzgehaltes von $\frac{4}{33}$ multiplicirt mit $0,847$, der specifischen Wärme des Dampfes ausmachen. Die gänzliche Erhöhung der Wärme, die der Dampf in dem Kessel erlangt hat, beträgt daher $1115,98^{\circ}$ oder 1116° . Multiplicirt man nun diese Zahl mit 3, da 3 Theile des Wassers in Dampf verwandelt worden sind, so erhält man für die Wärme des Dampfes 3348° , während die Wärmeerhöhung in dem Kessel durch einen Theil des Niederschlags $154,7^{\circ}$ multiplicirt mit $0,85$, der specifischen Wärme des Salzniederschlags oder $130,594^{\circ}$ geben werden; dividirt man mit dieser letzten Zahl 3348° , so erhält man ungefähr $\frac{1}{26}$. Es scheint demnach, daß, wenn man den Kessel so ausbläst, daß der

Salzgehalt des Wassers in demselben $\frac{4}{33}$ nicht übersteigt, ungefähr $\frac{1}{26}$ von der Wärme in das Meer geblasen werde. Dies ist aber nur ein kleiner Theil, und es wird der Wärmeverlust weit größer sein, wenn sich in den Kanälen Kesselstein bildet, indem alsdann eine unvollkommene Wärmemittheilung stattfindet. Ein seltenes Ausblasen giebt aber keine Brennmaterialersparung, da es andere Nachtheile mit sich bringt. Um einen Theil der Wärme wieder zu gewinnen, die durch das Ausblasen verloren geht, leitet man die heiße Salzsoole zuweilen durch enge Röhren, welche durch das Speisewasser gehen; allein ein solcher Apparat gewährt kaum einen Gewinn, da die Röhren leicht zerspringen und alsdann das gesättigte Salzwasser in das Speisewasser tritt und um so mehr Veranlassung zu salzigen Niederschlägen giebt. In Verbindung mit den engen Röhren, zur Benutzung der Hitze in der Salzsoole, werden auch Pumpen angewendet, welche die Maschine in Bewegung setzt; werden nun die Röhren zerrissen, so werfen die Pumpen kein Wasser mehr aus, während dies Ausströmen des Wassers dem Maschinisten den Beweis liefert, daß die Röhren keine Beschädigung erlitten haben. Das gewöhnliche Verfahren bei dem Ausblasen der Kessel besteht darin, daß man das Wasser nach und nach ein oder zwei Stunden lang über den niedrigsten Wasserstand emporsteigen läßt, und alsdann den mit dem Meere in Verbindung stehenden Hahn öffnet und ihn so lange offen behält, bis das Wasser in dem Kessel mehrere Zolle gefallen ist. Hin und wieder läßt man das Wasser durch einen kleinern Hahn fortwährend abfließen, und seltener noch werden die schon erwähnten Soolpumpen angewendet. Wird aber das übersättigte Salzwasser durch einen ununterbrochenen Strom aus dem Kessel entfernt, so muß ein Hydrometer, von irgend einer zweckmäßigen Construction, an dem Kessel angebracht werden, so daß zu allen Zeiten die Dichtigkeit des Wassers erkannt werden kann. Das Ausblasen von ir-

gend einem Punkte an der Oberfläche des Wassers ist zweckmäßiger, als das Ausblasen von dem Kesselboden. Bekanntlich erniedrigen feste Theilchen irgend einer Art, wenn sie in das siedende Wasser gebracht werden, den Siedepunkt etwas, und der Dampf wird hauptsächlich an der Oberfläche dieser Theilchen erzeugt, so daß es das Ansehn hat, als käme er aus denselben heraus. Wenn die festen Theilchen klein sind, so wird der unter und rings um ihnen erzeugte Dampf sie auf die Oberfläche des Wassers führen, woselbst der Dampf frei wird und die festen Theilchen alsdann wieder sinken. In einem Schiffsdampfkessel nun werden die sehr feinen Theilchen, welche durch ihr Niedersinken auf die Kanäle Kesselstein bilden, in die Höhe geführt, daß, wenn man sie dort auffängt und aus dem Kessel abführt, die Bildung des Kesselsteins verhindert wird. Bei Lamb's Kesselsteinverhüter, der im Wesentlichen darin besteht, daß man das Wasser von der Oberfläche abführt, hat man diese Erscheinung benützt. Die Vorrichtung besteht aus einem Schwimmer mit einem Ventil an der Mündung der Ausflußröhre, und es wird dadurch die Menge des ausgeblasenen Wassers nach der Höhe des Wasserstandes und mittelst der Größe der Oeffnung des Speisehahns regulirt. Der Schwimmer kann übrigens auch weggelassen werden. In manchen Kesseln wendet man auch eisenblecherne Gefäße an, Kesselsteinsammler genannt, in denen sich die feinen Substanzen sammeln, welche der Lamb'sche Apparat aus dem Kessel fortschafft. Eins von diesen Gefäßen, welches ungefähr die Größe und Form eines Zuckerhutes hat, wird in den Kessel, die Spitze nach unten gestellt und zwar in eine Röhre, die über Bord geht und wodurch der Absatz aus dem Kessel geführt wird. Die Basis des Kegels steht etwas über den Wasserspiegel hervor und an seinen Seiten sind konische Einschnitte vorhanden, um eine freie Verbindung zwischen dem Wasser in dem konischen Gefäß und den außerhalb desselben befindlichen herzu-

stellen. Die steinigen Theilchen, welche durch den Dampf in jedem andern Theile des Kessels aufwärts geführt werden, sinken in dem Regel nieder, indem dort kein Dampf vorhanden und folglich das Wasser ruhig ist, und der Absatz wird zu gewissen Zeiten mittelst eines Hahns in das Meer abgeführt. Wenn man das Wasser von der Oberfläche ausbläst, so erreicht man die Reinigung mit einem geringen Wärmeverlust; und wo das Wasser schlammig ist, wird der Schaum auf der Oberfläche aus dem Kessel abgeführt und eine der hauptsächlichsten Ursachen des Kesselsteins vermieden. Werden die Kessel mit dem Grundsatz betrieben, ununterbrochen eine geringe Menge des übersalzenen Wassers abzuführen, so muß auch ein Hydrometer vorhanden sein, durch welches man in den Stand gesetzt wird, jede Unterbrechung des Processes unmittelbar wahrnehmen zu können. Man hat zu diesem Zweck verschiedene Vorrichtungen erfunden, von denen die meisten nach dem Princip der gewöhnlichen Hydrometer wirken. Vielleicht würde es zweckmäßiger sein, daß man sie wie ein Differenzial-Manometer einrichtet, daß die Verschiedenheit des Drucks zwischen dem Dampf im Kessel und dem Dampf von einer kleinen Menge süßen Wassers, welches in einem passenden Gefäß eingeschlossen und in dem Wasser des Kessels untergetaucht ist, anzeigt. Wenn das Ausblasen gehörig geschieht, so wird der Niederschlag auf den Kanälen nie stärker als ein Papierblatt werden und es muß der Maschinist eines Schiffes mit aller Strenge dahin sehen, daß die Niederschläge nicht stärker werden, weil sonst der Kessel Schaden leiden würde. Besonders müssen Kanalkessel in jeder Nacht oder nach je zwei Stunden einmal ausgeblasen werden, Röhrenkessel sogar alle 20 Minuten. Durch ein genaues Befolgen dieser Vorschriften wird aber auch jede nachtheilige Wirkung des Kesselsteins vermieden werden. Aber auch selbst bei einem sorgfältigen Kesselbetriebe müssen die Kessel zuweilen gereinigt werden, und die beste Methode, diese

Operation auszuführen, scheint die folgende zu sein: — Man lege eine Reihe von Holzspänen in die Kanäle, öffne das Sicherheitsventil, um jeden Druck in dem Kessel zu vermeiden, und zünde die Späne an; dadurch wird das Blech der Kanäle schnell ausgedehnt, während sich der Kesselstein, wegen seines geringen Wärmeleitungsvermögens, nur langsam ausdehnt und daher in Schuppen abspringt. Man spült alsdann die Schuppen von den Kanälen ab und schafft sie mittelst des Schlammloches aus dem Kessel. Eine solche Reinigung muß aber unter specieller Aufsicht des Maschinenmeisters vorgenommen und nicht den Heizern überlassen werden, indem dieselben durch eine zu starke Feuerung der Kanäle eine Beschädigung des Kessels veranlassen könnten. Nur wenn der Kesselstein dick geworden, ist eine solche Reinigung erforderlich; in andern Fällen kann der Kesselstein durch einen artartigen Hammer fortgeschafft werden, worauf ein Ausspülen, wie vorhin angegeben, erfolgt. Bei Röhrenkesseln muß man eine große Sorgfalt darauf verwenden, daß die Enden von den Röhren in der Nähe des Ofens nicht mit Kesselstein überzogen werden. Selbst wenn der Kessel an andern Punkten ziemlich rein ist, wird sich der Niederschlag auf den Röhrenenden anhäufen, und in manchen Fällen, in denen das oben erwähnte Ausblasen zur Reinigung des Kessels vollkommen genügte, fand man, daß sich nach einem Jahre ein Kesselstein von $\frac{5}{8}$ Zoll Dicke an den Ofenenden der Röhren angelegt hatte, und zuletzt war der Kesselstein von den verschiedenen Röhren an einander gewachsen, so daß gar kein Wasser zu jenen Punkten gelangen konnte. Wenn ein Kessel sich in diesem Zustande befindet, so müssen sämtliche Röhren herausgenommen werden, welches am zweckmäßigsten mit einer sogenannten spanischen Winde in Verbindung mit einigen Flaschenzügen geschehen kann, so daß drei Mann im Stande sind, in einem Tage 50 bis 70 Röhren herauszuziehen, indem dies bei einem dicken Ueberzuge

einige Schwierigkeiten hat. Durch das Herausziehen der Röhren wird der Kesselstein von ihnen entfernt, allein man reinigt sie auch noch dadurch, daß man sie zwischen zwei alten Feilen, die in Form des Buchstabens V in einen Schraubstock gespannt worden sind, hin und her zieht. Die Röhrenenden müssen alsdann erwärmt, mit dem Hammer abgerichtet und noch blutwarm in eine Schicht Sägespäne gesteckt werden, so daß sie erkaltet weich bleiben, und alsdann mit Leichtigkeit vernietet werden können. Einige von den Röhren müssen an den Enden durch das Ausziehen so beschädigt werden, daß sie zu kurz sind, um wieder eingesetzt werden zu können. Jedoch kann man dies möglichst dadurch vermeiden, daß man die Röhrenplatten unter verschiedenen Winkeln aufstellt, so daß ursprünglich nicht alle Röhren gleiche Länge haben, und die beschädigten langen Röhren die beschädigten kürzern ersetzen können. Diese Praxis hat aber andere Nachtheile. Bringt man etwas Salzsäure oder Salmiak in den Kessel, so wird dadurch die Bildung des Kesselsteins zwar sehr verhindert; allein der Kessel wird im Innern angegriffen, und es wird dadurch auch die Maschine beschädigt, indem diese ätzenden Bestandtheile in den Dampf übergehen; auch ist die Anwendung solcher Einmischungen durchaus nicht nöthig, wenn das Ausblasen von der Oberfläche oft genug angewendet wird. Der Ruß, welcher sich auf der innern Seite der Röhrenkessel sammelt, wird mittelst einer Bürste fortgeschafft, welche die Gestalt einer großen Flaschenbürste hat, und die kohlige Rinde, welche an den innern Wänden der Röhren festsetzt, wird mittelst eines runden Schrapers entfernt. Sind aber die Röhren mit Ringen befestigt, so kann man den Schraper zur Reinigung nicht anwenden, weshalb man auch eiserne Röhren gar nicht mehr mit Ringen befestigt. Zuweilen muß man freilich zu diesen Ringen greifen, nämlich wenn herausgezogene Röhren wieder eingesetzt werden sollen, indem es alsdann schwer hält, sie ohne dieses

Mittel zu befestigen. Röhren von 0,1 Zoll Metalldicke sind zu dünn, wogegen eine Stärke von $\frac{1}{8}$ Zoll zweckmäßiger ist, und bei solchen Röhren kann man auch die Ringe zum Befestigen entbehren.

146. F. — Was ist die Beschaffenheit und die Ursache des Primens *)?

A. — Das Primen ist eine heftige Bewegung des Wassers in dem Kessel, in Folge deren eine große Menge von Wasser mit dem Dampf in der Gestalt von Schaum oder feinen Tröpfchen in die Höhe gerissen wird. Diese Erscheinung ist sehr nachtheilig, sowohl in Beziehung auf die Wirksamkeit der Maschine, als auch, daß dadurch dieselbe und der Kessel beschädigt werden; denn es wird auch Dampf in den Condensator geführt. Die Luftleere wird vermindert und die Luftpumpe dadurch sehr belastet, die Geschwindigkeit aber und Kraft der Maschine vermindert. Befindet sich aber Wasser in dem Cylinder, so können dadurch, ohnerachtet daß Sicherheitsventile an demselben angebracht sind, wodurch das Wasser zu entweichen vermag, dennoch Brüche gewisser Maschinentheile veranlaßt werden. Denn sobald der Kolben auf die Oberfläche des Wassers tritt, so wird seine Bewegung plötzlich gehemmt, und da bei allen Maschinen mit einem Uebergreifen der Schieber derselbe geschlossen ist, ehe der Kolbenzug vollendet ist, so kann auch das Wasser nicht durch den Condensator entweichen. Zu gleicher Zeit wird auch der Kessel zu rasch von dem Wasser entleert, da die Speisepumpe nicht im Verhältniß zu dem Wasserverbrauch steht, und es gerathen daher die Kanäle und Röhren in Gefahr, wegen Wassermangels verbrannt zu werden. Die Ursachen der Erscheinung des Primens liegen in einer unzureichenden Größe des Dampfraums, in einer unverhältnißmäßigen

*) Da wir im Deutschen kein zweckmäßiges Wort für das englische „priming“ haben, so ist es hier mit „Primen“ behalten.

Wasserfläche, in einer unzureichenden Weite zwischen den Kanälen oder Röhren zum Emporsteigen des Dampfes, um Sinken des Wassers um die Räume zu ersetzen, welche die Dampfentwicklung veranlaßt hat; eine andere Ursache ist auch schlammiges Wasser im Kessel. Neue Kessel zeigen die Erscheinung mehr als alte, und Dampfschiffe, die aus dem Meere in Flüsse eintreten, sind ihr mehr unterworfen, als wenn Meer- oder Flußwasser allein in dem Kessel vorhanden ist; und dies rührt wahrscheinlich daher, weil der Siedpunkt des Meerwassers höher liegt als der des Flußwassers. Auch wenn man das Sicherheitsventil plötzlich öffnet, so zeigt sich das Primen, und wenn das Sicherheitsventil in der Nähe der Oeffnung der Dampfrohre liegt, so vermischt sich der entstandene Schaum mit dem Dampf und dringt in die Maschine, um deren Leistung zu vermindern. Ist aber das Sicherheitsventil etwas von der Oeffnung entfernt, so kann die Menge des Schaums, der mit in die Maschine dringt, durch Oeffnung des Sicherheitsventils vermindert werden, und bei Locomotiven ist es daher zweckmäßig, ein Sicherheitsventil auf dem Kessel an einem von dem Orte, wo der Dampf aufgefangen wird, entfernten Punkte anzubringen, durch dessen Oeffnen jedes Primen in jenem Theile des Kessels, der an der Dampfbüchse liegt, verhindert und der Maschine ein reinerer Dampf zugeführt wird. Wenn ein Kessel primt, so verschließt der Maschinist gewöhnlich das Drosselventil theilweis, sperrt die Speisewasser ab und öffnet die Ofenthüren, wodurch die Dampferzeugung verzögert wird und das heftige Aufkochen des Wassers im Kessel aufhört. Wenn das Primen von einer unzureichenden Größe des Dampfraums herrührt, so kann es dadurch vermieden werden, daß man den Kessel unter höheren Druck setzt und mehr mit Expansion arbeitet, oder auch, daß man eine durchlöchernte Platte zwischen den Kessel und die Dampfbüchse legt, wodurch das in die Höhe steigende Wasser un-

terbrochen und der Dampf freigelassen wird. In einigen Fällen aber ist es erforderlich, eine zweite Dampfbüchse auf die schon vorhandene zu setzen, und es wird zweckmäßig sein, eine Verbindung mit dieser neuen Büchse mittelst einer Anzahl kleiner Löcher herzustellen, welche durch die Eisenplatte des Kessels gebohrt worden sind, und welches besser ist, als eine einzige große Oeffnung. Wenn die Erscheinung von schlammigem oder unreinem Speisewasser herrührt, so kann man das Uebel dadurch verbessern, daß man Sammelgefäße anwendet, oder das Wasser von der Oberfläche ausbläst; und wenn sie von einem unzulänglichen Wasserspiegel, oder von einer zu geringen Breite zwischen den Kanälen zum freien Aufsteigen des Dampfes und Sinken des Wassers herrührt, so besteht eine Verbesserung darin, daß man an einigen Punkten des Kessels Circulationsröhren anbringt, so daß das Wasser frei bis zu dem Orte niedergehen kann, woher der Dampf emporgestiegen ist, indem die Weite des Wasserraums wesentlich dadurch vermehrt wird, daß man seine Leistung auf die Emporführung eines Stromes von Dampf und Wasser beschränkt. Es ist übrigens wünschenswerth, die Heizfläche so einzurichten, daß das Speisewasser, welches an den untersten Punkt des Kessels eintritt, beim Aufsteigen nach und nach erwärmt wird, bis daß es an dem obern Theil der Kanäle sich nach und nach in Dampf verwandelt. Kessel, die nach diesen Grundsätzen construirt sind, werden die auf- und niedergehenden Ströme weit weniger veranlassen; die zur Maschine führende Dampfrohre muß offenbar am höchsten Punkt der Dampfbüchse angebracht werden, mag die Construction des Kessels übrigens sein, wie sie wolle.

147. F. — Welches ist die Hauptursache der Kessel-Explosionen?

A. — Die Hauptursache der Kessel-Explosionen ist ohne Zweifel ein zu starker Druck im Kessel oder eine zu geringe Stärke desselben; manche Explosionen sind aber

auch dadurch entstanden, daß die Kanäle rothglühend wurden. Wenn das Sicherheitsventil eines Kessels zufällig eingezwängt ist, oder wenn die Stehbolzen und Platten der Kessel auf irgend eine Weise zerfressen und geschwächt worden sind, während der Dampfdruck im Kessel derselbe bleibt, so muß derselbe zerreißen. Ist zu wenig Wasser im Kessel, oder werden aus irgend einer andern Ursache die Kanäle oder Röhren rothglühend, so werden sie durch den Dampfdruck zerdrückt, und es entsteht eine partielle Explosion. Am gefährlichsten ist es, wenn die eisernen Wände des Kessels plagen, aber auch das Auseinanderschleudern des Ofens, durch das Zerspringen der Kanäle, ist für die in der Heizkammer befindlichen Personen sehr gefährlich, und oft zerspringen die eisernen Wände und die Kanäle zu gleicher Zeit; denn wenn die Leetern rothglühend werden, und mittelst der Speisepumpen oder auf irgend eine andere Weise Wasser auf dieselben strömt, so erzeugt sich zu viel Dampf auf einmal, das Sicherheitsventil kann denselben nicht abführen, und es muß daher der Kessel aus einander getrieben werden. Zuweilen wird das Blech der Kanäle wegen deren un Zweckmäßigen Gestalt sehr stark erhitzt, der Dampf bleibt an denselben hängen und es kann kein Wasser dazu gelangen. Der Boden der großen Feuerkanäle, welche die Flamme trifft, wird dadurch sehr leicht beschädigt, und das Blech so weich, daß der Dampfdruck es aus einander treibt. Die Rothgluth der Kesselkanäle kann auch durch anhängenden Kesselstein veranlaßt werden, indem derselbe wegen seiner schlechten Wärmeleitung eine zu starke Erhitzung des Eisens veranlaßt, und wenn nun der Kesselstein an irgend einem Punkte sich abgelöst hat, so kann dadurch eine partielle Explosion entstehen. Man hat übrigens gefunden, daß eine plötzliche Dampfentwicklung nicht unmittelbare Folge der unmittelbaren Berührung des heißen Metalls mit Wasser ist, denn wenn man Wasser auf rothglühendes Eisen gießt, so wird es nicht unmittelbar in

Dampf verwandelt, sondern nimmt eine sphäroidische Gestalt an und rollt in Küchelchen über die Oberfläche; mag nun die Temperatur des Metalles noch so hoch sein, so steigt die der Küchelchen nie über 205° F. (96° C.) und sie entwickeln daher nur wenig Dampf. Wird aber die Temperatur des Metalls vermindert, so behält das Wasser die sphäroidische Form nicht mehr, sondern kommt in unmittelbare Berührung mit dem Metall und es findet alsdann eine schnelle Dampfbildung statt. Gießt man Wasser in eine recht heiße kupferne Flasche, so kann man dieselbe verkorken, da, so lange die hohe Temperatur dauert, sich fast gar kein Dampf entwickeln wird. Sobald aber dieselbe Temperatur unter 350 oder 400° F. ($222,2^{\circ}$ C.) herab sinkt, so läßt sich der sphäroidische Zustand nicht länger erhalten, es entsteht sehr rasch Dampf und der Kork wird mit großer Gewalt von der Flasche weggeschleudert werden. Eine sehr nützliche Vorsichtsmaßregel gegen die Kesselerplosionen, die von einem zu hohen innern Druck herrühren, besteht in der Anwendung eines Manometers an jedem Kessel, wodurch man den Druck in demselben unmittelbar sehen kann. Außerdem muß jeder Kessel mit einem Sicherheitsventil versehen sein, welches in gar keiner Verbindung mit den übrigen Maschinentheilen steht, am meisten aber mit demjenigen Ventil, durch welches der Dampf abgeschlossen wird. Zuweilen hängen diese letztern Ventile fest oder sind von den Ventilsitzen in die Dampfrohre geführt, und es muß daher das Sicherheitsventil von allen solchen Zufällen unabhängig gemacht werden. Die Sicherheitsventile ihrerseits hängen oft fest, weil sie angefressen oder weil ihre Stangen verbogen sind, so wie auch aus manchen andern Ursachen, die sich hier kaum namhaft machen lassen. Allein die Unwirksamkeit des Sicherheitsventils wird durch das Manometer sofort angegeben werden und es muß alsdann das Ausblaseventil, so wie auch der Ausblasehahn der Maschine sofort geöffnet und das Feuer von dem

Rost genommen werden. Niemals muß die Kugel der Dampfabfuhrungsrohre, durch die das Wasser, welches der Dampf mit in die Höhe führt, wieder zurückgeleitet wird, mit einem Kegelein versehen sein, da derselbe in manchen Fällen lose wird, die Oeffnung der Rohre verschließt und das Sicherheitsventil unwirksam macht, so daß der Kessel in Gefahr geräth, zu zerpringen. Wenn das Wasser durch das Brimen so rasch aus dem Kessel geführt wird, daß man den eigentlichen Wasserstand im Kessel nicht scharf bestimmen kann, und wenn die Kanäle und Ofen in die Gefahr gerathen, rothglühend zu werden, so ist es am zweckmäßigsten, alle Ofenthüren zu öffnen und einige Eimer voll Wasser in den Ofen zu gießen, wobei man sich aber von der Seite stellen muß, um nicht durch den aus dem Ofen kommenden Dampf verbrannt zu werden. Das Feuer ausziehen, dazu hat man keine Zeit, und wenn auch das Feuer nicht ganz ausgelöscht wird, so wird es doch so vermindert, daß es keinen Schaden mehr thun kann. Sind die Kanäle schon rothglühend, so muß man es durchaus verhüten, daß kaltes Wasser in den Kessel strömt, es muß die Wärme in dem Ofen erhalten und es müssen die Ausblasehähne geöffnet, oder das Schlammloch aufgeschraubt werden, so daß alles Wasser aus dem Kessel entweichen kann. Zu gleicher Zeit muß man aber auch in dem Kessel den Dampf sehr niedrig erhalten, so daß der Druck die Kanäle nicht zusammendrücken vermag. Vor mehreren Jahren wurden häufig Platten von schmelzbarem Metall als Sicherheitsmittel gegen Kesselexplosionen angewendet, indem das Metallgemisch so eingerichtet wurde, daß es bei einem hohen Dampfdruck schmelzen mußte; allein obgleich die Sache sinnreich war, so hatte sie doch durchaus keinen practischen Nutzen. Die Basis der leicht schmelzenden Metalle ist Quecksilber, und man hat gefunden, daß die Zusammensetzung nicht gleichartig sei und daß das Quecksilber durch den Druck des Dampfes aus den Zwischenräumen

der mit ihm verbundenen Metalle herausgedrängt werde, so daß ein poröses Metall zurückbleibt, welches nicht so leicht flüßig ist und daher den verlangten Dienst nicht leisten kann. Bei Locomotiv- und denjenigen andern Kesseln aber hat man sehr zweckmäßig an den obersten Punkt der Feuerbüchse ein bleiernes Stück angebracht, welches schmilzt, sobald der Wasserstand im Kessel zu gering wird und die Gefahr anzeigt. Zweckmäßig ist es, daß alle im Betriebe befindlichen Dampfkessel wenigstens ein Mal im Jahr mit einer Handpumpe probirt werden. Bis zur Füllung des Kessels bleibt das Sicherheitsventil geöffnet, dann aber wird es verschlossen und mit dem doppeltem Gewicht von dem belastet, als es bei dem gewöhnlichen Betriebe des Kessels der Fall ist. Hält ein Kessel diese Probe nicht aus, so ist er nicht hinreichend stark und man muß ihn alsdann gehörig repariren oder den Dampfdruck in demselben vermindern.

148. F. — Worin bestehen die Eigenthümlichkeiten der Construction der Locomotivkessel?

A. — Locomotivkessel bestehen aus 3 Theilen: dem cylindrischen, welcher die Röhren enthält, dem Feuerkasten und dem Rauchkasten. Der cylindrische Theil, der Rauchkasten und der äußere Feuerkasten bestehen stets aus Eisenblech, der innere Feuerkasten aber gewöhnlich aus Kupfer- und nur zuweilen aus Eisenblech. Die Röhren bestehen seltner aus Eisen, gewöhnlich aber aus Messing und sind mit eisernen oder stählernen Ringen befestigt. Das Blech oder die Platten, aus denen diejenigen Theile der Locomotivkessel bestehen, die dem stärksten Dampfdruck unterworfen sind, müssen aus dem besten Eisen angefertigt werden; das Kupferblech muß auf dem Bruch grobkörnig, nicht weich und vollkommen frei von den Unregelmäßigkeiten der Textur und des Walzens sein. Die Dicke der Platten, welche den cylindrischen Theil des Kessels bilden, beträgt im Allgemeinen $\frac{5}{16}$ bis $\frac{3}{8}$ Zoll, und es müssen die Platten in der

Richtung des Durchmessers laufen, so daß der Nerv des Eisens in der Richtung der Belastung liegt. Der Durchmesser dieses cylindrischen Theils von dem Kessel beträgt 3 bis $3\frac{1}{2}$ Fuß; der Durchmesser der Riete muß von $\frac{11}{16}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll betragen und von der Mitte der einen bis zur andern muß ein Zwischenraum von 2 Zoll stattfinden. Die Dicke der Platten, welche den äußern Feuerkasten bilden, beträgt im Allgemeinen $\frac{3}{8}$ Zoll, wenn der Feuerkasten kreisrund, und $\frac{3}{8}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll, wenn er quadratisch ist. Die Dicke des Kupferbleches zum innern Feuerkasten beträgt meistens $\frac{7}{16}$ Zoll, oder wenn sie aus Eisenblech besteht, $\frac{3}{8}$ bis $\frac{7}{16}$ Zoll. Kreisrunde innere Feuerbüchsen müssen, wenn sie aus Eisenblech bestehen, zusammengeschweißt und nicht zusammengenietet werden, da die Nietköpfe leicht verbrennen. Ist der Feuerkasten quadratisch, so muß jede Seitenwand aus einer einzigen Platte bestehen, die an den Kanten mit einem 3zölligen Halbmesser umgebogen sind, um die Riete anbringen zu können. Der Raum zwischen dem äußern und innern Feuerkasten nimmt Wasser auf und muß von $4\frac{1}{2}$ bis 5 Zoll mit kupfernen oder eisernen Stehbolzen versehen sein, welche durch den äußern Feuerkasten durch das Metall des Innern geschraubt und in demselben fest vernietet sind. Eiserner Stehbolzen sind eben so dauerhaft als kupferne und gewähren eine größere Festigkeit. Die Röhrenplatten sind gewöhnlich $\frac{5}{8}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll dick, jedoch ist eine Stärke von $\frac{7}{8}$ Zoll zweckmäßiger, denn wenn die Platten dick sind, so verändern die Oeffnungen nicht so leicht ihre Form, während eiserne Ringe in die Röhren getrieben werden. Die Entfernung zwischen den Röhren muß nie weniger als $\frac{3}{4}$ Zoll betragen und die Lächer müssen nach der äußern Fläche zu etwas weiter sein, damit die Röhrenplatten zusammenhalten. Die Ringe bestehen größtentheils aus Stahl an dem Ende des Feuerkastens und aus Schmiedeeisen am Ende des Rauchkastens, obgleich auch Ringe von weichgemachtem Gußeisen mit Vortheil angewendet worden

sind. Wenn man diese letztern kalt über einem Dorn hämmert, so dehnen sie sich aus, wie die schmiedeeisernen bei der Hitze. Einige Stahlfabriken in Sheffield liefern Springfederstahl, der mit einer Zuspitzung ausgewalzt ist, um die Verarbeitung im Ringe zu erleichtern, und es hat die Benutzung dieses Stahles viel Bequemes. Der Deckel des innern Feuerkastens, mag er nun flach oder bogenförmig sein, muß durch sogenannte Brückenstäbe, die quer über den Kasten liegen, verstärkt werden und die flachen Deckel müssen mit mehr solchen Brücken versehen sein als die gewölbten. Die Enden dieser Brückenbalken ruhen auf den senkrechten Seitenwänden des Feuerkastens und mit diesen Balken ist der Deckel durch Stehholzen verbunden. Auf den Brücken sind Erhöhungen, welche die Bolzen da, wo dieselben hindurchgehen, umgeben, an den andern Punkten sind sie aber von dem Feuerkastendeckel so entfernt, daß Wasser zu dem Eisen gelangen kann. Um das Aufsteigen des Dampfes zu erleichtern, ist die untere Seite der Brückenbalken zugeschärft, da, wo er nicht den Kessel berührt. Der innere und der äußere Feuerkasten sind am Boden durch Eisen von der Form eines liegenden ∞ mit einander verbunden, und rings um die Feuerthür durch einen $1\frac{1}{4}$ Zoll dicken und 2 Zoll breiten kupfernen Ring. Der innere Feuerkasten ist an dem Punkte hinreichend nach Außen, und der äußere Feuerkasten hinlänglich nach Innen gebogen, so daß ein Kranz von Nieten von $\frac{3}{4}$ Zoll Stärke, die durch den kupfernen Ring und die beiden Wände des Feuerkastens gehen, eine wasserdichte Verbindung bildet. Um die gehörige Länge eines Stabes zu finden, aus dem man einen Reif von irgend einem gegebenen Durchmesser bilden soll, addire man die Dicke des Stabes zu dem erforderlichen Durchmesser, und die entsprechende Peripherie einer Kreisumfangstabelle (z. B. im Weisbach'schen „Ingenieur“ S. 204) wird die Länge der Stange geben. Soll das Eisen an der Kante umbogen werden, so muß auch die Breite des

Stabes zu dem Durchmesser kommen, indem man berücksichtigen muß, daß die Stärke des Stabes radial zu machen ist. Bei den Reifen der Eisenbahnwagen, die mit einem Spurfranze versehen sind, ist es nothwendig, nicht allein die Dicke des Reifs, sondern auch $\frac{2}{3}$ von der Tiefe des Spurfranzes hinzuzufügen. Gewöhnlich werden aber die Reifstäbe mit Spurfränzen schon von der Hütte gebogen abgegeben, so daß die ebene Kante des Reifs concav und die Spurfranzkante convex, während die Seite, welche über die cylindrische Fläche des Rades gebogen wird, eben ist. In diesem Falle ist der Zusatz von $\frac{2}{3}$ der Tiefe des Spurfranzes zu dem Durchmesser unnöthig; denn die Krümmung der Spurfranzkante erhöht die wirkliche Länge des Streifs. Wenn der Reif auf diese Weise gebogen ist, so braucht man nur die Dicke des Reifs zu dem Durchmesser zuzusetzen und alsdann die Peripherie in der Tabelle aufzusuchen. Dasselbe Resultat erhält man aber, wenn man den um die Dicke des Reifs verlängerten Durchmesser mit 3,1416 multiplicirt.

149. F. — Sind Locomotivkessel mit einer Dampfbüchse oder Dampfchamber versehen?

A. — Der obere Theil des äußern Feuerkastens bildet auch zu gleicher Zeit einen Dampfkasten, der zuweilen kuppelförmig, zuweilen halbkreisförmig und zuweilen pyramidenförmig ist, und von diesem Dampfkasten wird der Dampf mittelst einer im Innern des Kessels angebrachten Röhre den Dampfbüchsen der Cylinder zugeführt. In andern Fällen aber ist ein ganz unabhängiger Dampfkasten auf den cylinderförmigen Theil des Kessels aufgesetzt, dieser besteht aus einem Cylinder von Eisenblech von 20 Zoll Durchmesser, 2 Fuß Höhe und $\frac{3}{8}$ Zoll Dicke. Der Deckel ist kuppelförmig und mit dem Kessel ist der Dampfkasten durch einen Rand verbunden. Der pyramidale Dampfkasten, wie er z. B. bei den Stephenson'schen Locomotiven angebracht ist, bietet dem Dampfdruck eine bedeutende flache Oberfläche dar,

welche daher mit Winkelleisen und Spannstäben gehörig befestigt werden muß, wogegen die halbfugelförmigen Kuppeln dieser Art, wie sie bei vielen andern Locomotiven angewendet werden, keinerlei Befestigung bedürfen. Das Mannloch oder die Oeffnung, durch welche man in den Kessel gelangt, ist kreisrund oder oval, hat ungefähr 15 Zoll Durchmesser und ist an vielen Locomotiven auf der Kuppel und an den Stephenson'schen an dem vordern Theil des Kessels wenige Zolle unter der Ebene des runden Theils angebracht. Der Deckel von der erstern Art von Mannlöchern enthält die Sitz des Sicherheitsventils. Mag die Lage des Mannlochs nun sein, welche sie wolle, so muß der Ring, welcher dasselbe umgiebt, und der Deckelrand so eingerichtet sein, daß sie genau auf einander passen und daß sie, um sie ganz dampfdicht zu machen, wenn man den Deckel festschraubt, nur einer dünnen Schicht von Mennigekitt bedarf. Kränze von Blei oder Segeltuch, die eine gewisse Dicke haben, dazwischen zu legen, ist nicht zweckmäßig, da sie der Einwirkung des Hochdruckdampfes nicht lange widerstehen würden. Ueberhaupt müssen alle Fugen an einer Locomotive von der Art sein, daß sie weiter nichts als etwas Kitt oder einen Ring von Drahtgaze, der mit Kitt bestrichen wird, bedürfen, um eine vollkommene Dichtigkeit zu erreichen. An der, einem jeden Wasserraum entgegengesetzten Kante, wenn der Feuerkasten quadratisch ist, muß ein Schlammloch angebracht sein, so daß man den Kessel leicht reinigen kann, und diese Oeffnungen werden am zweckmäßigsten durch zulaufende Schraubenstöpsel verschlossen. Außerdem ist am Boden des Feuerkastens gewöhnlich ein Hahn angebracht, welcher dem Locomotivführer während des Ganges der Maschine zugänglich sein muß, damit er, wenn es erforderlich ist, etwas Wasser ausblasen kann. Jedoch muß dieser Hahn eine solche Stellung haben, daß er das auszublasende Wasser nicht zwischen die Maschinentheile strömen läßt, weil sonst Sand und Schlamm

in die Zapfenlage gelangen und die Zapfenlage beschädigen könnte. Um den Dampf zu benutzen, der sich beim Stehen der Maschine bildet, ist eine Röhre an dem Kessel angebracht, welche mittelst Drehung eines Hahns den Dampf in das Wasser des Tenders strömen läßt, wodurch das Speisewasser vorgewärmt und weniger Brennmaterial verbraucht wird. Diese Methode, den überflüssigen Dampf zu benutzen, kann auch dann angewendet werden, wenn die Locomotive geneigte Ebene herabgeht, oder bei jeder andern Gelegenheit, bei welcher mehr Dampf gebildet, als von der Maschine verbraucht wird. Die Kroststäbe bei den Locomotiven sind stets eine Quelle von Unannehmlichkeiten gewesen, indem wegen des hohen Sigrades in dem Ofen sie so heiß werden, daß sie Hammerschlag abwerfen und sich unter dem Gewicht des Brennmaterials biegen. Am besten vermeidet man diese Nachtheile, wenn man die Kroststäbe hoch und dünn macht: 4 Zoll hoch, oben $\frac{5}{8}$ und unten $\frac{3}{8}$ Zoll dick, das sind gute und in der Praxis bewährte Dimensionen. Manche Locomotiven haben einen Krost in einem Rahmen, oder eine gewisse Anzahl von Kroststäben nur sind mit einem Rahmen umgeben, so daß, wenn man einen Kiegel wegzieht, der Krost niederfällt. Man hat jedoch gefunden, daß ein solcher Mechanismus nicht lange in Ordnung bleibt, denn die geschmolzenen Klinker laufen zwischen den Rahmen hinab und beschädigen den Mechanismus. Man hat es daher zweckmäßiger gefunden, die Kroststäbe mit dem Haken, den der Heizer gewöhnlich braucht, aufzuheben, wenn das Feuer aus irgend einer Ursache entfernt werden soll. Die Kroststäbe der Locomotive bestehen immer aus gewalztem Eisen, und da es jetzt gar keine Schwierigkeiten hat, Eisen, welches auf dem Querschnitt keilsförmig ist, auszuwalzen, so muß man solche Kroststäbe von Stabeisen bei allen Arten von Kesseln den gußeisernen vorziehen. Sie sind dauerhafter und können wegen ihrer geringern Stärke dichter an einander gestellt werden, so daß die sonst leicht

hindurchfallenden kleinen Stücken Steinkohlen oder Koaks besser benutzt werden können. Der Aschenkasten der Locomotiven besteht aus Eisenplatten von $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke; er darf nicht tiefer als 10 Zoll sein und sein Boden muß ungefähr 9 Zoll über der Schienenebene liegen. Die Esse einer Locomotive besteht ebenfalls aus Eisenblech von $\frac{1}{8}$ Zoll Dicke; er hat gewöhnlich denselben Durchmesser als der Cylinder und darf nicht höher als 14 Fuß über die Schienenebene hervorstehen.

150. Fr. — Welches ist der zweckmäßigste Durchmesser für die Röhren eines Locomotivkessels?

A. — *Bury's* Locomotive mit 14zölligen Cylindern enthält 92 Röhren von $2\frac{1}{8}$ Zoll äußerem Durchmesser und $10\frac{1}{2}$ Fuß Länge, wogegen *Stephenson's* Locomotive mit 15zölligen Cylindern 150 Röhren von $1\frac{5}{8}$ Zoll äußerem Durchmesser und $13\frac{1}{2}$ Fuß Länge. Bei dem *Stephenson's*chen Kessel ist der Zug sehr stark, damit derjenige Theil der Röhren, welcher in der Nähe der Esse befindlich ist, jeden Bedarf der Dampferzeugung zu leisten im Stande ist, wozu aber wieder ein bedeutender Kraftaufwand erfordert wird. Es fragt sich, ob der stärkere Kraftaufwand mittelst des Blaserohrs bei *Stephenson's* langen Röhrenkesseln durch eine verhältnißmäßige Steigerung der Dampferzeugung bei einer so bedeutenden Heizfläche ausgeglichen wird. Wenn die Röhren einen geringen Durchmesser haben, so können sie theilweis durch Koakstückchen verstopft werden; allein ein innerer Durchmesser von $1\frac{5}{8}$ Zoll kann ohne Nachtheil bei einem Zuge von mittlerer Stärke angewendet werden. Die Stärke des Zuges kann leicht dadurch vermindert werden, daß man das Essenregister theilweis verschließt, so wie andererseits durch Verengung des Blaserohrs verstärkt. Es werden daher jetzt Blaseröhre, deren Mündungen nach Belieben erweitert und verengert werden können, häufig angewendet. Man hat zu dem Ende mehrere Einrichtungen vorgeschla-

gen, allein die zweckmäßigste scheint die an den Stephenson'schen Locomotiven angebrachte zu sein, welche in einer Schnepfe besteht, die in dem Blaserohr auf und nieder bewegt wird; dieselbe hat einen etwas größern Durchmesser als die Basis des Kegels, jedoch mit einem nach innen vorspringenden Ring, gegen welchen die Basis des Kegels tritt, wenn die Schnepfe aufwärts geschoben wird. Befindet sich diese Schnepfe oder Schnauze am obern Ende der Röhre, so muß der ganze Dampf durch dieselbe strömen, und es findet ein stärkeres Ausblasen statt, da man dem Dampf eine größere Geschwindigkeit ertheilt hat. Wenn dagegen die Schnauze niederwärts bewegt wird, so strömt der Dampf durch die ringförmige Oeffnung zwischen Schnauze und Röhre, so wie auch durch erstere selbst, und es wird die Intensität des Ausblasens durch die Vergrößerung der Oeffnung, durch welche der Dampf entweicht, vermindert. In den meisten Locomotiven ist die Geschwindigkeit des Zugs von der Art, daß sehr lange Röhren dazu erfordert werden, um den Producten der Verbrennung alle Wärme zu entziehen, wenn die Wärme durch das Metall der Röhren nur mit derselben Leichtigkeit mitgetheilt würde, wie durch das Eisen der gewöhnlichen Metallkessel, und wenn es zu gleicher Zeit erforderlich wäre, die Hitze ganz und gar auszuziehen. Das Mildampfboot mit Maschinen von 110 nominellen Pferdekraften eine jede und mit zwei Kesseln, von denen jeder zwei von einander unabhängige Kanäle von solchen Dimensionen enthält, daß jeder Kanal 25 nominellen Pferdekraften gleich ist, wird mit 62 Procent über der nominellen Pferdekraft betrieben, so daß die wirkliche Verdampfungskraft eines jeden Kanals gleich 89 wirklichen Pferdekraften sein würde, vorausgesetzt, daß die Maschinen ohne Expansion arbeiten. Da aber der mittlere Druck in dem Cylinder etwas geringer als der im Kessel ist, so kann man die Verdampfungskraft eines jeden Kanals zu 80 wirklichen Pferdekraften annehmen. Mit dieser Ver-

dampfungs-kraft beträgt das Calorimeter 990 Quadrat-zoll oder 12,3 Quadrat-zoll auf die wirkliche Pferdekraft, wozu gegen bei den Stephenson'schen Locomotiven mit 150 Röhren die Verdampfungs-kraft zu 200 Cubikfuß Wasser in der Stunde angenommen wird, welches die Maschine zu 200 wirklichen Pferdekraften macht. Nimmt man nun den innern Durchmesser der Röhren zu $1\frac{1}{8}$ Zoll an, so wird das Calorimeter auf die wirkliche Pferdekraft nur 1,1136 Quadrat-zoll betragen, oder mit andern Worten, es wird das Calorimeter in den Locomotivkesseln 11,11mal geringer sein als in den Kanalkesseln von gleicher Kraft, so daß der Zug in der Locomotive 11,11mal stärker sein muß und das Verhältniß der Länge der Röhre zu ihrem Durchmesser 11,11mal größer als in dem Kanalkessel, vorausgesetzt, daß die Wärme nur mit derselben Leichtigkeit mitgetheilt wird. Der Kanal des Nils würde, wie bereits in der Beantwortung der 93. Frage bemerkt wurde, einen Durchmesser von $35\frac{1}{2}$ Zoll erfordern, wenn man ihm eine cylindrische Form gäbe, so wie eine Länge von $47\frac{3}{4}$ Fuß. Locomotivröhren von $1\frac{3}{8}$ Zoll Durchmesser würden bei gleicher Geschwindigkeit des Zuges nur eine Länge von 22,19 Zoll erfordern. Da aber der Zug 11,11mal stärker ist, als bei den Kanalkesseln, so müßten die Röhren nach diesem Verhältniß 246,508 Zoll oder ungefähr $20\frac{1}{2}$ Fuß lang sein. In der Praxis aber sind sie $\frac{1}{3}$ weniger lang, wodurch die Heizoberfläche von 9 auf 6 Quadratfuß auf die wirkliche Pferdekraft reducirt wird, und auch selbst diese Länge hat man für unzweckmäßig erkannt. Es ist daher vorzuziehen, das Calorimeter zu vergrößern und die Stärke des Zuges zu vermindern.

151. F. — Es wurden bereits das Dampfmanometer, das Vacuummanometer, das Hydrometer und der Indicator erwähnt; welche andere Instrumente giebt es nun noch, die zur Angabe der Kraft einer Maschine oder zu deren Regulirung dienen?

A. — Es giebt einen Zähler zur Angabe der Kolbenzüge, welche die Maschine macht, ferner Dynamometer zur Bestimmung der Zugkraft der Dampfschiffe oder Locomotiven; dann giebt es Probirhähne, Glasröhren oder Schwimmer, um die Höhe des Wasserstandes in dem Kessel zu bestimmen; und bei Wasserhebungsmaschinen dient der Katarakt zur Regulirung der Geschwindigkeit der Maschine. Der Zähler besteht aus einer Reihe von Zahnrädern, durch welche bei jedem Kolbenzuge der Maschine ein Zeiger um eine gewisse Größe vorwärts geschoben wird, so daß durch diese Vorrichtung die Anzahl der Kolbenzüge, welche die Maschine in einer gegebenen Zeit macht, genau bestimmt wird. In den meisten Fällen wird die Bewegung durch einen Einfall, der mit irgend einem wiederkehrenden Maschinentheil verbunden ist, einem Sperrrade mitgetheilt, wodurch die langsame Umdrehung der übrigen Räder bewirkt wird. Zweckmäßiger ist es aber, die Bewegung von einem sich drehenden Maschinentheile mittelst einer Schraube ohne Ende abzuleiten, da der Einfall oft fehlt und das Sperrrad alsdann einen unregelmäßigen Gang hat. Bei dem von Aldi erfundenen Zähler greift eine Schraube ohne Ende in den Kranz zweier kleiner Räder, die auf derselben Achse angebracht sind, da aber ein Rad einen Zahn mehr als das andere hat, so erhält man eine Differenzialbewegung; und die Differenz der Geschwindigkeit beider Räder während ihrer gleichzeitigen Bewegung bezeichnet die Anzahl der gemachten Kolbenzüge. Die Schraube ohne Ende ist an demselben sich drehenden Maschinentheile angebracht, dem die rotirende Bewegung mitgetheilt wurde; und die Räder, in welche die Schraube greift, hängen von ihr wie ein Pendel herab und werden durch die Schwere in ihrer Lage erhalten. Das Dynamometer, welches man zur Bestimmung des Zuges auf Eisenbahnen anwendet, besteht aus zwei platten Federn, die an ihren Enden durch Gelenke mit einander verbunden

sind, und die Größe der Trennung der Federn in der Mitte giebt mittelst eines zweckmäßigen Zeigers und Zifferblattes die Zugkraft an. Bei Schraubendampfschiffen wird die Vorwärtsbewegung der Schraube durch ein Dynamometer gemessen, welches nach dem Princip einer Wage construirt ist, und wobei ein geringer Federdruck an dem Index einem sehr großen Druck der Kraft das Gleichgewicht hält. Die Veränderungen des Drucks werden mittelst einer Bleifeder auf einem Bogen Papier aufgezeichnet, der durch einen zweckmäßigen Mechanismus weiter geschoben wird und wodurch man die mittlere Leistung der Maschine bestimmt erhält. Die Zugkraft der Ruderraddampfschiffe wird durch ein Dynamometer bestimmt, welches man am Ufer befestigt und durch ein Seil mit dem im Gange befindlichen Schiffe verbindet. Mittelst der Glasröhren, die an der vordern Seite der Kessel angebracht worden sind, kann man den Wasserstand in jedem Kessel leicht wahrnehmen, da das Wasser in den Röhren eben so hoch steht, als in den Kesseln, indem jene oben und unten mit diesen durch Hähne in Verbindung gesetzt werden können. Die Probirhähne gehen in verschiedenen Höhen durch den Kessel, und mittelst ihrer Oeffnung sieht man, ob es Wasser oder Dampf ist, was sich in der Ebene des Hahns findet. Die Hähne, welche die Glasröhre mit dem Kessel verbinden, müssen stets so construirt sein, daß sich die Röhre mit Dampf durchblasen läßt, um sie vom innern Absatz zu reinigen, welches die Durchsichtigkeit des Glases benachtheiligt. Die Hülsen, in welche die Röhre unten und oben eingelassen ist, müssen eine solche Einrichtung haben, daß selbst dann, wenn Dampf in dem Kessel ist, eine zerbrochene Röhre mit Leichtigkeit ausgewechselt werden kann. Es ist unsicher, sich gänzlich auf die Glasröhren zu verlassen, wenn der Wasserstand im Kessel bestimmt werden soll, da sie zuweilen zerbrochen werden, und es ist daher nöthig, neben den Röhren auch Probirhähne anzubringen; wenn

aber im Kessel nur wenig Dampf ist und eine theilweise Luftleere in demselben hervorgebracht worden, so sind die Glasröhren sehr wesentlich, indem die Probirhähne in solch einem Falle gar nicht wirken. Werden sie nämlich geöffnet, so strömt weder Dampf noch Wasser aus, sondern es strömt Luft in den Kessel. Es ist zweckmäßig, von dem untern Ende der Glasröhre eine Röhre in das Wasser des Kessels nieder zu führen, so wie von dem obern Ende eine andere Röhre in den Dampf, wodurch man es verhindert, daß das Wasser durch die Röhre siedet, welches sonst der Fall sein möchte, und weil man alsdann nicht im Stande ist, den Wasserstand in dem Kessel zu bestimmen. Der mittlere Wasserstand in dem Kessel muß über der Mitte der Röhre befindlich sein, und der unterste von den Probirhähnen muß immer Wasser geben und der oberste stets Dampf ausblasen. Der Schwimmer zur Angabe des Wasserstandes wird stets nur bei stehenden Maschinen angewendet, und seine Wirksamkeit ist gleich der einer sogenannten Boje, indem er auf der Oberfläche des Wassers liegt und mittelst eines dünnen Stabes, der durch den Kessel geht, die Höhe des Wasserstandes anzeigt. Der Schwimmer besteht gewöhnlich aus Stein oder Eisen und ist so ins Gleichgewicht gesetzt, daß seine Wirkung dieselbe ist, als wenn er wie eine jede andere Boje aus Holz bestände. Er steht gewöhnlich mit dem Speiseventil in Verbindung, so daß dasselbe in dem Maße geschlossen wird und daher um so weniger Speisewasser einströmen, als der Schwimmer steigt. Bei stehenden Maschinen strömt das Speisewasser aus einem kleinen offenen Sammelkasten, der am obern Ende einer senkrechten Röhre befestigt ist, die sich von dem Kesseldeckel aus erhebt und in der sich eine hinlänglich hohe Wassersäule befindet, um dem Dampfdruck das Gegengewicht zu halten. Das Wasser wird dem kleinen Sammelkasten mittelst einer Druckpumpe zugeführt, und alles Wasser, welches nicht durch das Ventil des Kastens dem Kessel zufällt, fließt durch

eine Röhre ab. Die Höhe des Wassers in der senkrechten Röhre steigt und fällt mit dem Dampfdruck, und es ist daher ein Schwimmer in derselben angebracht, der auf das Register wirkt, welches, wenn der Wasserstand steigt und der Druck des Dampfes daher stark, theilweise verschlossen wird, so daß die Feuerung weniger Wirkung hat. Der Katarakt besteht aus einer kleinen Mönchpumpe (d. h. einer Pumpe mit massivem Kolben) nebst Stiefel, der in einem Wassergefäß steht. Der Stiefel oder Cylinder ist auf der einen Seite mit einem Ventil versehen, das sich nach einwärts öffnet und durch welches das Wasser aus dem Behälter in die Pumpenkammer gelangt, und an der andern Seite mit einem Hahn, durch welchen, wenn der Kolben niedergeht, das Wasser aus der Pumpenkammer ausströmen muß. Bei der aufwärts gehenden Bewegung des Kolbens, welcher durch das Uebergewicht des Pumpengestänges (bei Wasserhebungsmaschinen) und dieses Endes von dem Balancier bewirkt wird, hebt man den Kolben des Kataraktes mittelst einer schwachen Stange, und das Wasser tritt sehr leicht durch das schon erwähnte Ventil. Hat nun die Maschine den höchsten Stand des Hubes erreicht, so befreit sie die Stange, durch welche der Kataraktkolben in die Höhe gezogen worden ist, der Kolben sinkt durch seine Schwere nieder und drückt das Wasser durch den Hahn aus, dessen Oeffnung vorher regulirt worden ist; der Kataraktkolben öffnet bei seinem Niedergange das Injectionsventil, wodurch die Maschine veranlaßt wird, einen Hub zu machen. Ist der Hahn des Kataraktes verschlossen, so ist es ganz klar, daß der Kolben nicht nieder gehen kann, und da in diesem Fall das Injectionsventil nicht geöffnet werden kann, so muß die Maschine stillstehen. Ist der Hahn nur wenig geöffnet, so geht der Kolben nur langsam nieder, das Injectionsventil wird langsam geöffnet und die Maschine macht einen langsamen Hub, sowie sie das zur Condensation nöthige Wasser enthält. Die Größe der Hahnöffnung regulirt da-

her die Geschwindigkeit, mit welcher die Maschine arbeitet, so daß durch die Anwendung des Katarakts die Geschwindigkeit der Maschine verändert werden kann, je nachdem die Wassermenge, die aus einer Grube gehoben werden soll, einen langsamern oder geschwindern Gang erfordert. Auch bei großen Gebläsedampfmaschinen, die ohne Schwungrad arbeiten, wird ein solcher Katarakt, auch Subzähler genannt, häufig angewendet. Man hat auch einen Luftcylinder, und in andern Fällen einen Delcylinder statt des beschriebenen Apparates angewendet; das Princip, nach dem diese Vorrichtungen wirken, bleibt sich gleich, und der ganze Unterschied bezieht sich nur auf die Einzelheiten.

152. F. — Wie verfährt man bei der Montirung oder Aufstellung einer Wasserhebungsmaschine, wie z. B. der in Cornwall gebräuchlichen?

A. — Nachdem man die Stellung der Pumpe in dem Schacht bestimmt hat, mißt man aus deren Mitte die Entfernung bis zur Mitte des Dampfscylinders ab, indem hiervon die Dimensionen des Maschinenhauses abhängen. Man gräbt alsdann das Fundament zu den Mauern und zu der festen Stellung der Maschine aus, indem man den Cylinder entweder in gleicher Ebene mit dem Boden stellt, oder tiefer, da es immer vortheilhaft ist, das Maschinenhaus so niedrig als möglich zu machen, indem dadurch die Festigkeit gewinnt. Kann man die Maschine und das Haus nicht auf festen Felsengrund stellen, so muß man das Fundament für die Mauern wenigstens noch 2 Fuß tiefer ausgraben, als der Boden des Kellergewölbes liegt. Man muß auch dahin sehen, daß aus dem Keller ein kleiner Wasserkanal zu dem Schacht durch die Mauer geführt wird, damit das Wasser, was auf irgend eine Weise in den Keller gelangt, abfließen kann. Ein festes Fundament ist für eine so schwere Maschine und das sie tragende Haus eine wesentliche Bedingung, und es ist daher nothwendig, darnach so tief als erforderlich zu suchen, oder das Ganze auf eine Pi-

lotirung zu stellen. Quers durch das Haus wird eine starke Wand gezogen, auf welcher die Zapfenlager des Balancier's ruhen. In den untern Theil dieser Mauer werden starke Balken eingelegt, deren Enden in die Seitenmauern des Maschinengebäudes reichen, und welche dazu dienen, die untern Enden der langen Bolzen zur Befestigung der Balancierzapfenlager zu sichern. Diese Balanciermauer muß mit größter Sorgfalt, mit möglichst großen Steinen und mit dünnen Mörtelschichten aufgeführt werden. Wird das ganze Maschinenhaus aus Steinen aufgebaut, so müssen dieselben möglichst groß und lang sein und hauptsächlich muß man für einen guten Verband an den Ecken sorgen; auch ist es eine Regel, dahin zu sehen, daß die Steine auf ihre breiteste Seite gelegt und nicht auf die hohe Kante gestellt werden. Ein oder zwei Schichten über dem Sturz der Thür, welche zu dem Condensator führt, lege man in die Balanciermauer gleichweit von einander, so wie auch von der äußern und innern Seite der Wand, zwei dünne flache Eisenstäbe ein, welche durch die ganze Breite der Wand reichen. Etwa einen Fuß höher lege man von 4 zu 4 Fuß, der Breite der Front nach, andere Stäbe derselben Art und rechtwinklig gegen die vorigen, die durch die ganze Dicke der Mauer gehen, ein. Eben so lege man auch an jeder Ecke mit den Seitenwänden des Hauses und in der Mitte derselben 10 bis 12 Fuß lange Stäbe ein, welche durch die Wände durchgehen. Wenn nun das Maschinenhaus fast bis zur Schwelle der Oeffnung unter dem Balancier aufgeführt werden muß, so muß man eine andere doppelte Reihe von Stäben auf die angegebene Weise einlegen. In der Ebene der obern Cylinderbalken müssen Oeffnungen in den Mauern für dessen Enden mit hinlänglichem Raum gelassen werden, um ihn seitwärts zu bewegen, so daß der Cylinder eingebracht werden kann. Auch muß man kleinere Oeffnungen durch die ganze Wand hindurchlassen, durch welche man Eisenstäbe bringt, die mit ihrem einen Ende

an den Cylinderbalken sicher befestigt werden, durch die vordere und hintere Wand gehen und dort fest verschraubt werden, so daß das Haus fest verbunden ist. Die damit verbundenen Federeisen oder eisernen Stäbe müssen ganz durch die hintere Wand gehen und dort durch Spilthe oder Schrauben befestigt sein. Auch müssen sie an der Balanciermauer auf jeder Seite, entweder durch eiserne Stäbe, feste Holzstücken oder lange starke Steine, die weit in die Mauer eingreifen, befestigt sein. Sie müssen aber auch ein festes Lager haben, und der übrige Theil der Oeffnung muß recht fest aufgeführt werden. Wenn kein Wasser in der Nachbarschaft befindlich ist, welches zur Condensation angewendet werden kann, so ist es nothwendig, in dem Boden einen Sumpf anzubringen, in welchen das von der Luftpumpe gelieferte Wasser einfällt, damit es sich dort abkühlen und dann wieder benutzt werden kann. Der Sumpf kann 3 bis 4 Fuß tief und durch Rasen und Thon, oder auf irgend eine andere Weise wasserdicht gemacht werden. Das Wasser dadurch abkühlen zu wollen, daß man es in die Luft spritzt, ist ein nachtheiliges Verfahren, da es alsdann Luft aufnimmt und der Luftleere schadet. Zur Kolbenliederung nehme man 60 gewöhnliche weiße oder ungetheerte Seilschnüre und verflechte mit denselben ein flaches Seil so dicht und fest als möglich. An den Enden muß es auf 18 Zoll Länge schwach zulaufen und lang genug sein, um rings um den Kolben zu gehen und auf einer Länge von 18 Zoll übereinander zu greifen. Man wickele dieses Seil so dünn und dicht als möglich auf und verdichte es noch mit einem Schmiedehammer, bis daß seine Breite dem Platz, welchen es einnehmen soll, entspricht. Alsdann hämmere man es mit einem hölzernen Treibeisil und einem Handhammer, gieße geschmolzenen Talg ringsum darauf und lege eine $\frac{1}{2}$ Zoll dicke Schicht von Seilsäden darum, so daß die ganze Liederung, je nach der Größe der Maschine, eine Tiefe von 5 bis 6 Zoll erhält. Endlich schraube man den Deckelring

auf. Die Liederung muß zwar festgehämmert, jedoch nicht zu fest gemacht werden, weil sie sonst eine zu große Reibung hervorbringt, daß dadurch der Gang der Maschine gehindert wird. Talg darf man dabei nicht schonen, hauptsächlich im Anfange; geht aber der Cylinder erst glatt, so kann man weniger anwenden. Bei manchen der neuern Wasserhebungsmaschinen ist der Kolben mit einer metallenen Liederung versehen, die meistens aus einem einzigen Ringe mit einem Zungenstück zur Unterbrechung der Fuge, und dahinter mit einer Hanfliederung versehen ist. Die obere Kante des metallenen Ringes ist von der innern Seite zugespitzt, um die Anwendung der Hanfliederung dahinter leichter zu gestatten; und der Deckelring ist fast ganz derselbe, als wenn keine Metallliederung angewendet werden müßte. Um die Maschine in Betrieb zu setzen, muß man den Dampf bis zu einem Druck von wenigstens 3 Pfd. auf den Quadratzoll in der Dampfrohre entwickeln; und wenn der Cylindermantel vollständig erwärmt ist und der Dampf frei aus dem Mantelhahn strömt, und alle Ventile oder Regulatoren offen sind, so wird der Dampf die Luft und Wasser aus der Auslaßrohre vertreiben, und um nun auch die Luft aus dem Cylinder los zu werden, muß man, nachdem man einige Minuten durch die Maschine geblasen hat, das Dampfventil verschließen. Das den Condensator umgebende kalte Wasser wird etwas Dampf von dem in der Auslaßrohre vorhandenen verdichten, und sein Platz wird durch Luft aus dem Cylinder ersetzt werden. Alsdann muß man das Dampfventil wieder öffnen, um diese Luftmenge auszublasen, und die Operation muß so oft wiederholt werden, bis daß die Luft gänzlich aus dem Cylinder entfernt ist. Ist dies der Fall, so verschließe man alle Ventile und beobachte das Vacuummanometer, ob in dem Cylinder eine Luftleere vorhanden ist. Ist die Luftleere gleich 3 Zoll Quecksilber, so öffne man die Injection etwas und verschließe sie darauf gleich wieder; und wenn dadurch irgend eine bedeutende

Luftleere veranlaßt wird, so öffne man das Auslaßventil etwas und zu gleicher Zeit auch das Injections- oder Einspritzventil. Kommt alsdann die Maschine noch nicht in Betrieb, so muß man sie so lange durchblasen, bis sie in Bewegung kommt. Ist die Maschine nur wenig belastet, oder ist kein Wasser in den Pumpen, so muß man die Drosselklappe oder den Regulator fast ganz verschlossen halten und die obern oder Auslaßregulatoren müssen nur wenig geöffnet werden, weil sonst die Maschine ihre Hübe zu heftig ausführen wird und Brüche veranlassen könnte. Wenn an dem Pumpenende ein bedeutendes Gewicht ohne gehöriges Gegengewicht vorhanden ist, so muß die Steuerung, welche das Dampfventil öffnet, so gut regulirt sein, daß sich das Ventil nur sehr wenig öffnet; und wenn man nach wenigen Hübten einen zu langsamen Gang der Maschine erkennt, so muß man die Steuerung so einrichten, daß das Ventil eine größere Oeffnung erlangt. Die Maschine muß stets einen vollen Hub machen, d. h. bis die Sperrnägeln bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll von den Sperrklinken an jedem Ende gelangen, und der Kolben muß, wenn die Maschine in Ruhe ist, hoch genug in dem Cylinder stehen, um in die senkrechte Dampfrohre alles das Wasser zu drücken, was sich über dem Kolben verdichtet hat; denn wenn Wasser über dem Kolben bleibt, so wird dadurch der Dampfverbrauch vermehrt. Wenn die Maschine angehalten, das Injectionsventil verschlossen und gesichert ist, die Knaggen aber so regulirt sind, daß sie die Oeffnung des Auslaßventils verhindern und dem Dampfventil gestatten, sich zu öffnen und offen zu bleiben, weil sonst eine Luftverdünnung in dem Cylinder entstehen und er mit Einspritzwasser oder mit solchen, die von Undichtigkeiten herrühren, angefüllt werden würde. Eine einfachwirkende Maschine, die in guter Ordnung ist, muß so langsam gehen, daß sie alle 10 Minuten einen Hub macht, und so schnell, daß sie in einer Minute 10 Hübe macht. Entspricht sie diesen Bedingungen nicht, so hat sie irgend einen

Constructionsfehler, der erkannt und verbessert werden muß. Bei den neuern Cornwalliser Maschinen wirkt der Dampf von hoher Pressung mit bedeutender Expansion. In einigen Fällen werden Maschinen mit doppeltem Cylinder angewendet, bei denen der Dampf mit hoher Pressung auf einen kleinen Kolben gewirkt hat und dann in einen größern Cylinder übergeht, wo er mit Expansion wirkt. Eine viel größere Wirkung erlangt man von der Anwendung zweier Cylinder nicht, wogegen der Apparat viel verwickelter ist. Statt der Balancierwand werden jetzt auch häufig gußeiserne Säulen zum Tragen der Balancierzapfenlager angewendet, und das Cylinderende des Balanciers wird gewöhnlich länger gemacht, als das Pumpenende, wodurch der Cylinder in den Stand gesetzt wird, einen langen Hub zu machen, und der Kolben sich rasch bewegt, ohne diese Geschwindigkeit den Pumpensägen mitzutheilen, da sie alsdann mit Stößen arbeiten und sich leicht abreiben würden. Ein hoher Dampfdruck kann bei einem langen Hube ohne die Nothwendigkeit angewendet werden, dem arbeitenden Theil so große Dimensionen zu geben, die außerdem erforderlich sein würden, denn die Stärke der Theile einer einfach wirkenden Maschine kann bei jedem Zuge fast dieselbe sein. Die jetzt vorzugsweise angewendeten Pumpen sind solche mit massiven Kolben (im Englischen plunger pump), welche während des Betriebes der Maschine geliebert werden können. Der unterste Pumpensatz einer Grube ist aber gewöhnlich ein Saugsatz, wodurch man die doppelte Absicht zu erreichen sucht, beim Absinken eines Schachtes mit der Pumpe leichter nachkommen zu können, und den Nachtheil vermeidet, bei einem zu starken Steigen des Wassers in der Grube zu den Ventilen gelangen zu können. Die Pumpenventile tiefer Schächte sind eine ewige Quelle von Ausgaben und von Störungen, da es wegen des Wasserdrucks auf dieselben schwierig ist, ihren heftigen Verschluß zu verhindern. Man hat manche Vor-

richtungen erfunden, um das Uebel zu verhindern, und unter diesen Vorrichtungen hat das Ventil von *Harvey* und *West* vielleicht die allgemeinste Annahme gefunden. Es ist dies Ventil ein Mittelding zwischen dem Gleichgewichtsventil, welches zum Einströmen und Ausströmen des Dampfes zu und aus dem Cylinder bei einfach wirkenden Maschinen dient, und dem gewöhnlichen Stangenventil, welches früher zu diesem Zweck angewendet wurde. Um seine Wirkung zu verstehen, muß man erst die des Gleichgewichtsventils kennen zu lernen suchen. Es besteht dies Ventil im Wesentlichen aus einem, an beiden Enden offenen Cylinder, der im Stande ist, auf einem feststehenden, auf einer Stange von der Länge des Cylinders befestigten Kolben zu gleiten, und die Oeffnung des Ventils zu schließen. Nun ist es klar, daß, wenn der Cylinder so niedergedrückt wird, seine Kante gegen die ihn umschließende Büchse tritt, die Oeffnung der Röhre verschlossen sein muß, da der Dampf über die Kante des Cylinders hinaus, und eben so wenig zwischen dem Cylinder und Kolben durch nicht entweichen kann. Es ist auch ferner klar, daß, da der Druck auf den Cylinder rings herum gleich ist, und der ganze niederwärts gehende Druck durch den feststehenden Kolben getragen wird, der Cylinder ohne irgend eine Kraftanwendung gehoben oder gesenkt werden kann, da man nur die Reibung des Kolbens und der Stange an dem Cylinder zu überwinden hat. Statt der reibenden Kolbenoberfläche wendet man übrigens eine conische Ventilfläche zwischen dem Cylinder und Kolben an, welche nur dann dicht ist, wenn der Cylinder sich in seiner niedrigsten Stellung befindet; und es findet sich eine ähnliche Fläche zwischen der Cylinderkante und dem Boden der Büchse, in welcher er befindlich ist. Der sich bewegende Theil des Ventils ist, statt ein vollkommener Cylinder zu sein, in der Mitte nach auswärts gebogen, so daß der Dampf entweichen kann, sobald er über den feststehenden Kolben hinaus ist, wenn sich der cylindrische Theil des

Ventils hebt. Nun ist es klar, daß, wenn solch ein Ventil an einer Pumpe angebracht ist, kein Druck des Wassers in der Pumpe hinreichend sein würde, um es zu öffnen, eben so wenig aber auch der stärkste Druck des Wassers über dem Ventil einen heftigen Verschuß desselben zu bewirken im Stande wäre. Soll demnach ein Gleichgewichtsventil überall als Pumpenventil angewendet werden, so muß man es durch mechanische Mittel verschließen oder öffnen. Bei den Ventilen von *Harvey* und *West* ist aber das Gleichgewichtsprincip nur theilweise angewendet; die untere Fläche hat einen bedeutend größern Durchmesser als die obere und die Differenz bildet einen ringsförmigen Druck, welcher eine Oeffnung und Verschließung des Ventils mit derselben Kraft bewirken wird, wie ein Stangen- oder Spindelventil von der Oberfläche des Ringes. Um den Stoß noch mehr zu schwächen, stößt das untere Ende des Ventils gegen Stücke Holz, welche in einen ringsförmigen Raum des Pumpenstiefels eingetrieben sind. Ventile dieser Art machen nur wenig Geräusch; jedoch hat man in der Praxis gefunden, daß durch die Anwendung von Ventilen dieser Art die Pumpe wesentlich mehr belastet wird. In manchen Fällen werden die weiter oben bei Beantwortung der 102. Frage erwähnten Ventile von Segeltuch zur Schwächung von Stößen bei Pumpen angewendet; jedoch erfordern sie eine häufige Auswechslung und stehen in der Wirkung den Schieberventilen nach, welche sich recht gut bei Pumpen anwenden lassen. Uebrigens wird die Centrifugalpumpe alle übrigen Arten verdrängen, und bei derselben sind überall keine Ventile erforderlich. Wirklich scheint es wahrscheinlich zu sein, daß durch den Betrieb einer gewöhnlichen Wechselpumpe (im Englischen *reciprocating pump*) mit einer großen Geschwindigkeit ein ununterbrochener Wasserstrom durch alle Röhren hindurch auf solche Weise erlangt wird, um die Ventile überall entbehren zu können. Die beste Form der Centrifugalpumpe scheint die zu sein, bei welcher

die Arme von dem Boden wie der Buchstabe V aus einander laufen. Solche Pumpen saugen sowohl als sie auch drücken; und wenn man dieselben in einer Reihe von Sägen in einem Schacht anbringt, so kann das Wasser ohne Unbequemlichkeit aus jeder Tiefe ausgefördert werden. Durch Einführung der Centrifugalpumpe zur Wasserhebung in Bergwerken und unter andern Umständen werden auch die einfach wirkenden Dampfmaschinen ganz aufhören, da zum Betriebe der Centrifugalpumpen sehr schnell arbeitende doppeltwirkende Maschinen mit rotirender Bewegung die zweckmäßigsten sein werden; wirklich ist die einfach wirkende Dampfmaschine ein Ueberbleibsel eines Barbarismus im Maschinenbau, der durch zweckmäßigere Vorrichtungen weggeschafft werden muß. Die Cornwalliser Maschinen haben, obgleich größtentheils nur roh ausgeführt, eine sehr kostspielige Leistung, die aber im Verhältniß zu ihrer Größe dennoch nicht hinreichend ist. Wendet man aber kleinere Maschinen an, die sich mit einer großen Geschwindigkeit bewegen, so können die Dimensionen so vermindert werden, daß man die best ausgeführte Maschine mit geringern als den jetzigen Kosten erlangt. Es ist durchaus eine unrichtige Annahme, daß die Cornwalliser Maschinen eine so vorzügliche Leistung mit geringem Brennmaterialaufwande haben, oder daß eine minder lethargische Maschine durchaus weniger wirksam sein müsse. Die bedeutenden Leistungen der Cornwalliser Maschinen rühren von der ausgedehnten Anwendung der Expansion her, so wie auch von wenigen andern Ursachen, die jedoch bei kleinern Maschinen, die mit einer größern Geschwindigkeit arbeiten, ebenfalls erledigt werden können. Man hat daher gar keinen Grund, die jetzigen Maschinen nicht durch andere ersetzen zu wollen, die ebenfalls dasselbe leisten.

153. F. — Welche Art von rotirenden Maschinen hält man für die besten?

A. — Meiner Ansicht nach sind die Maschinen mit

schwingenden Cylindern die besten unter den jetzt gebräuchlichen, und ich gebe ihnen in allen den Fällen, in denen eine rotirende Bewegung erreicht werden soll, den Vorzug. Unter den stehenden Maschinen sind sie einfacher und fester, als die gewöhnlichen Balanciermaschinen; für Dampfschiffe scheinen sie zweckmäßiger zu sein, als die Seitenbalanciermaschinen, so wie alle übrigen Arten mit directer Wirkung; und bei Locomotiven vereinfachen sie die Maschinerie sehr, obgleich sie geringere Sicherheit versprechen, als die Locomotiven mit festliegendem Cylinder. Die vorzüglichsten Arten von Maschinen mit directer Wirkung, die auf Dampfschiffen angewendet werden, sind außer den schwingenden die Gorgonenmaschine, deren Verbindungsstangen von dem obern Ende der Kolbenstange zu der darüber angebrachten Kurbel reichen. Die Steepelmaschine, bei welcher die Verbindungsstangen über der Kurbel angebracht worden sind; so wie auch die Ring- und Siamesenmaschine von Maudslayi. Die Gorgonenmaschine hat das Nachtheilige, daß die Welle sehr hoch angebracht sein muß, um Platz für den Hub zu gewinnen, wodurch ein großes Ruderrad erfordert wird; und bei großen Rädern muß entweder ein bedeutendes Entschlüpfen (im Englischen slip) stattfinden, oder es müssen die Maschinen sehr langsam arbeiten. Die Steepelmaschine hat das Nachtheilige, daß ein bedeutender Theil von der Maschinerie über das Deck hervorsteht; und die Ring- und Siamesenmaschine hat eine so verwickelte Construction, daß sie den directen Maschinen in jeder Beziehung nachsteht. Gegen die schwingenden Maschinen selbst sind von jeher verschiedene Einwürfe gemacht worden. Man warf ihnen vor, daß der Cylinder oval würde, daß die Zapfen und ihre Lager sich zu sehr erhitzen, daß die Verbindung mit den Dampfrohren undicht werde, und daß durch die Belastung der Zapfen die Seiten der Cylinder ungleich werden; ferner daß da, wo der Cylinder in seiner Mitte festliege, während die Welle sich

selbst nach dem Arbeiten des Schiffes richten müsse, dadurch eine Veranlassung gegeben, entweder die Zapfen zu zerbrechen, oder die Kolbenstange zu verbiegen. Man braucht auf diese Einreden nur zu erwiedern, daß sie alle hypothetisch sind und daß sich keine derselben durch die Erfahrung verwirklicht hat, wenigstens nicht in der Ausdehnung, daß daraus wesentliche Nachtheile entstanden wären. Man sieht jedoch leicht ein, daß man gar nicht zu der Erfahrung zu greifen braucht, um die Unhaltbarkeit dieser Einwürfe nachzuweisen. Es erleidet gar keinen Zweifel, daß die schwingenden Maschinen ein Bestreben haben, daß der Cylinder und die Stopfbüchse oval werden, allein nach jahrelanger Benutzung hat man gefunden, daß die auf diese Weise veranlaßte elliptische Ausreibung geringer sei, als bei dem Cylinder der Maschinen mit Seitenbalancier, nachdem sie ebenfalls so lange in Gebrauch gestanden haben. Die Reibung, welche die Schwingung der Cylinder veranlaßt, ist so gering, daß ein Mann im Stande ist, einen großen Cylinder mit einer Hand zu bewegen. Bei einer Maschine mit Seitenbalancier dagegen wird dadurch, daß die Parallelbewegung im Geringsten in Unordnung geräth, welches oft ganz unvermeidlich ist, der Kolben mit großer Kraft gegen die Cylinderwände gedrückt, so daß eine große Abnutzung und Reibung entsteht. Statt daß die Cylinderzapfen, wie andere Zapfen, sehr stark erhitzt werden, erhält sie der hindurchgehende Dampfstrom in der gleichartigen Temperatur des Dampfes; und die Liederung der Zapfen wird nicht leck, wenn die Liederung vor ihrer Anwendung in eine cylindrische Form gedrückt wird. Hin und wieder wird ein hohles oder Laternenartiges Futter ungefähr $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ von der Länge des Liederungsraums, welches mittelst einer Röhre mit Dampf oder Wasser gespeist wird, in der Mitte der Liederung angebracht, so daß, wenn in den Schwingungszapfen irgend eine Undichtigkeit stattfindet, nur Wasser oder Dampf hindurchgehen, wodurch die Luftleere keinen Nachtheil er-

leidet. In den meisten Fällen jedoch ist eine solche Vorrichtung dabei nicht erforderlich, und sie hat daher auch keine allgemeine Anwendung. Es ist ganz klar, daß die Seiten des Cylinders durch die Belastung der Zapfen nicht gebogen werden können, wenn der Cylinder stark genug ist, und nie hat man bei Cylindern von gewöhnlicher Dicke solch eine Einwirkung erfahren. Eben so wenig ist es aber eine Thatsache, daß die mittlere Welle der Dampfschiffe, auf welchen Theil die Bewegung von der Maschine allein übertragen wird, sich nach den Formveränderungen des Schiffs richten müsse, da die Maschine und die mittlere Welle fest mit einander verbunden sind, wogegen die Ruderradwelle wirklich einer solchen Anpassung bedarf. Wenn aber dieser Einwurf wirklich vorhanden wäre, so könnte man der Kurbelwarze die Kugelform ertheilen, wodurch man in den Stand gesetzt sein würde, die Stellung der mittlern Welle mit der des Cylinders durch geringe Veränderungen in Uebereinstimmung zu bringen, und ohne irgend einen arbeitenden Theil mehr zu belasten.

154. F. — Wie ist die Construction der Penn'schen schwingenden Maschinen?

A. — Um eine solche Beschreibung zu geben, ist es am zweckmäßigsten, eine Maschine von gegebener Kraft anzunehmen, und man kann alsdann die Dimensionen so gut wie die Beschreibung der Form der Maschinentheile geben. Wir wollen zum Beispiel ein Maschinenpaar annehmen, deren Cylinder $21\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser und 22 Zoll Hub haben, und deren Kraft von Herrn Penn zu 12 Pferden eine jede angegeben wird. Die Cylinder dieser schwingenden Maschine stehen unter den Kurbeln, und wie bei allen kleinern Maschinen Penn's ist die Kolbenstange mit der Kurbelwarze mittelst einer bronzenen Kappe verbunden, die mit einem Futter versehen ist. Es ist aber nur eine Luftpumpe, die in dem Condensator zwischen den Cylindern, vorhanden. Die Bewegung der Pumpe erfolgt durch eine

Kurbel an der mittlern Welle, und diese Kurbel ist aus einem festen Stück Eisen ausgehauen, so wie es bei den gefröpften Wellen der Locomotiven der Fall ist. Der Dampf strömt durch die äußern Zapfen, d. h. durch diejenigen, welche an den Schiffswänden liegen, in die Cylinder, und aus denselben durch die innern Zapfen in den Condensator. Am vordern Theil des Cylinders ist aber ein Ventil mit drei Oeffnungen angebracht, um das Ein- und Ausströmen des Dampfes in und aus dem Cylinder zu reguliren. Dieses Ventil wird durch ein Gewicht an der andern Seite des Cylinders im Gleichgewicht erhalten, jedoch ist bei den meisten neuern Maschinen dieses Gewicht weggelassen, während man 2 Ventile anwendet, die einander das Gleichgewicht halten. Das Gerüst besteht aus einem obern und untern Rahmen von Gußeisen, welche durch 8 Säulen von Schmiedeeisen mit einander verbunden sind. Auf dem untern Rahmen sind die Zapfenlager für die Cylinderzapfen, so wie auch der Condensator angebracht, und es ist dieser Bodenrahmen aus einem Stück gegossen. Der obere Rahmen trägt die Zapfenlager für die Ruderradwelle. Auch sind an den obern Rahmen Stücke angeschraubt, welche die Ruderräder tragen, die über das Lager hinaus hängen. Die Grundplatte des untern Rahmens ist $\frac{3}{4}$ Zoll dick und rings um die Cylinder sind hinreichend große Oeffnungen geblieben, um die Schwingungen zu gestatten. Der Querdurchschnitt des obern Rahmens ist gleich dem eines hohlen Balkens, 6 Zoll tief und ungefähr $3\frac{1}{2}$ Zoll weit, mit Oeffnungen an den Seiten; die Metallstärke beträgt $\frac{13}{16}$ Zoll. Sowohl der obere als auch der untere Rahmen sind aus einem Stück gegossen worden, mit Ausnahme der Fortsetzungen an dem obern Rahmen, welche die Zapfenlager der Ruderräder tragen. In dem obern Rahmen ist ein ovaler Ring von 3 Zoll Weite angebracht, groß genug, um den Betrieb der Luftpumpenkurbel zu gestatten, und von diesem Ring gehen Stäbe nach den Enden der in der

Quere laufenden Theile des Rahmens, welche unmittelbar die Wellenzapfenlager tragen. Die Säulen haben $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser; sie sind mit Verstärkungen an den untern Enden versehen, welche in den oben mit Buckeln versehenen Zapfenlöchern des untern Rahmens stehen; die Hälse an dem obern Ende der Säulen tragen den obern Rahmen. Die obern Hälse zweier von den Ecksäulen sind festgeschraubt, so daß man die Säulen wegnehmen kann, sobald die Cylinder weggenommen werden müssen. Der Querschnitt des Bodenrahmens hat ebenfalls die Form eines hohlen Balkens, 7 Zoll tief, mit Ausnahme in der Gegend des Condensators, wo er eine andere Form hat. Die Tiefe der Verstärkung und der Zapfenlöcher zur Aufnahme der Säulenenden beträgt beim untern Rahmen etwas mehr als 7 Zoll und bei dem obern Rahmen etwas mehr als 6 Zoll, und die Löcher sind so ausgespart, daß die Säulen nur auf den obern und untern Kanten ruhen, wodurch das Einsetzen der Säulen sehr erleichtert wird. Der Condensator, welcher mit dem untern Rahmen zusammengegossen ist, besteht aus einem ovalen Gefäß, $22\frac{1}{2}$ Zoll weit, $28\frac{1}{4}$ Zoll lang und $22\frac{1}{2}$ Zoll tief; er steht 9 Zoll über der obern Fläche des Bodenrahmens, und das Uebrige tritt darunter hervor. An den Seiten ist eine Vergrößerung dadurch veranlaßt, daß es bis unter die Zapfen geführt worden ist. Die Luftpumpe, welche in der Mitte des Condensators angebracht worden ist, hat $15\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser und 11 Zoll Hub. Das Fußventil ist in dem Boden der Luftpumpe angebracht und besteht aus einer messingenen Scheibe, in welcher ein viereckiges Klappenventil befindlich ist; an der einen Seite hat dasselbe die Kreisrundung der Pumpe, öffnet sich nach auswärts und ist so mit einem Gegengewicht versehen, daß es sich sehr leicht öffnet. Das Gegengewicht, welches ebenfalls aus Messing besteht und aus einem Stück mit dem Ventil gegossen ist, wirkt als ein Aufenthalt, indem es mit der Scheibe in Berührung

tritt, die den Boden der Pumpe bildet, sobald das Ventil hinlänglich geöffnet ist. Diese Scheibe ist auf dem Boden der Pumpe mittelst einer Flantsche festgeschraubt, und die Pumpe muß von ihrem Platz genommen werden, wenn man die Scheibe wegnehmen will. Der Luftpumpencylinder besteht aus Messing, und es ist ein gußeisernes Mundstück darauf geschraubt, so daß das Wasser dem Warmwasserbehälter zugeführt wird; und innerhalb dieses Behälters ist das Auslaßventil angebracht, welches aus einem gewöhnlichen Klappenventil besteht. Sowohl das Mundstück als auch die Luftpumpenröhre sind mit dem Condensator luft- und wasserdicht verbunden, und zwar durch metallische Verbindungen, deren Flächen so genau auf einander passen, daß nur eine dünne Schicht Bleifitt dazwischen gelegt zu werden braucht, um die Verdichtung hervorzubringen. Der Luftpumpenkolben besteht aus Messing und sein Ventil ist ein gewöhnliches Stangenventil. Das Einspritzwasser tritt durch einen einzigen Hahn an der Vorderseite des Condensators ein und der Strahl stößt gegen den Luftpumpenstiefel. Die Luftpumpenkolbenstange wird mittelst Führer in ihrer senkrechten Stellung erhalten, und es sind die untern Enden derselben mit der Mündung der Pumpe und die obern mit dem Oval in dem obern Rahmen, in welchem sich die Luftpumpenkurbel bewegt, verbunden. Die Bewegung der Kurbel wird der Pumpenstange durch eine kleine Verbindungsstange mitgetheilt. Der untere Rahmen steht nicht unmittelbar unter dem obern, sondern $2\frac{1}{2}$ Zoll dahinter, und die Luftpumpe nebst dem Condensator stehen der einen Kante des untern Rahmens näher als der andern. Die Metallstärke des Cylinders beträgt $\frac{9}{16}$ Zoll, die Breite des Cylindergürtels oder Ringes $9\frac{1}{2}$ Zoll, und dessen größter Abstand von dem Cylinder $2\frac{1}{2}$ Zoll. Die Entfernung von der untern Kante des Ringes bis zum Boden des Cylinders beträgt $11\frac{1}{2}$ Zoll und von der obern Kante des Ringes bis zu dem obern Cylinder-

rande 9 Zoll. Die Zapfen haben in den Lagern $7\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und $3\frac{1}{2}$ Zoll Breite, und die Ränder, mit denen die Liederung zwischen den Zapfen und Röhren verbunden, sind $1\frac{1}{2}$ Zoll dick und treten $\frac{7}{8}$ Zoll vor. Die Weite des Liederungsraums rings um die Zapfen beträgt $\frac{5}{8}$ Zoll; die Röhren, welche durch die Zapfen gehen, sind $4\frac{5}{8}$ Zoll weit, so daß $\frac{11}{16}$ Zoll für die Metallstärke der Zapfen bleiben. Die Röhre, welche von dem Cylinder zum Condensator führt, hat da, wo sie sich mit dem Condensator verbindet, eine etwas größere Weite, und der Bügel, welcher die Liederung zusammendrückt, hat da einen engeren Durchmesser, wo die Röhre aus ihm austritt, wo er genau über dieselbe paßt, so daß er die Liederung zusammenzudrücken im Stande ist. Durch diese Einrichtung kann der Bügel zurückgezogen werden, ohne daß er auf dem weitem Theile der Röhre auseinandergetrieben wird, und die Erweiterung der Röhre nach dem Condensator zu befördert das freie Ausströmen des Dampfes, welches sonst durch die Luftpumpe verhindert werden könnte. Der Bügel besteht aus 4 Stücken: aus dem Ringe, welcher auf die Liederung drückt und welcher von der Flantsche getrennt ist, mit welcher die Bolzen verbunden sind, die den Bügel gegen die Liederung treiben, und beide, Ring und Flantsche, bestehen aus 2 Stücken, um über der Röhre angebracht werden zu können. Der Ring ist in der Richtung der Tiefe auf die Hälfte schwächer gemacht und hält die Hälften auf dieselbe Weise zusammen, wie dies in der Stopfbüchse gewöhnlich geschieht. Die Flantsche ist ebenfalls in der Richtung der Dicke um die Hälfte dünner gemacht, so daß die Bolzen, welche den Ring niederdrücken, indem sie auf diese auf die Hälfte verdünnten Theile gehen, auch die Flantschensegmente zusammenhalten. Der Boden des Raums für die Zapfenliederung ist bis zu dem Durchmesser der Auslaßröhre verengt, wodurch man verhindert, daß die Liederung nicht in den Mantel hineingedrückt wird; die Aus-

Laßröhre hingegen paßt nicht ganz dicht in diesen verengten Theil, sondern während sie in genauer Berührung mit der untern Seite steht, hat sie ungefähr $\frac{1}{32}$ Zoll Spielraum zwischen dem obern Theil der Röhre und dem Cylinder, so daß die Zapfen sich bis dahin abnutzen können, ohne die Röhre irgend zu belasten. Die Auslaßröhre ist mit dem Condensator durch eine Flantsche verbunden, und die Bolzenlöcher sind alle etwas länglich in der senkrechten Richtung gemacht, damit die Röhre etwas niedergeschoben werden kann, wenn dies wegen Abnutzung der Cylinderzapfen erforderlich sein sollte. Man hat aber in der Praxis die Abnutzung der Cylinderzapfenlager so gering gefunden, daß sie kaum wahrnehmbar ist. Es ist nicht zweckmäßig, die Zapfenlager mit dem unter Rahmen des Maschinengerüsts aus einem Stück zu gießen, wie es oft der Fall ist; denn da die Cylinder von den Dampfzapfen durch den Dampf gedrückt und in der Richtung des Condensators durch die Luftleere gedrängt werden, so haben sie fortwährend das Bestreben, sich einander zu nähern, und es giebt daher kein anderes Mittel, sie wiederum in die gehörige Lage zu bringen, als wenn die Zapfenlager beweglich sind. Die Flantschen der Cylinderzapfen müssen auf der Seite der Zapfenlager stets sehr genau anpassen, allein seitwärts an dem Ausschnitt der Zapfen muß ein geringer Spielraum bleiben, so daß sich der Cylinder ausdehnen kann, wenn er erwärmt ist, ohne einen unnöthigen Druck auf die Zapfenlager auszuüben. Ueber und unter einem jeden Zapfen ist eine Feder oder Leiste angebracht, die von dem Ringe, der den Cylinder umgiebt, 3 bis 4 Zoll längs dem Cylinder herabgeht, um dadurch die Tragkraft zu verstärken. Bei großen Maschinen gehen diese Leisten durch das Innere des Ringes, und wegen der größern Festigkeit kommen noch Kreuzleisten hinzu. Die Zapfenflantsche tritt von der Cylinderwand ungefähr $6\frac{1}{2}$ Zoll vor; die Dicke der Flantsche oder des Randes rings um die Oeffnung des Cylinders

ist gleich $\frac{3}{4}$ Zoll und die Breite gleich $1\frac{3}{8}$ Zoll. Die Höhe der Cylinderstopfbüchse über seinem Deckel beträgt $4\frac{1}{8}$ Zoll und ihr äußerer Durchmesser $4\frac{3}{8}$ Zoll. Der Durchmesser der Kolbenstange ist $2\frac{1}{8}$ Zoll und die Dicke der Stopfbüchsenflantsche $1\frac{1}{8}$ Zoll. Die Länge des Ventilgehäuses beträgt $16\frac{1}{2}$ Zoll und es springt oben $3\frac{1}{2}$ Zoll, in der Mitte $4\frac{1}{2}$ Zoll und am Boden $2\frac{1}{2}$ Zoll vor, jedoch ist die hintere Wand des Gehäuses nicht flach, sondern abgerundet. Die Weite des Ventilgehäuses beträgt 9 Zoll, jedoch ist ein Theil um den des Ringes, der den Cylinder umgiebt, weiter, um dem Dampf zu gestatten, aus dem Ringe in das Gehäuse zu strömen. Das Gehäuse ist mit dem Cylinder durch eine $1\frac{1}{4}$ Zoll breite Flantsche, die an dem Cylinder $\frac{5}{8}$ Z. und an dem Gehäuse $\frac{1}{2}$ Z. dick ist, verbunden. Das Ventil hat wie gewöhnlich 3 Oeffnungen, und sowohl seine, als auch die Fläche des Cylinders sind von Gußeisen. Der Kanal am Cylinder, der den Dampf aus dem Ringe oder Gürtel auf- und niederwärts führt, springt vor dem Cylinder $2\frac{1}{4}$ Zoll vor und hat eine äußere Breite von $8\frac{5}{8}$ Zoll. Die Kolbenliederung besteht aus Hanf, allein der Deckring aus Schmiedeeisen, da gußeiserne Ringe so leicht zerbrechen. In den Cylinderdeckel sind 4 Stöpsfel eingeschraubt, die, wenn sie weggenommen werden, die Einführung eines Schraubenschlüssels gestatten, um die Kolbenliederung festzuschrauben. Die Schrauben des Deckringes von dem Kolben sind mit einem kleinen Sperrrade versehen, wodurch das Zurückgehen der Schrauben verhindert wird; und die Anzahl der Zähne, um welche die Schrauben angezogen worden sind, setzen den Maschinisten in den Stand, das Festschrauben gleichförmig zu bewirken. Die Kappe zur Verbindung der Kolbenstange mit der Kolbenwarze besteht gänzlich aus Rothguß, indem die Futter nothwendig aus diesem Metall bestehen müssen. Der äußere Durchmesser der Hülse, wodurch die Kappe mit der Kolbenstange verbunden ist, beträgt $3\frac{5}{16}$ Zoll. Der Durchmesser der Kolbenwarze beträgt 3 und die Länge $3\frac{7}{8}$

Zoll. Die Stärke des Rothgusses rings um die Kurbelwarze ist 1 Zoll. Der obere Theil der Kappe ist mit der untern durch Bolzen verbunden, welche durch die ganze Tiefe der Kappe reichen, über welche der Deckel gesteckt wird, und die oben mit Schrauben versehen sind. Die Bolzen haben $1\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser und die Löcher in dem Kappendeckel passen genau auf dieselben, so daß gar kein Spielraum stattfinden kann und die Futter ganz genau an die Kurbelwarze anschließen. Die Kappen sind 7 Zoll lang und $3\frac{7}{8}$ Zoll breit, so wie $2\frac{1}{2}$ Zoll stark. Die Entfernung von der Mitte eines Bolzens zum andern beträgt 5 Zoll und auf der äußern Krümmung des Kappendeckels zwischen beiden Bolzen ist eine Schmierbüchse angebracht, die $1\frac{5}{8}$ Zoll im Durchmesser hat, $1\frac{1}{8}$ Zoll hoch und mit einer innern Röhre versehen ist, wodurch das Del auf die Warze geführt wird. Die Kolbenstange ist durch einen $1\frac{1}{4}$ Z. langen und $\frac{3}{8}$ Z. starken Schließkeil mit der Kappe verbunden. Auf dieselbe Weise ist die Luftpumpenstange mit der Kröpfung der Welle vereinigt, allein der Durchmesser des Futters beträgt nur 5 Zoll und die Länge ungefähr 3 Zoll. Die Stärke des Rothgusses um den Futter der Kappe beträgt $\frac{3}{4}$ Zoll an den Ranten und $1\frac{1}{8}$ Zoll in der Mitte. Der Durchmesser der Bolzen, welche durch die Kappe gehen, beträgt 1 Zoll; sie sind in der untern Hälfte befestigt, während der Deckel genau darüber paßt, so daß sie ihn stets in seiner Lage erhalten. Das untere Auge der Verbindungsstange ist gabelförmig, so daß das Auge der Luftpumpe hineinpaßt, und der Bolzen, welcher beide mit einander verbindet, verlängert sich in einer Querstange, deren Enden sich in Führern bewegen. Der Durchmesser der Luftpumpenstange beträgt $1\frac{1}{2}$ Zoll, der äußere Durchmesser der Hülse, der sie aufnimmt, $2\frac{1}{8}$ Zoll und dessen Tiefe $4\frac{1}{2}$ Zoll. Die Verbindung zwischen Hülse und Stange wird durch einen 1 Zoll breiten und $\frac{5}{16}$ Zoll dicken Schließkeil bewirkt. Die Querstange ist in der Mitte 2 Zoll stark.

Der Durchmesser der mittelsten Welle in den Zapfen oder Halsen beträgt $4\frac{3}{16}$ Zoll und die der Radwellen $4\frac{3}{8}$ Zoll; die Länge des Halses in beiden Fällen beträgt 5 Zoll. Der Durchmesser des großen Auges von der Kurbel beträgt 7 Zoll, und der Durchmesser in derselben $4\frac{3}{8}$ Zoll; der Durchmesser des kleinen Auges $5\frac{1}{4}$ Zoll und der Durchmesser der Deffnung in demselben 3 Zoll. Die Tiefe des großen Auges beträgt $4\frac{1}{2}$ Zoll und die des kleinen $3\frac{3}{4}$ Zoll; die Breite des Arms ist an der Welle 4 Zoll und an der Warze 3 Zoll; seine Dicke $2\frac{5}{8}$ Zoll. Die Stärke der Warze an dem gekröpften Theile der mittlern Welle, zur Bewegung der Luftpumpe, beträgt $3\frac{1}{2}$ Zoll, und die Breite der Arme von der Kröpfung $3\frac{15}{16}$ Zoll. Sowohl die äußern als innern Kanten der Kurbel sind abgerundet, bis daß der quadratische Theil den untern trifft. Um die Kurbelwarze in den Augen der mittlern Wellen zu befestigen, versteht man die Enden der Warzen mit Gewinden, steckt die Warzen durch beide Augen und befestigt sie außerhalb mittelst zweier Schraubenmutter. Der Excentricring ist 1 Zoll dick und $1\frac{1}{4}$ Zoll breit; und die Ränder der Excentricscheibe, innerhalb deren sich der Ring bewegt, sind $\frac{3}{8}$ Zoll dick. Das Excentric besteht aus 2 Hälften, die im Durchmesser der größten Excentricität durch einen einzelnen Bolzen, der durch Löcher an dem mittlern Auge geht, während auf der andern Seite die beiden Hälften des Excentric's durch 2 Bolzen verbunden sind. Die Excentricstange ist mit dem Excentricringe mittelst zweier Bolzen verbunden, und um die gehörige Deffnung des Ventils hervorzubringen, sind mehrere Stücke Eisen, von größerer oder geringerer Dicke, dazwischengelegt. Die Excentricstange kann mittelst des gewöhnlichen Ein- und Ausrückapparates durch Stange, Rolle und Feder in und außer Betrieb gesetzt werden. Die Feder wirkt als Gegengewicht, so daß die Stange stets dicht auf dem Ausrückapparat ruht. Die Zapfenlager der Ruderradwelle bestehen ganz-

lich aus Rothguß und haben im Allgemeinen die Form von den Kappen der Kolbenstange, nur daß der Fuß, wie bei den gewöhnlichen Zapfenlagern, breit ist. Der Fuß steht zwischen vortretenden Leisten des Rahmens, um jede Seitenbewegung zu verhindern. Bei den Zapfenlagern dieser Art wird jedoch das obere Futter oder der Pfannendeckel nach einiger Zeit des Gebrauchs bald einen bedeutenden Spielraum bekommen; wenn die Bolzen auch noch so genau in den Deckel einpassen, so werden sie doch nach einiger Zeit sehr viel Spielraum haben, und es erscheint hiernach zweckmäßig, die Bolzen entweder sehr stark und die Löcher, durch welche sie gehen, sehr tief zu machen, oder die beiden Hälften des Lagers so einzurichten, daß sie in einander treten. Die Zapfenlager der Cylinder sind auf dieselbe Weise eingerichtet; das Zurücktreten der beiden Nüsse wird mittelst einer Druckschraube bewirkt.

155. F. — Sollen nun nicht auch die Einzelheiten der Einrichtung des Ventils und anderer Theile beschrieben werden, die den schwingenden Maschinen eigenthümlich sind?

A. — Die Excentricstange ist mittelst eines 1 Zoll starken Nagels mit einem gekrümmten Lenker verbunden, dessen Arm aufwärts und durch ein Auge geht, um den Arm bei seiner senkrechten Bewegung zu führen. Der Arm besteht aus Eisen mit Einsaßhärte und ist in der Mitte $2\frac{3}{4}$ Zoll und an den Enden $2\frac{3}{8}$ Zoll breit und 1 Zoll dick. Die Oeffnung in dem Arm nimmt fast die ganze Länge desselben ein, ist $\frac{15}{16}$ Zoll breit, und in diese Oeffnung paßt ganz genau ein 2 Zoll starkes Stück Messing, welches mit einem $\frac{3}{4}$ Zoll weiten Loch zur Aufnahme des Bolzens von dem Ventilachsenhebel versehen ist. Diese Achse hat am Ende und in der Nähe des Segments $1\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser, läuft aber nach dem andern Ende zu schwächer ab, sie nimmt aber auf ihrem Durchgange um den Cylinder eine achteckige Form an, ist $1\frac{1}{4}$ Zoll breit und etwa $\frac{3}{4}$ Zoll dick, und die größte Länge des Hebels zur Bewegung des Ventils beträgt

ungefähr 1 Zoll. Die Breite des Hebels zur Bewegung der Ventilachse beträgt am breiten Ende 2 und am schmalen Ende $1\frac{1}{4}$ Zoll. Die innere Breite des Zapfenloches, in welchem sich die Ventilstange bewegt, beträgt $1\frac{5}{16}$ Zoll und ihre äußere Tiefe $1\frac{3}{4}$ Zoll, so daß $\frac{3}{8}$ Zoll als Metalldicke rings um die Oeffnung bleiben, während die Breite in der Richtung der Oeffnung gemessen gleich $1\frac{1}{8}$ Zoll ist. Die Ventilstange hat $1\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser und die Oeffnung ist mit der Stange durch einen 1 Zoll langen und $1\frac{1}{8}$ Zoll im Durchmesser haltenden Fuß verbunden, durch welchen ein kleiner Keil geht; eine Verlängerung der Stange von $\frac{11}{16}$ Zoll Durchmesser geht von der Oeffnung nach aufwärts und durch ein Auge, welches zur Führung dient; außer dieser Führung ist die Stange an den Enden der Säule noch durch dünne Lager von halbkreisartiger Gestalt geführt, die 4 Zoll tief und durch Bolzen mit der Säule verbunden sind. Die Krümmung des Segments ist eine solche, daß sie einem Bolzen entspricht, der aus dem Mittelpunkt des Cylinderzapfens mit dem Halbmesser beschrieben ist, welcher bis zur Mitte des Ventilhebelnagels reicht, wenn das Ventil die Hälfte seines Zuges gemacht hat. Der Zweck des Segmentes ist der, es zu verhindern, daß die Schwingungen des Cylinders nicht auf die Bewegungen des Ventils einwirken, jedoch würde man dasselbe durch ein kleines Excentricum mit mehr Boreilen bewirken. Bei manchen Maschinen besteht das hohle Segment aus einem einzigen Stück.

156. F. — Welche Art von Ruderrad wird bei diesen schwingenden Maschinen angewendet?

A. — Die sogenannten federartigen Räder, 9 Fuß 8 Zoll im Durchmesser, von den Ranten der Schaufeln an gerechnet, mit 10 Schaufeln, die $4\frac{1}{2}$ F. lang und $18\frac{1}{2}$ Z. breit sind. Diese Räder haben 2 Reihen von Armen, welche in ein gußeisernes Mittelstück oder eine Nabe zusammenlaufen, welches die Gestalt einer kurzen Röhre mit breiten

Rändern oder Flantschen hat, an denen die Arme befestigt werden. Der Durchmesser der Welle beträgt $4\frac{1}{2}$ Zoll, der äußere Durchmesser der Nabe 8 Zoll und der Durchmesser der Ränder 20 Zoll, während sich ihre Stärke auf $1\frac{1}{4}$ Zoll beläuft. An der äußern Kante stehen die Flantschen oder Ränder 12 Zoll auseinander und haben, so wie die Arme, eine convergirende Richtung. Die Arme sind $2\frac{1}{4}$ Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll stark; die Enden sind konisch, ein jedes derselben tritt in eine Vertiefung der Flantsche und wird daselbst durch drei Bolzen festgehalten. Der Ring, welcher die Arme in einer Entfernung von $3\frac{1}{2}$ Fuß vom Mittelpunkte mit einander verbindet, geht ringsum und die vorspringenden Enden der Arme sind auf die Länge des Hebels, welcher die Schaufeln bewegt, nach hinterwärts gebogen und sind an dem Punkte, wo sie über den Ring weggehen, sehr breit und stark, und mit dem Ringe durch 4 Nieten verbunden. Die federnde Wirkung der Schaufeln wird mittelst eines Nagels bewirkt, der im Innern eines Radgehäuses angebracht; er ist 3 Zoll vor dem Wellenmittlepunkte und in derselben horizontalen Linie vorhanden. Diesen Nagel umgiebt ein gußeiserner Ring, und an demselben sind Stangen von $1\frac{3}{8}$ Z. Durchmesser in der Mitte angebracht, welche nach Hebeln gehen, die an der hintern Seite der Schaufeln in einer Linie mit den äußern Armen angebracht und 7 Zoll lang sind. Eine von diesen Stangen hat fast dieselben Dimensionen als einer von den Radarmen oder Radspeichen und wird der treibende Arm genannt, da er die Veranlassung giebt, daß sich der gußeiserne Ring mit dem Ruderrade dreht, und dieser Ring veranlaßt, da er mit den Schaufeln in Verbindung steht, die federnde Wirkung. Die Excentricität des Rades reicht nicht hin, die Schaufeln in einer fast senkrechten Richtung zu erhalten; jedoch hat dies geringere Wirkungen, da nur eine Schaufel immer unter Wasser steckt. Der Durchmesser der Nabe, um welche sich die Schaufeln drehen, beträgt $1\frac{3}{8}$

Zoll, und zwischen den Nageln und dem Radringe sind 2 Stangen angebracht, jede an dem vorspringenden Ende der Arme, um beide Reihen derselben zu verhindern, daß sie sich einander nähern oder von einander entfernen können. Dadurch wird denn auch bewirkt, daß die Enden der Arme die Wirkung der Schaufeln nicht zu hindern vermögen, wenn sie zufällig auf den Seiten der Gelenke zusammengeklemt würden. Einander kreuzende Verbindungsstangen laufen von dem innern Rande der Nabe bis zu dem äußern Kranz des Rades, so wie von dem äußern Rande der Nabe nach dem innern Kranz des Rades, wodurch eine größere Steifheit veranlaßt wird. Die Schaufeln bestehen aus Blech und die sämtlichen Verbindungen und Nägel sind verstäht oder bestehen ganz aus Stahl.

157. F. — Soll nicht die Dimension einiger anderer schwingender Maschinen mitgetheilt werden?

A. — Bei der von Penn construirten schwingenden Maschine von 50 Pferdekraften beträgt der Cylinderdurchmesser 40 Zoll und die Länge des Hubes 36 Zoll. Die Metallstärke des Cylinders ist 1 Zoll und die des Cylinderbodens $1\frac{3}{4}$ Zoll und zur Verstärkung laufen noch Verstärkungsribben drüber her. Der Durchmesser der Cylinderzapfenlager beträgt 14 und die Breite derselben $5\frac{1}{2}$ Zoll. Penn macht im Allgemeinen den Dampfzapfen etwas weiter als den Auslaßzapfen, und zwar in dem Verhältniß von 32 zu 37. Der Durchmesser des Auslaßzapfens wird durch den innern Durchmesser der Auslaßröhre regulirt, der ungefähr $\frac{1}{5}$ von dem Cylinderdurchmesser beträgt. Jedoch scheint ein etwas größeres Verhältniß als das angegebene zweckmäßig zu sein. Die Herren Rennie machen die Weite ihrer Auslaßröhren bei den schwingenden Maschinen gleich $\frac{1}{22}$ von der Cylinderoberfläche. Bei den von Rennie construirten Maschinen des Schiffes Oberon hat der Cylinder 61 Zoll im Durchmesser, ist über und unter dem Gürtel oder Dampfzange $1\frac{1}{2}$ Zoll, aber auf der Höhe

des letztern nur $1\frac{1}{4}$ Zoll im Eisenguß stark, und die letztere Metallstärke hat die äußere Wand des Gürtels selbst. Die innere Höhe des Dampfinges beträgt $2\frac{1}{2}$ Fuß und seine innere Weite 4 Zoll. Die Kolbenstange hat $6\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser und die ganze Höhe der Cylinderstopfbüchse beträgt 28 Zoll, wovon 18 Zoll aus einer messingenen Büchse bestehen. Man wendet diese bedeutende Höhe der Stopfbüchse aus dem Grunde an, um ihr Ovalwerden zu verhindern. Es ist bei schwingenden Maschinen zweckmäßig, den Kolben mit einem vorspringenden Rande rings um den obern und untern Umkreis zu versehen, und auch in dem Cylinderdeckel und Cylinderboden ähnliche Behälter anzubringen, wodurch die Stärke der festen Theile des Metalls bedeutend erhöht werden wird, und man hat die Vorrichtung neuerlich an mehreren Maschinen angebracht. Der Cylinderdurchmesser der schwingenden Maschine der Dampfschiffe Bottinger, Ripon und Indus von Miller und Ravenhill beträgt 76 Zoll und die Länge des Hubes 7 Fuß. Die Eisenstärke der Cylinder beträgt $1\frac{11}{16}$ Zoll; der Durchmesser der Kolbenstange $8\frac{3}{4}$ Zoll; die ganze Höhe der Stopfbüchsen 3 Fuß, die Höhe der Futter oder Büchsen 4 Zoll. Das Uebrige wird mit Ausnahme des Raums für die Stopfung von einer hohen Messingbüchse eingenommen. Der innere Durchmesser der Dampfrohre ist 13 Zoll; der Durchmesser des Dampfzapfens ist 25 Zoll; der des Auslaßzapfens derselbe; die Metallstärke beider $2\frac{1}{4}$ Zoll; die Breite der Zapfenlager 11 Zoll; der Vorsprung der Zapfen 8 Zoll; die Breite des Niederungsraums der Zapfen 10 Zoll; die Weite desselben rings um die Röhre $1\frac{1}{2}$ Zoll; der Durchmesser der Kurbelwarze $10\frac{1}{4}$ Zoll; deren Länge $15\frac{1}{2}$ Zoll. Jedes dieser Schiffe hat 6 Röhrenkessel; die Länge eines jeden Kessels beträgt 10 Fuß 6 Zoll und die Breite 8 Fuß, und jeder Kessel enthält 62 Röhren von 3 Zoll Durchmesser und $6\frac{1}{2}$ Fuß Länge, so wie 2 Öfen von 5 Fuß $4\frac{1}{2}$ Zoll Länge und 3 Fuß $1\frac{1}{2}$ Zoll Breite. Bei allen

großen schwingenden Maschinen besteht der Deckel von der Kappe, welche die Kurbelwarze mit der Kolbenstange verbindet, aus Schmiedeeisen und der untere Theil ebenfalls. Die Kappe ist mit der schmiedeeisernen Kolbenstange, deren oberes Ende die Form eines T hat, mittelst Bolzen verbunden, welche durch die Querarme der Kolbenstange und durch beide Hälften der Kappe gehen, um das Ganze fest zusammenzuhalten. Die Cylinderzapfenliederung wird so hart als möglich gehämmert und genau von der Länge geschnitten, so daß sie einmal um die Röhre geht; dann wird das Stück in siedendes Talg gelegt und in eine Form gepreßt, die aus 2 concentrischen Cylindern besteht, und wird alsdann mittelst eines Ringes durch 3 bis 6 Schrauben, je nach dem größern oder kleinern Durchmesser, so wie durch eine Centralschraube bei kleinern Durchmessern, in den ringsförmigen Raum eingedrückt. Ist die Liederung der Cylinderzapfen nicht sehr gut, so dringt Luft ein, und um dies zu vermeiden, muß man eine sehr große Aufmerksamkeit darauf verwenden. Eben so ist es auch von der größten Wichtigkeit, daß die Zapfen im höchsten Grade genau in die Lagen passen, weshalb beide mit großer Genauigkeit durch Abdrehen, Ausbohren und Ausschmirgeln abgerichtet werden müssen. Es darf nicht der geringste Spielraum zwischen beiden bleiben, denn wenn die geringste Bewegung nach aufwärts stattfände, so würde die Zapfenliederung sofort undicht werden.

158. F. — Wie fängt man es an, daß die Zapfen der schwingenden Maschinen genau im rechten Winkel mit dem Innern des Cylinders stehen?

A. — Nachdem der Cylinder ausgebohrt worden ist, nachdem man die Oberflächen der Ränder oder Flantschen abgeglichen hat, bohre man das Loch aus, durch welches die Bohrstange geht, man feile ein Stück Holz quer in die obere Oeffnung des Cylinders und ein ähnliches Stück quer in die untere Oeffnung. Auf beiden Stücken Holz be-

stimme man ganz genau den Mittelpunkt von dem Cylinder und befestige in dem Bohrloch beider Zapfen eine Eisenplatte mit einer kleinen Vertiefung in der Mitte, welche die Spitzen der Drehbank aufnehmen; und ebenso muß man auch Stellschrauben anbringen, um dem Mittelpunkt jede beliebige Lage geben zu können. Man bringt alsdann den Cylinder auf die Drehbank und hängt ihn zwischen den Spitzen derselben auf, indem sie in die Mittelpunkte der Zapfen eintreten. Quer durch die Cylinderöffnung und durch den Mittelpunkt desselben gehend wird eine Schiene angebracht und erhält genau eine horizontale Lage. Eine andere Schiene wird in der untern Oeffnung des Cylinders befestigt und in das Niveau gestellt. Alsdann wird der Cylinder um die Zapfenmittelpunkte gedreht, und wenn nun die Schienen in der horizontalen Linie bleiben, so erstet man sofort, daß sich die Zapfen in derselben Horizontalebene befinden, als der Cylindermittelpunkt. Ist dies aber nicht der Fall, so muß man die Stellschrauben an den Zapfenplatten so lange drehen, bis der Mittelpunkt des Cylinders mit denen der beiden Enden genau zusammenfällt. Um es zu bestimmen, ob die Zapfen in einer Querebene parallel mit den Cylinderrändern liegen, braucht man nur von dem Rande bis zu den Mittelpunkten der Zapfen zu messen, und wenn beide Bedingungen erfüllt sind, so darf man annehmen, daß die Lage der Mittelpunkte die richtige sei. Darauf werden nun die Zapfen abgedreht und alsdann in hölzerne Lager gebracht, in denen sie rund laufen, während man den Raum für die Uiederung ausdreht. In solchen Maschinenbauwerkstätten, in denen viele schwingende Maschinen gebaut werden, wendet man eine Drehbank mit 4 Spitzen an, wodurch die Anwendung der Schienen zur Bestimmung der Rechtwinkligkeit unnöthig ist.

159. F. — Gewährt es wesentliche Vortheile, den Cylinder mit einem Mantel zu umgeben?

A. — In Cornwall, wo man eine große Aufmerk-

samkeit auf die Brennmaterialersparung verwendet, haben alle Maschinen Cylindermäntel, und in manchen Fällen sind die Cylindere auch mit spiralförmigen Röhren umgeben, um den Dampf warm zu erhalten. Watt wendete früher eine Zeitlang keine Mäntel an, kam aber später darauf zurück, indem er fand, daß durch die Mäntel eine wesentliche Brennmaterialersparniß stattfände; neuere Erfahrungen haben dies bestätigt. Die Ursache dieser Wärmeersparung durch Benutzung von Cylindermänteln ist nicht ganz leicht zu begreifen, denn der Mantel hat eine größere ausstrahlende Oberfläche, als der Cylinder. Dennoch steht die Thatsache ohne allen Zweifel fest, da man durch wiederholte und zu verschiedenen Zeiten unternommene Versuche gefunden hat, daß die mit einem Mantel versehenen Maschinen weniger Brennmaterial verbrauchen, als Maschinen ohne dieselben. Der Cylindermantel muß mit mehreren Filzlagen umgeben werden und alsdann muß man noch Faßdauben darum legen. Dieselben müssen möglichst schmal sein, in einem Ofen getrocknet und wie bei einem Fasse mit Reifen auf dem Cylinder festgehalten werden. Bei manchen Cornwalliser Maschinen wird der Dampf in Räume des Cylinderdeckels und Cylinderbodens geleitet, um auch dort die Abkühlung des Dampfes in dem Cylinder zu verhüten; ferner sind die Stopfbüchsen recht hoch und sie enthalten ein hohles Futter, welchem durch eine Röhre Dampf zu demselben Zweck zugeführt wird. Wird nun die Stopfung undicht, so dringt nicht Luft in den Cylinder, sondern Dampf, und da derselbe nicht verdichtet werden kann, so verstärkt er die Wirksamkeit der Maschine. Auch bei den schwingenden Maschinen wird oft ein solch hohles Futter in den Stopfbüchsen angewendet, allein hier ist der Zweck der, den Seitendruck der Kolbenstange aufzunehmen und die Stopfung nicht zu belasten.

160. F. — Gibt es eine Regel zur Bestimmung der

Metallstärke der Cylinder und der Cylinderzapfen bei schwingenden Maschinen?

A. — Bei Niederdruckmaschinen, mögen sie nun einen schwingenden Cylinder oder irgend eine andere Einrichtung haben, muß die Metalldicke des Cylinders ohngefähr $\frac{1}{40}$ von dessen Durchmesser betragen, welches bei einem Dampfdruck von 20 Pfunden über der Atmosphäre nur eine Belastung von 400 Pfd. auf den Quadratzoll des Metalldurchschnittes ausmacht; die Metallstärke der Zapfen muß $\frac{1}{32}$ von dem Cylinderdurchmesser, und die Breite der Zapfen muß ungefähr ihren halben Durchmesser betragen. Bei Hochdruckmaschinen beträgt die Metallstärke der Cylinder ohngefähr $\frac{1}{16}$ ihres Durchmessers, welches bei einem Dampfdruck von 80 Pfunden auf den Quadratzoll eine Belastung von 640 Pfd. auf den Quadratzoll des Metalldurchschnittes ausmachen wird. Die Metallstärke der Cylinderzapfen bei schwingenden Hochdruckmaschinen muß $\frac{1}{13}$ von dem Cylinderdurchmesser betragen. Es ist sehr zweifelhaft, ob die Dampfzapfen einer schwingenden Hochdruckmaschine mit einer Hanfliederung lange dicht bleiben; und es ist daher zweckmäßiger, um die Röhre einen spiralförmig geschnittenen Ring von Messing zu legen. Derselbe muß ein Deckstück zur Bedeckung des Schnittes haben und hinter dem Ringe muß eine Hanfliederung angebracht sein.

161. F. — Wie verfährt man bei der Anfertigung und weitem Bearbeitung der Cylinder?

A. — Zuvörderst wird der Cylinder gegossen. Die Gießform wird aus Ziegelsteinen und Lehm angefertigt. Der Formlehm besteht aus Thon und Sand, die am zweckmäßigsten in einer Mühle mit einander vermengt werden, und denen man etwas Pferdedünger einmengt, wodurch das Zerreißen der Form vermieden wird. Die Schablone oder das Formbrett, womit die Rundung des Cylinders gebildet wird, ist in der Entfernung des Cylinderhalbmessers mit einer senkrechten eisernen Spindel verbunden. Nach

dieser Schablone wird ein Mantel von Ziegelsteinen aufgemauert und im Innern mit Lehm bekleidet, welcher Ueberzug durch das Herumführen der Schablone oder des Drehbrettes vollkommen glatt gemacht wird. Auf dieselbe Weise wird auch ein Kern aufgeführt, jedoch von geringerem Durchmesser, so daß zwischen ihm und dem Mantel ein Raum bleibt, der von dem flüssigen Eisen ausgefüllt wird und die Metallstärke bildet. Die an dem Cylinder anzubringenden Röhrenstücke und andere Dinge werden durch hölzerne Modelle in dem Mantel geformt, welchen man vor dem Abguss wieder wegnimmt. Wenn aber mehrere Cylinder von gleicher Größe angefertigt werden, so ist es zweckmäßiger, die Modelle aus Eisen anzufertigen, indem sich hölzerne Modelle während des Trocknens von dem Lehm gar zu leicht verziehen. Die an einen guten Cylinder zu machenden Bedingungen sind Dichtigkeit und Härte; allein auch eine gewisse Zähigkeit des Gußeisens ist um so nothwendiger, da der Cylinder stets einen bedeutenden Druck aushalten muß und einer weitem Bearbeitung bedarf. Ein zähes Gußeisen erlangt man dadurch, daß man in dem Schmelzofen mehrere Roheisensorten mit einander zusammenschmilzt, und es ist eine allgemeine Regel für Eisengießer, daß, je mehr verschiedene Eisensorten man zu einem Gußstück verwendet, um so dichter und zäher dasselbe werden wird. Die Atome, aus denen die verschiedenen Roheisensorten bestehen, scheinen eine verschiedene Größe zu haben, und eine Vermischung verschiedener Sorten befördert nicht allein die Zähigkeit, sondern auch die Dichtigkeit und Festigkeit. Mit heißem Winde erblasenes Roheisen hielt man früher für minder fest, als bei kaltem Winde erzeugtes; allein nach den besten Erfahrungen ist diese Frage durchaus nicht unbedingt entschieden. Die Festigkeit des unvermischten Gußeisens steht durchaus nicht im Verhältniß zu seiner specifischen Schwere und seine Elasticität und sein Widerstand gegen Stöße scheint um so größer zu

werden, je geringer das specifische Gewicht ist. Die Nummern 3 und 4 des englischen Roheisens sind die festesten Sorten. In den meisten Fällen ist das in den Kupolofen umgeschmolzene Roheisen nicht so fest als das in den Flammofen umgeschmolzene, und Sandformen geben minder feste Güsse als Massen- und Lehmformen. Die Beschaffenheit des Brennmaterials und selbst der Zustand des Wetters üben einen Einfluß auf die Beschaffenheit des Roheisens aus. Mit kalter Luft erzeugtes Roheisen ist bei kalter und trockner Luft, also im Winter besser als im Sommer, welches daher zu rühren scheint, daß bei feuchter Luft ein schlechteres Roheisen entsteht. Ehe das Eisen in die Form gegossen wird, muß dieselbe geschwärzt, d. h. mit einem dünnen Brei überzogen werden, dessen Hauptgemengtheil feines Holzkohlenpulver ist. Das schöne Ansehen der Gußstücke hängt sehr wesentlich von einem guten Schwärzen ab. Bei Lehm- und Massenformen muß das Holzkohlenpulver mit dickem Thonwasser aufgetragen werden, und zwar so oft, bis daß die Schwärze $\frac{1}{8}$ Zoll dick oder noch stärker ist. Die Oberfläche muß recht glatt gemacht werden, welches man theils durch ein sorgfältiges Auftragen mit einem Borstenpinsel und theils durch metallene Werkzeuge erreicht. Wird alsdann die Form recht sorgfältig getrocknet und wendet man ein zweckmäßiges Metallgemisch an, so muß der Guß gut und schön ausfallen. Massenformen müssen stets in eisernen Formkästen angefertigt werden, und auch Lehmformen lassen sich weit besser in Kästen anfertigen; das Trocknen und der Abguß werden befördert, und die dadurch veranlaßten Kosten sind gegen den gewöhnlichen Lehmguß unbedeutend. Die nächste Arbeit, die mit den Cylindern nach dem Abguß vorgenommen wird, ist das Ausbohren. Bei dem Ausbohren eines Cylinders von 74 Zoll Durchmesser muß sich die Bohrspindel so bewegen, daß sie in $4\frac{1}{2}$ Minuten einen Umgang macht, bei welcher Umlaufgeschwindigkeit die Schneiden ungefähr 5 Fuß in der Minute zurück-

legen. Beim Ausbohren von Rothguß und Bronze muß man eine geringere Geschwindigkeit anwenden. Die gewöhnliche Geschwindigkeit, mit der sich das Werkzeug beim Ausbohren messingener Luftpumpen bewegt, sind ohngefähr 3 Fuß in der Minute. Bei einer wesentlich größern Geschwindigkeit wird das Werkzeug verdorben und der Pumpencylinder wird nicht vollkommen glatt ausgebohrt. Zum Ausbohren des Cylinders und der Luftpumpe einer und derselben Maschine kann man gleiche Geschwindigkeit anwenden. Eine Luftpumpe von Rothguß von $36\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser erfordert, daß die Spindel einen Umgang in etwa 3 Minuten macht, und dieses ist auch die eigentliche Geschwindigkeit für einen Cylinder von 60 Zoll Durchmesser. Um eine messingene Luftpumpe von $36\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser auszubohren, ist eine wöchentliche Arbeit erforderlich, für eine gußeiserne nur 48 Stunden und für eine von Rothguß oder Kupfer 24 Stunden. Zum Abdrehen einer schmiedeeisernen Welle von $12\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser sind ungefähr 5 Umgänge in der Minute erforderlich, wobei das Werkzeug eine Geschwindigkeit von ungefähr 16 Fuß in der Minute hat. Eine Bohrmaschine, mit der man einen Umgang in 6 Minuten bis 25 Umgänge in einer Minute zu machen im Stande ist, ist für alle gewöhnlichen Fälle anwendbar. In mehreren Maschinenfabriken werden die ausgebohrten Cylinder noch ausgeschmirgelt, welches man dadurch bewirkt, daß man einen Bleiblock mit einer eisernen Handhabe versteht, auf seine untere Fläche mit Schmirgel und Del aufträgt und diesen Block alsdann vor- und rückwärts zieht, wodurch die innere Wand des Cylinders eine gleich glatte und genau cylindrische Oberfläche erhält. Der Bleiblock, wodurch dies Ausschleifen bewirkt wird, ist in den Cylinder selbst gegossen, so daß er die richtige Krümmung erhält; allein der Theil des Cylinders, in welchem der Guß gemacht wird, muß vorher durch ein heißes Eisen erwärmt werden, weil sonst der Cylinder an

der plötzlich erhitzten Stelle aufreißen könnte. Wenn man den Cylinder auf der Bohrbank befestigt, so muß man mit großer Vorsicht dahin sehen, daß er nicht ungleich festgeschraubt wird, und unerachtet aller Vorsichtsmaßregeln ist es doch kaum möglich, einen großen Cylinder auf einer horizontalen Bohrbank ganz genau zirkelrund auszubohren, wenn er nicht sehr sorgfältig in aufrechter Stellung gemessen und so aufgeschraubt wird, daß er seine ursprüngliche Form wieder annimmt. Ein großer Cylinder muß nothwendig oval werden, wenn man ihn auf die Seite legt, und wenn er unter der Spannung seines Gewichts wirklich rund ausgebohrt worden ist, so wird er wieder oval, sobald er auf das eine Ende gestellt wird. Wenn der Boden in den Cylinder gegossen ist, so wird man finden, daß er an dem einem Ende rund und an dem andern oval ist, wenn man nicht eine senkrechte Bohrmaschine oder die erwähnten Vorsichtsmaßregeln anwendet. Jedoch ist es nicht allein bei dem Ausbohren des Cylinders erforderlich, mit Sorgfalt zu verfahren, daß keine Formveränderung stattfindet; denn es ist nicht einmal möglich, bei großen Cylindern eine genaue Fläche für die Ventile anzubringen, wenn sie nicht auf das eine Ende gestellt, oder wenn sie liegen, so gestützt sind, daß das eigene Gewicht ein Zusammendrücken und Ovalwerden nicht veranlassen kann.

162. F. — Was läßt sich nun noch in Beziehung auf die Construction der Cylinder sagen?

A. — Das noch über diesen Gegenstand zu Bemerkende läßt sich mit wenig Worten abmachen. Locomotivcylinder werden gewöhnlich 1 Zoll länger gemacht, als ihr Hub, oder an jedem Ende des Cylinders bleibt $\frac{1}{2}$ Zoll Spielraum, damit der Kolben niemals im Stande ist, gegen den Boden oder Deckel des Cylinders anzustoßen. Die Metallstärke von den Enden der Cylinder beträgt gewöhnlich $\frac{1}{3}$ mehr als die der Cylinderwände, und Boden und Deckel

müssen so eingerichtet sein, daß man sie leicht abnehmen kann. Das Primen ist bei Locomotivcylindern und für die Ventile sehr nachtheilig, besonders wenn das Wasser sandig ist, indem alsdann sowohl die Cylinderwände, als auch die Niederung und die Ventile sehr abgenutzt werden. Die Fläche an dem Cylinder, auf welcher das Ventil arbeitet, steht etwas über das umstehende Metall hervor, sowohl um das Abrichten zu erleichtern, als auch um das Schieberventil in den Stand zu setzen, fremdartige Substanzen von der Fläche weg, und tieferliegenden Punkten zuzuführen, wo sie weiter keinen Nachtheil haben. Zuweilen ist das Ventilgehäuse an den Cylindern angegossen und mit einer Thür versehen, die man wegnehmen kann, um in das Innere zu gelangen. Bei andern Ventilgehäusen kann nicht allein die Thür, sondern auch die Rückwand weggenommen werden, um das Ventil und dessen Bügel leichter herauszunehmen. An beiden Enden eines Locomotivcylinders ist ein Hahn angebracht, um das in dem Cylinder durch Primen und Condensation gesammelte Wasser ablassen zu können. Gewöhnlich sind alle 4 Hähne beider Cylinder so verbunden, daß sie durch Drehung eines Griffes zu gleicher Zeit geöffnet und verschlossen werden können. An den Stephenson'schen Maschinen mit veränderlicher Expansion befindet sich nur ein Hahn zu diesem Zweck und zwar an dem Boden des Ventilkastens. Wenn der letztere nicht aus einem Stück mit dem Cylinder gegossen worden ist, so hat er Flantschen, wodurch der Ventilkasten auf den Cylinder festgeschraubt worden ist, und zwar indem die Flantschen und die Fläche des Cylinders, auf welchen jene aufliegen, genau abgerichtet worden sind, so daß nur eine dünne Kittschicht erforderlich ist. Bei großen Maschinen mit Ventilkästen für lange Schieber muß ein Expansionscharnier in dem Kasten angebracht werden; denn wenn dies nicht der Fall ist, so expandirt der Dampf, der in den Ventilkasten strömt, denselben, während die Di-

menstonen des Cylinders unverändert bleiben, die Gelenke oder Charniere werden beschädigt, und im Cylindere entstehen wegen des großen Druckes Risse. Gewöhnlich ist der Kasten des Durchblaseventils an dem Ventilgehäuse angegossen, und bei den Maschinen mit feststehenden Cylindern ist dies auch am zweckmäßigsten. Alle Maschinen, deren Ventil nicht so eingerichtet ist, daß es seinen Sitz verläßt, wenn in dem Cylindere entweder durch Primen oder durch eine andere Ursache ein Druck entsteht, der den gewöhnlichen übersteigt, müssen mit einem Auslaßventil für das Wasser versehen sein, und ein Ventil dieser Art muß eine solche Einrichtung haben, daß das Wasser nicht mit Heftigkeit ausströmen und die Umstehenden beschädigen kann, sondern es muß durch eine Röhre an einen Ort abgeführt werden, wo es keine Unbequemlichkeiten macht. Die Stopfbüchsen aller solcher Maschinen, deren Stopfung nicht häufig ausgewechselt werden kann, müssen sehr hoch gemacht werden. Bei manchen Maschinen ist eine metallene Stopfung angebracht, die aus einem oder mehreren Ringen besteht, die aufgeschlitzt sind und über die Kolbenstange geschoben werden, ehe die Stange mit der übrigen Maschine verbunden wird. Hinter den Ringen wird eine Hanfliederung angebracht. Eine solche Stopfung wäre sehr zweckmäßig, wenn die Parallelführung der Kolbenstange genau sein könnte, und die letztere keine zu starke Reibung erlitt, indem alsdann sehr viel Talg erspart wird. In manchen Fällen wird ein Stück Messingblech rings um die Kolbenstange gelegt, dahinter eine Hanfstopfung angebracht, während ein umgebogener Rand am untern Ende des Bleches dasselbe verhindert, mit der Kolbenstange auf und nieder zu gehen. Das Messingblech und die Kolbenstange erlangen durch gegenseitige Reibung sehr bald eine gute Politur, und es ist eine solche Stopfung leicht hergestellt und erfordert weit weniger Talg als eine Hanfstopfung allein. Bei den Maschinen mit Seitenbalanciers hat die Verbindung des Cylinders

mit den diagonalen Stützen im Allgemeinen eine zu kleine Oberfläche und es sind die Flantschen zu dick. Wird an irgend einem Theile des Cylinders ein zu dicker Rand oder Flantsche angegossen, so hat dies einen nachtheiligen Einfluß auf das Gelingen des Gusses, indem dadurch ein ungleiches Schwinden des Eisens veranlaßt wird. Es ist daher zweckmäßiger, die Flantschen zur Verbindung des Gerüsts dünn zu machen und ihnen eine große Oberfläche zu geben. Die Bolzen zu dieser Verbindung müssen gut abgedreht sein und genau passen. Wenn durch schlechte Verhältnisse dieses Theiles der Maschine das Gerüst eine zu starke Bewegung hat, so ist es am besten, die Löcher auszubohren und stählerne Schraubenbolzen anzuwenden, und wenn die Flantschen dick genug sind, so kann man auch viereckige Keile oder Schlüssel halb in die eine und halb in die andere Flantsche einführen, um die Belastung aufzunehmen. Wenn die Flantschen abbrechen, so ist es am zweckmäßigsten, einen schmiedeeisernen Keil rings um den Cylinder anzubringen, der die Belastung aufnimmt, und dies wird in allen Fällen das zweckmäßigere Verfahren sein, sobald aus irgend einem Grunde weder Bolzen noch Keile angewendet werden können.

163. F. — Welches ist die zweckmäßigste Art der Kolben?

A. — Bei großen Maschinen sind Kolben mit einer metallenen Liederung, die aus einem einzigen Ring besteht, dessen Enden in einander eingezapft sind, und mit einem Stück Metall, welches über die Fugen greift und an dem einen Ende des Ringes angenietet ist, die besten. Sind die Cylinder schwingend, so ist es am zweckmäßigsten, die obere Kante des Ringes an der innern Seite auszuhöhlen, um hinter ihm eine Hanfliederung anzubringen. Ist der Cylinder kein schwingender, so können statt der Hanfliederung auch Federn angebracht werden. Jedenfalls wird es aber gut sein, die senkrechte Verbindung der Ringenden

etwas abzuschrägen, so daß die Fuge keinen Streifen an der Cylinderwand hervorbringen kann. Bei kleinen Kolben kann man auch zwei Ringe anwenden, die im Innern etwas excentrisch gemacht werden, um dem Metall in der Mitte des Ringes eine größere Dicke zu geben. Diese Ringe werden in dem Cylinder über einander gesetzt und die schiefen Fugen müssen rechtwinklig zu einander stehen, damit die Ringe bei ihrer Ausdehnung den Cylinder nicht oval reiben. Die Ringe müssen etwas größer abgedreht werden, als der Cylinder weit ist, worauf ein Stück herausgeschnitten wird, so daß, wenn man die Enden wieder vereinigt, die Ringe genau in den Cylinder einpassen. Zusammengedrückt werden alsdann die Ringe auf eine Drehbank gebracht und genau abgedreht, worauf endlich die innere Seite mit der schmalen Bahn eines Hammers gehämmert wird, um das Metall auszudehnen und seine Elasticität zu erhöhen. Darauf werden die Ringe auf einander gelegt, genau abgerichtet und ein Nagel auf dem untern Kranze des Kolbens tritt in ein entsprechendes Loch des untern Ringes, damit er sich nicht herumdrehen kann, welches bei dem obern Ringe durch einen Nagel bewirkt wird, der an dem Deckel des Kolbens angebracht ist. Die Löcher in den Ringen, in welche diese Nägel treten, müssen etwas länglich sein, damit sich die Ringe ausdehnen können, wenn dies die Abnutzung der reibenden Oberfläche erfordert. In den meisten Fällen wird es zweckmäßig sein, Springfedern hinter den Ringen anzubringen, wenn nicht eine Hanfliederung dahinter ist; es müssen aber die Federn sehr stark sein, da eine Schwäche derselben ein wesentlicher Fehler ist. Zuweilen werden kurze gebogene Federn, in regelmäßigen Zwischenräumen, zwischen den Niederungsringen und dem Kolbenkörper angebracht und sind mittelst Nägel oder Bolzen mit dem Letztern verbunden, indem die Federn in der Mitte mit einem Loch versehen sind. Es kommt jedoch wenig auf die Art der Federn an, sondern vielmehr auf den richtigen Grad

ihrer Stärke und Spannung, da wo die Kolbenstange mit dem Kolben verbunden ist, muß sie recht kegelförmig sein, denn wenn ihre untere Stärke nur eine geringe ist, so kann sie aus dem Kolben herausgezogen und derselbe kann zersprengt werden. Zuweilen werden kleine Vertiefungen in die Kolbenstange eingedreht, sowohl über als unter dem Loch für den Schließkeil, um das Kolbenauge dicht zu machen. Die meisten Kolbenstangen sind durch einen Schließkeil mit dem Kolben verbunden, in einigen Fällen aber ist der obere Theil der Stange in das Auge eingeschraubt und unten durch eine Mutter befestigt. Zuweilen ist diese Mutter sechsseitig und zuweilen ist sie kegelförmig und wird in eine gleiche Oeffnung in den Kolben versenkt. Mutttern dieser Art rosten jedoch nach einiger Zeit in ihren Sitz ein und lassen sich alsdann nur mit großer Schwierigkeit wieder abschrauben. Die Herren Miller, Ravenhill und Comp. befestigen ihre Kolbenstangen mittelst einer verzahnten sechsseitigen Mutter, die mit einem offenen Schraubenschlüssel befestigt und gelöst wird. Das Gewinde dieser Schraube ist auf der einen Seite flach und auf der andern scharf, wodurch eine größere Stärke erreicht wird, ohne daß die Mutter zerreißen kann. Bei Maschinen mit Seitenbalanciers ist es zweckmäßig, außer der Verbindung des obern Endes von der Kolbenstange mit der Querstange mittelst eines Schließkeils, auch noch eine Schraubenmutter anzubringen. Bei einer gut ausgeführten Maschine mit dieser Einrichtung hat die Kolbenstange 7 Zoll im Durchmesser und die Schraube 5 Zoll; der Theil der Stange, welcher in die Querstange eintritt, ist $17\frac{1}{2}$ Zoll lang und läuft von $6\frac{1}{2}$ Z. bis zu $13\frac{1}{16}$ Z. im Durchmesser zu. Dieses Verhältniß des Zulaufs oder der Kegelform ist ein sehr gutes. Ist sie geringer oder hat der Theil der Kolbenstange in dem Querstangenaugē gar keine Kegelform, wie es zuweilen der Fall ist, so hält es sehr schwer, beide Theile von einander zu trennen. Wenn der Kolben aus einem einzigen

Ring oder aus einer Reihe von einzelnen Ringen besteht, so muß die Stärke eines jeden Ringes, ehe er in den Kolben eingebohrt wird, durch einen Hebel, der mit einem Gewicht belastet ist, probirt werden. Bei dem ältern Verfahren wurden die Ringe, um genau auf den Kolbenrand und auf einander zu passen, gegenseitig abgeschliffen, wogegen jetzt ganz allgemein die Bearbeitung mit einer Fräsenmaschine angewendet wird. Einige Maschinenbauer vollenden ihre Dampfoberflächen dadurch, daß sie dieselben mit dem Pulver des levantischen Delsteins und mit Del schleifen. Ein geringes Schleifen dieser Art oder eine Politur mit dem Delstein scheint in den gewöhnlichen Fällen sehr zweckmäßig zu sein, und bewirkt man es am leichtesten dadurch, daß man den Kolben auf eine sich drehende Tafel setzt, während man ihn mittelst eines durchgesteckten Hebebaums festhält, während sich die Tafel dreht. Zwischen den Ring und den Kolbenkörper müssen Stücke Holz eingelegt werden, um jenen in seiner richtigen Lage zu erhalten, jedoch müssen diese hölzernen Keile einen gewissen Spielraum lassen, weil sich sonst der Rand des Kolbens abreiben würde. Herrn Benn's Kolben für schwingende Maschinen hat einen einzigen Niederungsring, mit einem Zungenstück oder einem angezapften Ende, nach einer schon beschriebenen Einrichtung. Hinter dem Ringe ist eine Hanfliederung angebracht; und das Stück Metall, welches die Fugen bedeckt, ist ein Stück dickes Kupferblech und ist in das Eisen des Ringes eingelassen, um dem Druck des Hanfes kein Hinderniß entgegenzustellen. Der Ring paßt nur auf den untern Rand des Kolbens; die Oberkante ist von innen nach außen abgerundet, und der Deckring drückt nicht gegen ihn, sondern nur auf den Hanf, der zwischen ihm und dem Kolbenkörper angebracht ist. Bei den Locomotiven werden sehr verschiedenartige Kolben angewendet, und die Leistungen einiger sind ohnerachtet ihrer complicirten Construction sehr genügend. Im Allgemeinen sind

jedoch diejenigen Kolben mit einem einzigen Ringe oder einem Zungenstück, oder mit zwei über einander liegenden Ringen, deren Fugen gegenseitig gedeckt sind, denen vorzuziehen, die aus vielen Theilen bestehen. Bei Stephenson's Kolben werden die Schrauben bald schlaff und die Federn zerbrechen leicht. Den Kolbenstangen aller Maschinen giebt man jetzt entweder eine sehr tiefe Einsaghärtung oder man macht sie aus Stahl; und bei Locomotiven beträgt der Durchmesser der Kolbenstange etwa $\frac{1}{7}$ von dem Cylinderdurchmesser und besteht aus Gerb- oder Raffinir-
stahl. Der Keil der Kolbenstange, wodurch ihre Verbindung mit dem Kolben stattfindet, ist in entgegengesetzter Richtung abgedreht, als bei den gewöhnlichen Maschinen, um zu dem Keil von der Bodenseite des Cylinders gelangen zu können, indem man denselben wie eine Thür öffnet. Das obere Ende der Kolbenstange ist mittelst eines Keils in einer Hülse mit Backen befestigt, durch deren Oeffnungen eine Querstange geht, welche zwischen den Backen von dem kleinen Ende der Verbindungsstange umfaßt werden, während die Enden der Querstangen sich in Führern bewegen. Zwischen den Klauen der Kolbenstange und den Schlitten ist bei einigen Maschinen an der Querstange die Speisepumpenstange angebracht. Die Führer bestehen aus Stahlplatten, die an dem Locomotivgestell angebracht sind, und zwischen ihnen bewegen sich die mit den Enden der Querstangen verbundenen Schlitten; die letztern sind mit Rändern versehen, welche gegen die innern Seiten der Führer treten. Führer von Stahl oder Messing sind besser als eiserne. Stephenson und Hawthorn befestigen ihre Führer an dem einen Ende mit einer Querstrebe und mit dem andern an Lappen des Cylinderdeckels, und es sind diese Führer in der Mitte stärker als an den Enden. Starke stählerne Führer an den Enden der Querstange von Stopfbüchsen umgeben, sind wahrscheinlich jeder andern Vorrichtung vorzuziehen. Die Stopfbüchsen können außer

der Stopfung mit einer spiralförmig geschnittenen konischen Bürste und mit einem spiralförmig geschnittenen Ringe, die vor der Büchse angebracht sind, versehen sein, wodurch die Stangen vor ihrem Eintritt in die Stopfbüchse von dem anhängenden Staube gereinigt werden.

164. F. — Wie bewerkstelligt man das Aufeinanderpassen des Ventils auf die Cylinderfläche?

A. — Zuerst werden beide Flächen mit dem Hobel bearbeitet, dann mit Hilfe eines metallenen Lineals und einer starken metallenen Abrichtplatte und zuletzt durch Schaben abgerichtet, bis daß die Abrichtplatte die Oberfläche genau deckt. Beim Bearbeiten irgend einer Fläche mit der Hobelmaschine müssen die Hacken, welche die Fläche auf der Platte festhalten, vorher bis zu dem letzten Schnitt nachgelassen werden, um Brüche zu verhüten. Um zu bestimmen, ob eine Platte auf dem Bett der Maschine gleich aufliegt, trage man auf die Abrichtplatte etwas Röthel mit Del auf und bewege sie über die abzuhobelnde weg, wodurch die Farbe an den hervorstehenden Punkten anhängen wird. Diese Operation wird während der Bearbeitung der Platte öfter wiederholt, die Menge des färbenden Stoffes wird vermindert, bis daß sie nur einen dünnen Ueberzug auf der Abrichtplatte bildet. Beide Platten müssen stark auf einander gedrückt und gerieben werden, um die Berührungspunkte sehen zu können; die höhern Punkte werden alsdann hell, während die übrigen mehr im Schatten bleiben. Wird anfänglich eine zu geringe Menge von Farbe angewendet, so hält es schwer, einen richtigen Begriff von dem allgemeinen Zustande der Oberfläche zu erlangen, indem die hervorstehenden Punkte nur allein angedeutet werden, wogegen bei Anwendung vieler Farbe in der letzten Zeit des Hobelns die Feinheit der Probe mit der Abrichtplatte verloren geht. Das Schabewerkzeug muß aus dem besten Stahl bestehen und sehr häufig mit großer Sorgfalt auf einem levantischen Delstein geschliffen werden, um immer eine scharfe Kante

zu behalten. Anfänglich bildet eine gebogene und an den Enden angeschliffene schwache Feile einen guten Schaber, und das beste Werkzeug am Ende der Operation ist eine an allen 3 Kanten geschliffene dreieckige Feile. Die Anzahl von Tragpunkten an der Oberfläche der Arbeit hängt von dem Gebrauch ab, den man mit der Fläche machen will; mag man sie aber mit großer Sorgfalt oder ohne dieselbe vollenden, so müssen diese Punkte doch gleichartig über der Fläche verbreitet sein. Es ist schon bemerkt, daß bei Bearbeitung der Schieberplatten die Belastung berücksichtigt werden muß, die das Metall durch sein eigenes Gewicht erleidet; und es muß hinzugefügt werden, daß die daraus erfolgende Formveränderung nicht sogleich erfolgt, sondern nach einer längern Einwirkung der Last größer wird. Will man daher einen Cylinder messen, um die Verschiedenheit des Durchmessers kennen zu lernen, wenn er auf der Seite liegt, so muß er erst einige Tage gelegen haben, um ein richtiges Resultat der Messung zu erlangen. Abrichtplatten oder Planometer, wie man sie zuweilen nennt, liefern die meisten Werkzeugfabrikanten, Maschinenfabriken müssen im Besitz mehrerer derselben und auch von stählernen Linealen sein; es muß aber auch eine Fabrik eine Meister- oder Probeplatte haben, sowie auch ein Probelineal, um die Richtigkeit der übrigen Platten und Lineale darnach prüfen zu können. Bei dem Abrichten eines D-Ventils muß eine große Sorgfalt verwendet werden, daß das Ventil nicht konisch wird, denn wenn der Hintertheil nicht genau parallel mit der Fläche ist, so ist es unmöglich, eine sehr schnelle Abnutzung der Piederung zu verhindern. Wenn das Ventil auf die Abrichtplatte gelegt wird, so muß die hintere Seite mittelst Abfeilens mit Hilfe eines Lineals ganz genau abgerichtet werden; und die Entfernung von der Fläche bis zur größten Höhe des Rücktheils muß an jedem Ende genau gleich sein. Kommt an dem Ventile in dem Cylinder oder an jedem andern Theil, der eine ebene Oberfläche erfordert,

ein Loch vor, so muß es mit einem Stück Gußeisen von möglichst gleicher Textur mit dem Ganzen ausgefüllt werden. Man bohre daher den fehlerhaften Theil aus, erweitere ihn mit einem Excentricbohrer, so daß er unten weiter als oben ist und das Loch kann durch mehr als die Hälfte des Eisens gehen. Man passe alsdann ein Stück Gußeisen durch Abfeilen hinein, treibe es mit dem Hammer darin fest, so daß das Stück gewissermaßen eingenetet wird, und feile es darauf so ab, daß es mit der übrigen Fläche gleich ist. Viereckige Stücke können auf dieselbe Weise eingesetzt werden, indem man das Loch schwalbenschwanzförmig macht, so daß die Stücke ebenfalls nicht herausgehen werden. Messingplatten werden auf die Ventile oder Cylinder mittelst kleiner messingener Schrauben befestigt, deren Köpfe in das Messing konisch versenkt werden. Zum Einschrauben dient ein guter quadratischer Kopf, welcher, wenn die Schrauben befestigt worden sind, abgefeilt und glatt geschnitten wird. Hin und wieder hat die Fläche eine besondere Dicke und es geht ein nicht so dicker Rand ringsum, welcher zur Aufnahme von messingenen Nieten dient, deren Köpfe alsdann über der zurücktretenden Fläche hervorstehen können. Man hat viel Versuche mit verschiedenen Ventilflächen gemacht. Gußeisen auf Gußeisen ist vielleicht das Beste. Ein gewöhnliches Verfahren besteht darin, Messingplatten auf den Cylinder zu befestigen, so daß das Ventil seine Gußeisenfläche behalten kann. Einige Maschinenbauer wenden messingene Ventile an, und andere befestigen eine Messingplatte auf gußeiserner, so daß der Cylinder die Gußeisenfläche behalten kann. Für die Cylinderfläche hat man auch Spiegelmetall und Stahl versucht, jedoch nur mit einem mäßigen Erfolge. Hin und wieder bekommt das Messing Streifen; sehr gewöhnlich aber ist die Zerfegung des Eisens durch die Einwirkung des Dampfes, so daß die Fläche ein körniges Ansehen wie Zucker bekommt. Jedoch zeigt sich die Wirkung nur an gewissen

Stellen, hauptsächlich an den Ranten der Ventilfläche. Anfänglich ist die Wirkung langsam; wenn sich aber der Dampf erst selbst einen Durchgang verschafft hat, so erfolgt die Zerfressung sehr rasch, so daß es in kurzer Zeit unmöglich ist, das Heißwerden der Maschine, wenn sie steht, zu verhindern, indem Dampf durch das Ventil in den Condensator gedrückt wird. Es scheint, daß kupferne Dampfrohren eine galvanische Einwirkung auf die Ventilflächen haben, und man sie deshalb oft mit schmiedeeisernen Röhren vertauscht; allein diese werden sehr rasch durch Oxidation zerstört, und die Krostschüppchen, die der Dampf mit sich führt, zerreiben Ventile und Cylinder, so daß die Anwendung kupferner Röhren das geringste Uebel ist. Bei einigen Maschinen ist die Ventilstange mit einer Parallelbewegung versehen, allein häufiger wendet man Führer an. Bei denjenigen langen D-Ventilen, bei denen das Auslassen von unten bewirkt wird, ist es zweckmäßig, zwei Knaggen an die Sohlplatte zu gießen, um es zu verhindern, daß das Ventil zu weit herabfällt, wenn seine Charniere weggenommen werden. Bei Locomotiven wird allgemein das Ventil mit drei Oeffnungen angewendet, wie wir schon gesagt haben.

165. F. — Welche ist die beste Einrichtung der Schieberventile?

A. — Die beste Construction der Schieberventile scheint die zu sein, welche Penn bei seinen größern Maschinen angewendet hat. Es hat drei Oeffnungen und an seinem Hintertheile ist ein Ring angebracht, der eine Oberfläche gleich der der Auslaßöffnung hat, und welcher, indem er dampfdicht gegen die Rückwand des Gehäuses tritt, so daß innerhalb des Ringes oder Kranzes eine Luftleere erhalten werden kann, das Ventil ins Gleichgewicht bringt, so daß seine Bewegung durch eine unbedeutende Kraftausübung bewirkt wird. Die Hinterwand des Ventilgehäuses ist ebenfalls wie eine Thür eingerichtet und die Flächen sind durch Schaben sehr genau abgerichtet, in dem Ventil ist

eine Oeffnung, die den Dampf, der durch Undichtigkeit in den Ring gedrungen sein möchte, abführen kann. Der Ring wird gegen die Hinterwand des Gehäuses mittelst eines Ringes verdichtet, der unter dem Trageringe angebracht und mit 4 Lappen versehen ist. Durch dieselben gehen Bolzen, die in Erhöhungen an den Hintertheil des Ventils eintreten; dreht man nun diese Bolzen, welches durch einen Schraubenschlüssel bewirkt werden kann, die durch Oeffnungen in dem Gehäuse gehen, gewöhnlich aber verschraubt sind, so wird der untere Ring in die Höhe gebracht, und der Tragring ebenfalls. Die Ringe müssen offenbar über eine Verstärkung an dem hintern Theil des Ventils passen, und zwischen dem messingenen Ringe ist ein Federring eingelegt, der durch seine Zusammendrückbarkeit jede Regelmäßigkeit des Druckes aufheben kann. Es ist auch jeder Bolzen mit einem Sperrringe versehen, so daß sie sich nicht zurückdrehen können, und es nicht schwer hält, ein gleichzeitiges Anziehen der Schrauben zu bewirken, indem man die Anzahl der Zähne an den Sperrringen zählen kann. Wenn diese Arten von Schieberventilen gebraucht werden, ist es unerläßlich, an den Cylindern große Auslaßventile anzubringen, da die Schieber sich nicht von ihren Flächen entfernen können.

166. F. — Welche ist die Form und die Art der Verbindung von den Excentrics, wodurch das Ventil bewegt wird?

A. — Bei Schiffsmaschinen sitzt das Excentric lose auf der Welle, um dasselbe anhalten und den Gang so gut nach vorwärts als nach rückwärts bewirken zu können, weshalb es auch mit einem Griff und mit einem Stellriegel versehen ist. Die Excentricscheibe besteht aus Gußeisen und ist in 2 Hälften auf der Welle angebracht. Beide Hälften sind durch Schrauben mit einander verbunden, und Stahlstifte an der einen Hälfte treten in die Löcher der andern, so daß keine Verschiebung derselben stattfinden kann. Vier-

eckige Schlüssel sind zu diesem Zweck noch besser; am zweckmäßigsten ist es aber, die Hälften mittelst Flantschen anzuschrauben. Die Excentricringe bestehen sowohl bei Schiffsmaschinen als auch bei stehenden Maschinen gewöhnlich aus Messing; es ist zweckmäßig, die Ringe mit einem Delbehälter zu versehen, und wo es möglich ist, eine Pfanne unter das Excentricum zu setzen, um das abtröpfelnde Del auffangen zu können. Der Einschnitt in der Excentricstange zur Aufnahme des Stiftes von der Ventilachse ist gewöhnlich verstaht, um jede Abnutzung zu verhindern, denn wenn der Einschnitt ausgerieben wird, so ist die Ventilbewegung nicht regelmäßig; jedoch hält es schwer, die Excentricstange auszurücken. Es ist daher zweckmäßiger, den Einschnitt mit einem messingenen Futter zu versehen, denn die Abnutzung erfolgt alsdann minder schnell; auch kann man ein solches Futter, wenn es abgenutzt worden ist, leicht gegen ein anderes austauschen. Die Excentricriegel, so wie sie gewöhnlich bei Schiffsmaschinen angewendet werden, brechen zuweilen in dem ersten Bolzenloch ab, und es ist daher zweckmäßiger, einen Bolzen vor der Riegelfläche anzubringen, oder die Welle mit einem Reife zu umgeben, an welchen die Riegel angeschweißt sind, während der Reif selbst durch Bolzen oder einen Reif befestigt wird. Der Reif kann aus einem oder zwei Stücken bestehen. Bei Locomotiven ist die Einrichtung und die Verbindung des Excentrics von der vorhergehenden wesentlich verschieden. Die Excentricscheibe besteht auch hier aus Gußeisen, wogegen die Excentricringe gewöhnlich aus Schmiedeeisen angefertigt worden sind, indem messingene zu leicht zerbrechen. Bei Locomotiven mit inwärts liegenden Cylindern sind die Excentrics auf der Achse zwischen den Kröpfungen angebracht, bestehen aus zwei Stücken und sind durch Bolzen mit einander verbunden. Bei Maschinen mit geraden Achsen sind die Excentricscheiben aus einem Stück gegossen und auf der Welle mittelst eines Keils oder einer Feder befestigt. Besteht die

Excentricscheibe aus 2 Stücken, so wird sie in dem bestimmten Winkel durch eine Druckschraube festgehalten, die durch eine Gegenschraube am Loswerden verhindert wird. Beim Guß einer solchen Excentricschraube wird ein Stück weggelassen, die Schraube dort eingelassen und die Lücke alsdann durch ein einem Schwalbenschwanz ähnliches Stück Metall wieder ausgefüllt. Stephenson und Hawthorn bringen Oeffnungen in ihren Excentricscheiben zu beiden Seiten des Centralarmes an, und durch die Oeffnungen gehen alsdann die Druckschrauben. Diese Art der Befestigung der Excentricschrauben auf der Welle gewährt aber keine hinreichende Sicherheit, und es kommen häufig Fälle vor, wo eine Verschiebung stattfindet. Bei den Rouenmaschinen mit geraden Achsen sind die 4 Excentricschrauben aus einem Stück gegossen. Die Excentricringe bestehen aus Schmiedeeisen, und die Hälfte des Ringes ist mit der Stange aus einem Stück geschmiedet, während die andere Hälfte durch Bolzen, Muttern und Gegenmutter mit der andern verbunden ist. Zuweilen sind Stücke Messing durch Stifte mit dem schmiedeeisernen Ring verbunden, jedoch ist es am zweckmäßigsten, messingene Futter in den schmiedeeisernen Ringen anzubringen, wie es bei den Zapfenlagern der Fall ist. Wenn Messingstücken angewendet werden, so haben die Lappen gewöhnlich Schraubenmutter zu beiden Seiten, so daß die Länge der Excentricstange auf diese Weise regulirt werden kann; es ist jedoch besser, daß die Ringe gegen die Nacken der Schrauben treten, und wenn irgend eine Adjustirung durch die Abnutzung der Ringe erforderlich ist, Scheiben dazwischen zu legen. Bei manchen Maschinen wird die Adjustirung durch Stellschrauben an der Ventilstange bewirkt, indem die Querstange, durch welche die Stellschraube geht, zu beiden Seiten Schraubenmutter hat, wodurch ihre Stellung bewirkt wird. Die Gabeln an der Excentricstange bestehen aus Stahl; die Länge der Excentricstange ist die Entfernung zwischen dem Mittelpunkt

der Ventilachse. Der Ventilhebel ist bei Locomotiven gewöhnlich länger als der Excentrichebel, um den Weg des Ventils zu verlängern. Die Nägeln oder Bolzen des Excentrichebels nutzen sich sehr rasch ab. Stephenson setzt einen Messingring auf diese Nägeln, welche lose laufen und gleich einer Walze wirken, das Ein- und Ausrücken erleichtern, und wenn sie abgenutzt sind, leicht ausgewechselt werden können, so daß durch die Bewegung des Ventils und den dadurch hervorgebrachten Spielraum keine wesentliche Unordnung veranlaßt werden kann. Der Hebel zum Aufhalten bewegt sich zwischen 2 eisernen Segmenten und kann in jeder Stellung befestigt werden. Dies wird durch einen kleinen Sperrkegel bewirkt, der an dem Hebel angebracht ist und durch eine Feder auswärts gedrückt wird. Der kleinere Arm des Sperrkegels ist mit einem Bolzen versehen, der in Einschnitte, welche auf dem einen Segmente gemacht worden sind, tritt. Drückt man nun den Winkelhebel oder Sperrkegel gegen den Hebelgriff, so wird der Bolzen weggenommen und der Hebel kann an jeden andern Punkt geschoben werden, und wenn die Feder gelüftet wird, so tritt der Bolzen in die nächste Kerbe.

167. F. — Wie läßt sich die Wirkung der Expansionsventile erklären?

A. — Expansionsventile haben die Wirkung, den Dampfdurchgang, der zu dem Cylinder führt, zu verschließen, ehe noch der Kolben seinen Zug vollendet hat, wodurch der in den Cylinder eingeströmte Dampf veranlaßt wird, sich auszudehnen, und die mechanische Wirkung eines gewissen Dampfvolüms vergrößert wird durch den mittlern Druck des sich ausdehnenden Dampfes, multiplicirt mit dem Raum, durch welchen er den Kolben getrieben hat. Die Einrichtung der Expansionsventile ist sehr verschiedenartig. Mehrere sind Schieberventile, allein das gewöhnlich bei Schiffsmaschinen angewendete Expansionsventil hat die

Einrichtung des sogenannten Gleichgewichtsventils der Cornwalliser Maschinen, welches gewöhnlich durch einen Hebedaumen an der Welle bewegt wird; dieser Daumen oder dieses Expansions-Excentric besteht aus 2 Stücken, die auf der Welle mit Keilen und mit einander durch 4 Bolzen verbunden sind, die durch Lappen gehen. Eine Rolle an dem einen Ende eines Winkelhebels, der mit dem Expansionsventil verbunden ist, drückt so gegen das Excentric, so daß durch die Bewegung des Hebels auch das Ventil bewegt wird. Die Rolle wird gegen das Excentric mittelst eines Gewichts gehalten, das an einem Hebel derselben Welle angebracht ist. Wäre der Daumen concentrisch mit der Welle, so würde der darauf drückende Hebel in einer und derselben Stellung bleiben, und folglich auch das Expansionsventil; durch die Excentricität der Scheibe aber erhält das Ende des Hebels eine wiederkehrende Bewegung, die auch dem Ventile mitgetheilt wird. Die Lage dieser Excentricität bestimmt den Punkt des Hubes, bei welchem das Ventil geöffnet wird, und die Peripherielänge der Scheibe bestimmt die Zeit, während welcher das Ventil geöffnet bleibt. Die Zeit, zu welcher sich das Ventil öffnen muß, bleibt sich unter allen Umständen gleich, allein die Dauer seiner Deffnung ist mit der Größe der verlangten Expansion verschieden. Um diese veränderliche Ausdehnung der Expansion zu erlangen, sind auf der Excentricscheibe mehrere Vorsprünge angebracht, von denen ein jeder einen verschiedenen Grad der Expansion giebt. Diese Grade beginnen alle an demselben Punkt auf dem Excentric, haben aber eine verschiedene Länge, so daß sie alle den Hebel zu gleicher Zeit zu heben anfangen, jedoch in der Zeit verschieden sind, in welcher er in seine ursprüngliche Stellung zurückkehrt. Die Veränderung der Expansion wird dadurch bewirkt, daß man die Rolle zu dem verlangten Grad bewegt, welches man dadurch erlangt, daß man den Hebel, mit dem die Rolle verbunden ist,

um die Welle oder den Nagel verschiebt, der ihn hält. Bei Locomotiven, wo diese Daumen oder Excentrics unzulässig sind, wendet man andere Vorrichtungen an. Die von Stephenson und Gabrey erfundenen bewirken die erforderlichen Veränderungen der Expansion dadurch, daß sie die Lage des Schieberventils verändern. Stephenson verbindet die Enden der Excentricstange zur Vorwärts- und Rückwärtssteuerung durch ein Gelenk mit einer gekrümmten Couliße, in welche ein Nagel am Ende der Ventile tritt. Bewegt man nun dies Gelenk, so daß die Excentricstange zur Vorwärtssteuerung in dieselbe Linie mit der Ventilstange kommt, so erhält das Ventil die Bewegung dieses Excentrics, wogegen, wenn die Excentricstange zur Rückwärtssteuerung in eine Linie mit der Ventilstange gebracht ist, das Ventil die Bewegung zu dem Rückwärtsgange der Maschine erlangt. Giebt man aber dem Gelenk eine solche Stellung, daß die Ventilstange in der Mitte zwischen den beiden Excentricstangen steht, so wird das Ventil fast stationär bleiben. Gabrey richtet seine Excentricstange so ein, daß sie in einen Nabel ausläuft, der in einem Hebel mit gerader Couliße arbeitet, die mit Backen, ähnlich denen der Excentricstangen bei den Locomotiven, versehen ist. Hält man nun den Nagel an der Excentricstange in dieser Couliße, so wird die Bewegung des Ventils verändert und das Resultat ist Expansion. Die Expansionseinrichtungen von Stephenson und Gabrey sind nicht so wirksam, als die, welche mit einem besondern Ventil versehen sind. Gonzenbach's Einrichtung besteht aus einem Schieberventil und aus einem zweiten Gehäuse über dem gewöhnlichen Ventil und dem gewöhnlichen Gehäuse, und durch dies gewöhnliche Ventil muß der Dampf zuerst strömen, dieses zweite Ventil wird durch einen Hebel mit offenen Enden bewegt, der an dem einen Ende mit einer Couliße versehen ist, die einen Nagel an der beweglichen Ventilstange aufnimmt. Die Stellung des Nagels in der Couliße be-

stimmt die Lage des zweiten oder Expansionsventils und folglich den Grad der Expansion. Das andere Ende des Hebels ist mit einem Nagel versehen, der in eine Kerbe an den hintern Theil der Excentricstange tritt, wenn diese Stange nicht im Eingriff mit dem Dampfventile steht. Durch diese Einrichtung erhält das Dampfventil wie gewöhnlich die Bewegung des Vorwärtsexcentricums, während das Expansionsventil die des Rückwärtsexcentricums erhält. Bei Mayer's variabler Expansion besteht das Dampfventil aus einer Platte mit 2 Oeffnungen, die mit 2 Deckeln bedeckt sind, welche sich auf der hintern Seite des Ventils bewegen und an einer Spindel sitzen, die durch beide Deckel, jedoch durch den einen mit einer rechts- und durch den andern mit einer linksgewundenen Schraube geht. Dreht man nun die Spindel, so wird dadurch die Entfernung zwischen den Deckeln vermehrt oder vermindert und folglich der Grad der Expansion verändert. Die Größe der Expansion kann aber auch mittelst einer beweglichen Platte verändert werden, die, indem sie die Dampföffnung mehr oder weniger schließt, die Dampfmenge verändert und den verlangten Grad der Expansion hervorbringt.

168. F. — Welches sind die einzelnen Theile der Luftpumpe?

A. — Der Luftpumpenkolben und die Ventile bestehen bei allen neuern Maschinen aus Messing und die Pumpenkammer ist mit Kupfer überzogen oder besteht auch gänzlich aus Messing, so daß sie alsdann nur einmal ausgebohrt zu werden braucht. Wird eine Bekleidung von Kupferblech angewendet, so wird die Pumpe zuerst ausgebohrt, und eine gebogene Kupferblechtafel eingeführt und durch Hämmern dicht an die Wand gelegt. Luftpumpenstangen von Mung's Metall oder von Kupfer werden häufig angewendet. Mit Messingblech bekleidete eiserne Stangen werden gewöhnlich da zerfressen, wo der Bodenkegel in das Auge

des Kolbens einpaßt, und besonders wenn das Gehäuse porös ist, dringt das Wasser zwischen dasselbe und die Stange und frißt das Eisen weg. Sollen daher eiserne Stangen mit einer Messingbekleidung angewendet werden, so muß dieselbe etwas in das Kolbenaug eintreten. Der Keil muß aus Messing bestehen und eine Messingscheibe die untere Seite des Kolbens bedecken, um das Ende der Stange gegen die zerstörende Wirkung des Salzwassers zu schützen. Man giebt daher den Kolben von *Munz's*-Metall den Vorzug. Es ist sehr zweckmäßig, an dem obern Ende der Stange eine Schraubenmutter anzubringen, um dieselbe in dem Auge der Querstange mehr zu sichern, wenn sich diese Schraube gut anbringen läßt. Der in das Auge der Querstange tretende Theil der Kolbenstange muß, wenn dieselbe aus Kupfer oder Messing besteht, mehr zulaufen, als dies bei eisernen Kolbenstangen der Fall ist. Ist der Zulauf gering, so steckt die Stange in dem Auge zu fest, und man kann beide nicht auseinander bringen. Hin und wieder hat man bei den Luftpumpen eine metallische Niederung angewendet, jedoch war ihr Erfolg der Art, daß man ferner darauf Verzicht leistete. Dagegen hat ein massiver Kolben ohne Niederung in einigen Fällen ein sehr genügendes Resultat gegeben. Bei gewöhnlicher Niederung muß der Kolben stets einen Deckring haben, so daß die Niederung zu jeder Zeit mit Leichtigkeit dichter geschraubt werden kann. Die Ventile sind entweder Regel- oder Klappenventile, wiewohl letztere seltener angewendet werden. Die Bodenventile sind meistens Klappenventile. Alle diese Ventile machen aber ein starkes Geräusch und können daher nicht häufig benutzt werden. Ventile nach *Belidor's* Construction sind eigentlich Klappenventile, die sich in der Mitte drehen (im Engl. *throttle-valves*), wurden vor mehreren Jahren als Bodenventile vorgeschlagen, und es scheint, daß sie genügendere Resultate gegeben haben. Einige Bodenventilsitze sind in der Richtung der Luftpumpe eingeschraubt,

wodurch jedoch der Zugang zu den Pumpenkolben erschwert wird. Ist es nöthig, die Auslaßventile an der Oeffnung der Luftpumpe anzubringen, so ist es am zweckmäßigsten, das Verfahren von *Maudslayi* anzuwenden. Der obere Rand des Pumpencylinders ist genau abgerichtet, und auf diesem Rand wird eine Platte befestigt, welche das Auslaßventil enthält. Zwischen dem Boden der Stopfbüchse des Pumpendeckels und dem Auge des Ventilstüzes ist eine kurze Röhre angebracht, welche die Pumpenstange umgiebt, indem ihr unteres Ende in das Auge des Ventilstüzes eingelassen ist, während sich das obere Ende so ausweitert, um den Boden der Stopfbüchse des Pumpendeckels zu bilden. Auf den Deckel dieser Röhre drücken einige Schrauben, zu denen man von dem obern Theil der Stopfbüchse gelangen kann, und auch die Stopfung trägt dazu bei, den Ventilstüz auf seiner Stelle zu erhalten. Wenn der Pumpenkolben untersucht wird, so wird der Ventilstüz auch mit in die Höhe gezogen; für die Kolbenventile wendet *Maudslayi* zwei oder mehrere concentrische Ringventile, die sich nur wenig erheben, an. Diese Ventile haben aber oft dadurch Nachtheile hervorgebracht, daß die Bolzen, welche die Ringe führen und zurückhalten, häufig zerbrachen. Dieser Fehler kann jedoch leicht wieder gut gemacht werden, denn dem Princip nach sind die beschriebenen Ventile allen übrigen jetzt im Gebrauch stehenden vorzuziehen.

169. F. — Worin bestehen die hauptsächlichsten Einzelheiten in der Construction der Ruderräder?

A. — Die Structur der federartigen Räder ist schon weiter oben bei den schwingenden Maschinen beschrieben worden. Wir beschränken uns daher hier auf die Erläuterung der Einzelheiten der gewöhnlichen radialen Ruderräder, so wie sie bei den Meeresdampfschiffen angewendet werden. Die besten Naben für die Ruderräder sind die mit quadratischen Augen, und sie werden auf der Mitte mittelst 8 starker Keile befestigt. Die Köpfe derselben, welche über

die Nabe hervorstehe, müssen abgehauen werden. Die Wellen müssen natürlich quadratische Enden haben. In der Maschinenfabrik von Maudslay in London werden die Naben der Räder ausgebohrt und die Enden der Welle, auf welche die Räder zu sitzen kommen, werden abgedreht. Die Befestigung der Naben auf der Welle wird alsdann mittelst Keilnuth und Keil bewirkt. Dies ist jedoch aus den beiden Gründen verwerflich, daß diese Art der Befestigung, wenn sie neu, unsicher, und wenn sie alt, nicht wieder zu lösen ist. Das gewöhnliche Verfahren in den Londoner Maschinenbauwerkstätten besteht darin, die Speichen oder Radarme mit der Nabe an eine Platte mit Bolzen zu verbinden, indem neben jedem Arm eine hervorstehende Leiste an der Platte angegossen ist, wodurch jede Seitenbewegung verhindert wird. Diese Methode ist jedoch nicht so dauerhaft als die an der Clyde in Anwendung befindliche, indem jeder Arm mittelst eines Keils in einer Hülse befestigt ist. Diese Hülse ist an ihrem untern Ende offen, um, wenn es erforderlich ist, den Arm wieder heraustreiben zu können. Manche Maschinenbauer verbinden die Radarme mit dem äußern Ring durch Bolzen, die jedoch nach einiger Zeit lose werden, welches ein fortwährendes Schleudern der Arme zur Folge hat. Zuweilen besteht der Theil des eisernen Ringes den Armen gegenüber aus einem Zapfenloch, und die Arme werden alsdann in demselben recht fest verkeilt. Jedoch ist diese Einrichtung kostbar und nicht vollkommen genügend, indem die Keile lose werden, selbst wenn sie an der Spitze umgenietet sind. Die beste Art und Weise, die Arme mit dem Ringe fest zu verbinden, besteht darin, den Armen lange T Köpfe zu geben, und das Querstück mit dem eisernen Ringe durch eine Anzahl von Nieten, nicht von der größten Sorte, zu verbinden; zu große Nieten würden den Ring zu sehr schwächen. Der beste Weg, die innern Ringe mit den Armen zu verbinden, besteht in Lappen, die an die Arme angeschweißt sind und die man an die Ringe annietet. Die Radschaufeln

oder Ruder werden entweder aus Ulmen- oder aus Fichtenholz, und werden erstere ungefähr $2\frac{1}{2}$ und letztere 3 Zoll dick gemacht. Die Schaufeln müssen zu beiden Seiten mit Platten versehen sein, weil sonst die Arme in das Holz einschneiden und das Eisen der Arme sehr rasch zerstört wird. Wenn man neue Schaufeln befestigt hat, so muß man die Schraubenmutter mehrmals nachziehen; denn wenn man dies unterläßt, so werden die Bolzen in See lose und es werden alsdann alle Schaufeln an der Wetterseite abgespült. Sehr zweckmäßig ist es, die Schraubenbolzen an ihren Enden mit Schlizgen zu versehen, so daß über den Schraubenmutter noch Splithe angebracht werden können. Dadurch wird jedes Losgehen der Mutter verhindert. Die Schaufeln dürfen nicht eingeschnitten sein, um über den äußern Ring hervorzutreten, denn wenn die Seiten der Einschnitte den äußern Ring berühren, so wird derselbe doch bald weggefressen, und da der vorspringende Theil der Schaufel gar keine Tracht hat, so wird er bald abbrechen. Gewöhnlich bringt man an jedes Ende der Rudermelle eine Stahlplatte an, die mit einem Keil festgehalten wird, um beim Rollen des Schiffes keinen Spielraum zu veranlassen, allein das Mittel ist precair und unzulänglich. Maudslay giebt den Wellenzapfen große Platten in den Ecken, indem er dadurch das Uebel zu vermindern glaubt; allein es scheint zweckmäßiger zu sein, den Zapfen der Welle eine sphäroidische Gestalt zu geben, so wie es denn überhaupt eine bedeutende Verbesserung bei vielen Wellenzapfen, die über die Maschine hinaus tragen müssen, ist, diese Form auch anzuwenden. Das lose Ende der Kurbelwarze muß nicht sphäroidisch sein, sondern nur aus dem Theil von einer Kugel bestehen; und es muß alsdann eine messingene Büchse in das Kurbelauge eingesetzt werden, welche die Kugel der Warze ganz umgiebt und dem äußern Ende der Ruderradwelle zu fallen gestattet, ohne die Warze zu belasten, da die Büchse zu gleicher Zeit eine kleine Endbewe-

gung machen kann. Da wo die Welle durch die Seiten des Schiffes geht, ist sie gewöhnlich von einer bleiernen Stopfbüchse umgeben, welche nachgiebt, wenn die Enden der Welle sich senken. Diese Stopfbüchse verhindert das Einströmen von Wasser in das Schiff, welche das Ruderrad aufwirft; jedoch ist es zweckmäßig, an den Schiffswänden unmittelbar unter den Stopfbüchsen kleine Wasserbehälter anzubringen, aus denen Röhren das Wasser bis zur Bodenspumpe führen. Die Zapfenlager am äußern Ende der Welle werden zuweilen mit Talg versehen, welches in ein Loch in dem Lagerdeckel eingedrückt ist, wie man dies bei Wasserrädern thut. Bei Schiffen aber, die lange Seereisen machen sollen, ist es zweckmäßiger, von dem Radgehäuse eine Röhre bis zu einer Schmierbüchse über den Zapfen zu führen, durch welchen man zu jeder Zeit Del eingießen kann. Die Bolzen, welche die Ruderschaukeln festhalten, müssen außerordentlich stark sein, indem sie der Zerstörung unterworfen sind. Die Muttern müssen sehr groß und quadratisch sein, um sie lösen zu können, selbst wenn die Schraubenenden zerfressen sind. Schaukeln, die aus mehr als einem Brett bestehen, müssen mittelst Schraubenbolzen der ganzen Breite nach an den Ranten mit einander verbunden werden.

170. F. — Wie ist die Einrichtung der Pumpen, Röhren und Hähne bei den Locomotiven und bei den Schiffsdampfmaschinen?

A. — Die Speisepumpen der Locomotiven bestehen gewöhnlich aus Messing, die Kolben aber zuweilen aus Eisen und sind gewöhnlich mit der Kolbenquerstange verbunden. Bei den Stephenson'schen Maschinen werden diese Kolben durch Stangen bewegt, die in Augen an den Excentricringen befestigt sind. Zwischen der Pumpe und dem Tender befindet sich ein Kugelventil und in der Röhre, welche von der Pumpe zu dem Kessel führt, gewöhnlich

zwei, außer dem Hahn dicht am Kessel, wodurch die Pumpe von dem Kessel abgesperrt werden kann, wenn an den Ventilen irgend etwas vorgefallen ist. Die Kugelventile werden durch 4 senkrechte Arme geführt, die sich oben in Halbkugelform vereinigen. Durch die Stöße der Kugel gegen diese Kappe ist dieselbe in einigen Fällen nach einem wöchentlichen Gebrauch zerbrochen, wenn die Arme oben rechtwinklig gebogen und nicht mit einander verbunden waren. Diese Ventilführer sind auf verschiedene Weise mit den Röhren verbunden; wenn sie an der Verbindung zweier Röhrenstücke vorkommen, so haben die letztern Flantschen, mit denen sie verbunden sind. Zuweilen sind die untern Enden in die Röhre eingeschraubt. Die Kugeln werden hohl gegossen, um die Stöße zu vermindern und um Metall zu sparen. Wenn der Speisepumpenkolben mit der Querstange der Kolbenstange verbunden ist, so wurde die letztere durch die Last zuweilen gebogen; und dies muß immer dann der Fall sein, wenn die Verbindung zwischen Pumpe und Kessel abgesperrt und kein Auslaßventil für das Wasser vorhanden ist. Hin und wieder hat man statt der Kugelventile Stangenventile angewendet, die aber noch leichter in Unordnung gerathen. Kolbenventile mit einer solchen Einrichtung, daß ein Theil Wasser in dem Gehäuse eingeschlossen wird, indem dies im Begriff ist, geschlossen zu werden, dürften die Stöße vermeiden. Schieberventile können leicht angewendet werden und dürften zweckmäßiger als alle andern sein. Eine wesentliche Verbesserung würde auch darin bestehen, die Speisepumpen am Tender anzubringen und sie durch eine kleine Dampfmaschine treiben zu lassen, so wie sie schon bei Dampfschiffen zur Kesselspeisung und bei einigen Locomotiven von Borsig in Berlin zum Wasserpumpen angewendet worden. Die jetzige Wirkung der Speisepumpen der Locomotiven ist unsicher, denn bei der geringsten Undichtigkeit der Ventile verhindern der Dampf oder das siedende Wasser des Kessels das Saugen

der Pumpen. Es ist daher zweckmäßig, die Pumpen so weit als möglich von dem Kessel anzubringen, und zwar in dem Speisewasser, so daß sie nur zu drücken haben. Bei dieser Einrichtung der Speisepumpen kann der Kessel auch dann regelmäßig gespeist werden, wenn die Locomotiven still stehen. Jedoch wird es auch gut sein, eine auf die gewöhnliche Weise eingerichtete Pumpe zu haben, welche dann in Betrieb gesetzt wird, wenn die andern in Unordnung gerathen oder das Wasser im Tender eingefroren ist. Die Röhren, welche den Tender mit den Pumpen verbinden, müssen einen Zugang zu dem Ventil so wie eine freie Bewegung der Maschine und des Tenders gestatten, welches man durch eine Kugelzapfenverbindung erreicht; und um einen gewissen Längenspielraum zu erreichen, muß eine Röhre in der andern, wie bei einem Fernrohr, verschiebbar sein, wobei die Verdichtung mittelst einer Stopfbüchse erreicht wird. Auf diese Weise wird jede Röhrenverbindung zwischen Maschine und Tender hergestellt. Die Speiseröhre der meisten Locomotiven tritt an den Boden in den Kessel und zwar etwa in der Mitte der Länge. Bei Stephenson's Locomotiven strömt das Wasser an demjenigen Ende des Kessels ein, welches an der Rauchkammer liegt, und zwar etwas unterhalb des Wasserstandes. Dadurch wird die Wärme des entweichenden Rauches besser benutzt, jedoch steht die Zweckmäßigkeit dieser Einrichtung bei Maschinen, deren Dampfkuppel und Dampfrohre am Rauchkastenende befindlich sind, in Frage, indem alsdann das einströmende kalte Wasser den Dampf verdichten kann. Bei Dampfschiffen besteht der Kolben der Speisepumpe gewöhnlich aus Messing, der Pumpenstiefel zuweilen auch aus diesem Metall, gewöhnlich aber aus Gußeisen. Zwischen dem Boden des Kolbens und dem Boden des Stiefels muß ein bedeutender Raum bleiben, weil der letztere sonst aus einander getrieben werden könnte, wenn Kohlenstaub und andere Unreinigkeiten hineingelangen, wie es wahr-

scheinlich der Fall ist, wenn die Einspritzwasser aus dem Schiffsraum genommen werden, wie es gewöhnlich geschieht, wenn das Schiff leck wird. Die Speisepumpenventile der Meeresdampfschiffe sind gewöhnlich Stangenventile und in einem Gehäuse angebracht, welches irgend eine zweckmäßige Stellung an der Wand des Warmwassergefäßes hat. An diesem Gehäuse sind 2 Ventile angebracht, von denen das eine zu der Pumpe und das andere zu dem Kessel führt. Die zu der Pumpe führende Röhre ist eine Saugröhre — wenn der Kolben aufgeht, und eine Druckröhre, wenn er sinkt. Beim Aufgange saugt der Kolben durch das unterste Ventil aus dem Warmwasserbehälter, und beim Niedergang drückt er es durch das mittlere Ventil in den darüber befindlichen Raum, welcher mit der Speisepumpe in Verbindung steht. Ist der Speisehahn so verschlossen, daß gar kein Speisewasser hindurchgehen kann, so hebt das Wasser das oberste Ventil, welches mit einem Druck belastet ist, der weit über dem des Dampfes steht, und es entweicht alsdann in den Warmwasserbehälter. Diese Einrichtung ist zweckmäßiger und wohlfeiler, als die mit einem besondern belasteten Ventil an der Dampfrohre mit einem Abfluß über Bord, wie es der gewöhnliche Gebrauch ist. Zur Speisung der Schiffsdampfkessel ist eine besondere Pumpe vorhanden, die mit der Maschine gar nicht in Verbindung steht, und die durch einen Menschen bewegt wird, der an einer Kurbel dreht. Außer der Speisung des Kessels hat diese Pumpe auch den Zweck, das Deck zu waschen und bei Unglücksfällen als Feuerspritze zu dienen. Jedoch ist zu diesem Zweck eine doppelt wirkende Speisepumpe mit massiven Kolben zweckmäßiger. Der Windkessel der Pumpe muß mit einem Auslaßventil versehen sein, damit er nicht zerspringt, wenn er mit der Maschine in Verbindung gesetzt werden muß, sobald die Hähne an der Röhre, die zu dem Kessel führt, verschlossen sind, welches gar nicht häufig vorkommt. Bei einer solchen

Pumpe kann ein Bierweghahn dieselbe in den Stand setzen, das Wasser aus dem Meere, aus dem Kessel oder aus dem Schiffsbraum wegzunehmen, und die Pumpe kann das Wasser entweder aus dem Kessel oder auf das Deck schaffen. Die meisten neuern Dampfschiffe mit Röhrenkesseln sind mit kleinen Maschinen versehen, um Wasser in den Kessel zu pumpen, wenn es im Dampf stillstehen muß. Die meisten dieser Maschinen sind mit einer Kurbel und einem Schwungrad versehen; da aber die Schwungradwelle nicht belastet ist, so hat man die Kurbel mit der Kolbenstange durch eine horizontale Coulisse verbunden. Bei manchen Dampfschiffen sind Schwimmer eingeführt, um die Speisung zu reguliren, allein bei einer gewöhnlichen Einrichtung haben dieselben, sobald das Wasser unruhig ist, nicht die gehörige Wirkung. Es würde daher zweckmäßig sein, die Schwimmer in einem Cylinder anzubringen, der mit dem Wasser im Kessel durch kleine Löcher in Verbindung steht. Eine Metallscheibe muß mit dem Ende einer Stange verbunden werden, die sich unter dem Wasserspiegel ausdehnt, so daß sie den unregelmäßigen Bewegungen, die von dem Schwanken des Schiffes herrühren, widersteht, indem sonst der Apparat gestört werden würde. Das Einströmen des Speisewassers in den Kessel wird zuweilen durch Hähne und zuweilen durch Stangenventile regulirt, denen mittelst einer Schraube eine größere oder geringere Oeffnung ertheilt werden kann. Hähne sind zweckmäßiger, indem sie weniger leicht in Unordnung gerathen, als Schraubenventile, weshalb man sie auch bei den neuern Dampfschiffen sehr allgemein anwendet. Das Speisewasser wird gewöhnlich von dem Speisehahn zu einem Punkt in der Nähe des Kesselbodens mittelst einer innern Röhre geführt, deren Zweck es ist, den sich entwickelnden Dampf durch das eintretende Wasser zu verdichten. Durch die Einföhrung des Wassers, nicht fern von dem Boden des Kessels, kommt dasselbe zuvörderst mit den Böden der Ofen und Canäle in Berührung und ent-

zieht denselben ihre Wärme, welches durch Wasser von einer höhern Temperatur nicht bewirkt werden kann und wodurch eine Brennmaterialersparung veranlaßt wird. In einigen Fällen wird das Speisewasser in ein Gehäuse, welches die Esse umgiebt, eingeleitet, von wo aus es in den Kessel niedergeht. Eine solche Einrichtung scheint sehr zweckmäßig zu sein, wenn der Kessel eine kurze Heizoberfläche hat und eine größere Wärmemenge als gewöhnlich in die Esse strömt. Bei Kesseln mit guten Verhältnissen ist aber ein Wassergehäuse um die Esse überflüssig. Wenn ein solcher Wassermantel angewendet wird, so wird der Kessel gewöhnlich durch eine gewisse Menge auf einmal gespeist, indem die Speisewasser in ein kleines Gefäß gedrückt werden, aus welchem sie von selbst in den Kessel abfließen, während das überflüssige Wasser unbenuzt abläuft, wie es bei den stehenden Maschinen der Fall ist. Die Ausblasehähne eines Kessels sind gewöhnlich in einiger Entfernung von demselben angebracht, obgleich es zweckmäßiger erscheint, daß sie sich ganz nahe an demselben befinden, da es kein Mittel giebt, das Wasser von der Röhre zwischen dem Ausblasehahn und dem Kessel abzuschließen, wenn dieselbe zerbräche oder undicht würde. Jeder Kessel muß für sich mit einem Ausblasehahn versehen sein, der unabhängig von den Ausblasehähnen an den Wänden des Schiffes ist, so daß jeder Kessel für sich ausgeblasen und abgesperrt werden kann. Die zweckmäßigste Einrichtung ist die, an jedem Ausblasehahn ein gebogenes Band anzugießen, welches mit dem Kesselboden in Verbindung steht, und der Hahnkegel muß ungefähr 1 Zoll vor der Kesselwand stehen, daß er mit Leichtigkeit weggenommen und wieder eingebracht werden kann. Die gewöhnliche Einrichtung der Ausblaseröhren besteht darin, eine gemeinschaftliche Röhre quer durch das Schiff bis unter die Sohlplatten und bis an das Ende der Maschine zu leiten, und diese Röhre mit denen von den einzelnen Kesseln zu verbinden. Da, wo die allgemeine Ausblase-

röhre durch die Schiffswände geht, ist sie mit einem Hahn versehen; und bei den neuern Dampfschiffen werden auch Knigton's Ventile angewendet, welche aus einem Stangen- oder Plattenventile bestehen, die an der Wand des Schiffes angebracht sind, so daß, wenn die innere Röhre oder der Hahn zerbricht, das äußere Ventil noch wirksam sein wird. Irgend eine Vorrichtung dieser Art ist immer nothwendig, da die Ausblasehähne von Zeit zu Zeit abgeschmirgelt werden müssen, welches aber bei den äußern Hähnen an den Schiffswänden nur dann geschehen kann, wenn die Schiffe in einen Dock oder in einen Hafen eingelaufen sind. Bei der Anwendung von Knigton's Ventilen oder ähnlich eingerichteten, ist dies nicht nöthig. Alle diese Hähne müssen mit Böden und Stopfbüchsen versehen sein und nie muß die Verbindung aus einem einzigen Bolzen bestehen, der durch den Hahn geht, um ihn in seinem Gehäuse dicht zu erhalten, sobald ein Hahn mit dem Kessel in Verbindung steht; denn bei Dämpfen mit hohem Druck ist ein solcher Bolzen bedeutend belastet, besonders wenn der Hahn sehr kegelförmig ist; denn wenn der Bolzen oder das Schraubengewinde zerbricht, so kann der Hahn leicht herausfliegen und für umstehende Personen lebensgefährlich sein. Bei großen Hähnen scheint es zweckmäßig zu sein, den Boden sogleich daran festzugießen. Alle Hähne bei einer Meeresdampfmaschine müssen aus einem Metall gegossen werden, welches dieselbe Beschaffenheit hat, als das zu den Futter angewendete, und es muß darin kein Blei oder ein anderes zerstörbares Material sein. Hin und wieder sind die Bodenstücke der Hähne mit Hartloth angelöthet, allein dieses Verfahren ist verwerflich, da das Loth durch das heiße Salzwasser erweicht und zerfressen wird, wodurch natürlich Undichtigkeiten veranlaßt werden müssen. Die Stopfbüchsen der Hähne müssen eine zweckmäßige Höhe haben, und der Hahn selbst muß durch 4 starke kupferne Bolzen gesichert sein. Das Ablaufen oder das Kegelförmige der Ausblase-

Hähne ist etwas sehr Wesentliches; ist der Winkel des Kegels zu scharf, so erhält der Hahn das Bestreben, sich zu heben, und wenn die Stopfung nicht sehr heiß ist, so kann Sand zwischen den Hahn und sein Gehäuse kommen. Ist dagegen der Winkel zu wenig scharf, so wird sich der Hahn in dem Gehäuse festklemmen und beide werden sich bald so abschleifen, daß die Oeffnungen in demselben nicht mehr auf einander passen werden. Ein Achtel Zoll Abweichung von der Senkrechten für jeden Zoll Höhe, ist ein sehr zweckmäßiger Winkel für Hähne, und es entspricht demselben $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser-Differenz auf 1 Zoll Höhe. Vielleicht ist es aber noch zweckmäßiger, einen etwas stärkern Durchmesser-Unterschied, vielleicht von $\frac{1}{3}$ Zoll gegen 1 Zoll Höhe, anzunehmen. Der Boden des Hahns muß immer etwas über dem untern Rande des Gehäuses stehen, auch muß immer eine gewisse Entfernung zwischen dem Wasserwege und dem obern und untern Rande bleiben, um Undichtigkeiten zu vermeiden. Hähne, welche nach diesen Regeln angefertigt worden sind, werden sich beim Gebrauch als gut bewähren, wogegen jede Unzweckmäßigkeit ihrer Einrichtung fortwährende Störungen und Reparaturen veranlaßt. Probirhähne haben sehr häufig eine schlechte Einrichtung und sind deshalb eine wahre Plage für den Maschinenwärter. Selten haben sie Böden oder Stopfbüchsen und sind daher meistens mit Stalaktiten von Salz besetzt, sobald sie einige Zeit gebraucht worden sind. Das Wasser sickert hindurch, entstellt die vordere Seite des Kessels und hilft zur Zerstörung des Aschenfalles mit. Es würde daher zweckmäßig sein, die Probirhähne eines jeden Kessels in einer einzigen senkrechten Röhre zu vereinigen, die auf eine zweckmäßige Weise mit dem Kessel verbunden werden müßte, so daß das durch dieselben ausfließende Wasser mittelst eines Trichters dem Schiffsraume zugeführt werden müßte. Die Hähne der Glasröhre, so wie die der Probirhähne müßten mit Stopfbüchsen und mit Böden versehen sein,

weil sonst Wasser unten durchdringt, welches bei den Probirhähnen zuweilen der Fall ist. Die Wasserstandsrohren müssen an den beiden kurzen Rohren, welche mit dem Kessel in Verbindung stehen, stets mit Hähnen versehen sein, so daß Wasser und Dampf von dem Kessel abgeschlossen werden können, wenn die Rohre bricht. Und die Hähne müssen so eingerichtet sein, daß man den Dampf durch die Rohren blasen kann, um sie zu reinigen, indem das schlammige Wasser sie so trübe machen wird, daß man den Wasserstand gar nicht mehr dadurch erkennen kann. Die Probir- oder Wasserstandshähne haben häufig Rohren, die in dem Kessel in die Höhe gehen, damit ein hoher Wasserstand mit einer leicht zugänglichen Stellung der Probirhähne selbst in Uebereinstimmung gebracht werden kann. Bei den Wasserstandsrohren ist übrigens eine solche Einrichtung nicht möglich, und es muß die Rohre immer da angebracht worden sein, wo sich der Wasserspiegel im Kessel befindet. Die Meeresinjectionshähne haben gewöhnlich dieselbe Einrichtung wie die Ausblasehähne und auch etwa dieselbe Größe. Das Einspritzwasser wird gewöhnlich mittelst eines Schieberventils zu dem Condensator gelassen. Ein Hahn ist aber zweckmäßiger, da er sich leichter öffnen läßt und sich nicht von selbst schließen kann. Die Rohren für das Einspritzwasser müssen vor den Ruderrädern angebracht sein und durch die Schiffswände gehen, so daß das durch dieselben einströmende Wasser nicht zu viel Luft enthält. Die Rohre zum Abfluß des überflüssigen heißen Wassers geht von dem Heißwasserbehälter aus, ebenfalls durch die Schiffswände und ist mit einem Ventil versehen, das Auslaßventil genannt; es ist gewöhnlich ein Stangenventil, welches sich öffnet, sobald das aus der Luftpumpe herbeiströmende Wasser dagegen drückt. Hin und wieder ist das Ventil ein Schieberventil, jedoch wird das Warmwassergefäß springen müssen, wenn das Ventil vorher nicht geöffnet worden war. Die Deffnung der Auslaßrohre für das warme Wasser muß

stets über der Ladewasserlinie stehen, weil es sonst schwer hält, ein Eindringen des Wassers durch die Maschine in das Schiff zu verhindern, wenn das Schiff im Hafen liegt. Da wo Röhren durch die Schiffswände gehen, müssen sie auf folgende Weise verdichtet worden sein: — Nachdem das Loch eingeschnitten worden ist, wird eine kurze bleierne Röhre mit einem breiten Rande in dasselbe eingesetzt, nachdem es vorher mit Bleiweißkitt versehen worden war, und die Röhre wird alsdann an der innern Seite umgebogen, so daß sie von allen Seiten das Holz bedeckt. Alsdann wird ein Kranz über das vorspringende Ende der Bleiröhre geschoben und mit derselben verlöthet, während der Rand, nachdem vorher Bleiweißkitt darunter gelegt worden ist, an der Schiffswand festgenagelt wird. Dadurch wird jeder Undichtigkeit der Fugen zwischen Wand und Röhre vorgebeugt, und es ist daher nur nöthig, es zu verhindern, daß kein Wasser von außen in das Schiff dringt, zu welchem Ende, da wo die Röhre durch das bleierne Gehäuse geht, die Beschlagseisringen mit Bleiweißkitt und etwas Del verdichtet wird. Die Röhre muß mit einer Flantsche versehen sein, die gegen die innere Seite der Schiffswand tritt, und die Piederung muß von außen eingetrieben und dann durch einen Kranz festgehalten werden, der mittelst Schraubenbolzen mit der Schiffswand verbunden ist. Liegt die Röhre unter dem Wasserspiegel, so muß der Kranz aus Messing bestehen, während für die Auslaßröhre über dem Spiegel ein gußeiserner Kranz hinreicht. Besteht das Schiff aus Eisen, so ist es am zweckmäßigsten, da wo eine Röhre durch die Wände gehen soll, im Innern ein kleines Röhrenstückchen anzubringen, woran die Einspritz- oder Ablaßröhren befestigt werden können; allein es müssen diese kurzen Röhren aus Eisen bestehen, da Kupfer und Messing ein Zerfressen des Eisens nach sich ziehen würden. Die Kessel der Meeresdampfschiffe werden jetzt gewöhnlich mit Sperrventilen versehen, so daß ein Kessel außer Betrieb gesetzt werden

kann, ohne den des andern zu hindern. Diese Sperrventile sind gewöhnlich große Regelventile und größtentheils an einer Röhre angebracht, welche durch die Dampfbüchsen geht, und welche die verschiedenen Kessel mit einander verbindet. Die Stangen dieser Ventile gehen durch Stopfbüchsen in Deckel der Dampfbüchsen und sie müssen mit einem belasteten Hebel versehen sein und stets in ununterbrochener Wirksamkeit erhalten werden. Bleiben die Ventile immer offen, wie es gewöhnlich der Fall ist, so verbleiben sie durch Zerfressung in dieser Stellung, so daß sie sich nach einiger Zeit gar nicht schließen können. Diese Ventile müssen stets aus dem Maschinenraum zugänglich sein, und es brauchen die Kohlenbehälter nicht leer zu sein, um Zutritt zu ihnen zu erlangen. Die Röhren der Meeresdampfschiffe müssen stets aus Kupfer bestehen. Gußeiserne Ausblaseröhren sind zwar in manchen Fällen angewendet, allein sie sind Brüchen unterworfen und daher nicht ohne Gefahr. Jede Röhre, welche durch eine Schiffswand geht, oder die an beiden Enden befestigt worden ist, die daher erwärmt und abgekühlt wird, muß sich in einander schieben und wieder ausdehnen lassen, kurz mit einem Ausdehnungsventil versehen sein, und es müssen diese Gelenke stets mit großer Sorgfalt durch Abdrehen und Ausbohren eingerichtet werden. Sind Röhren mit Ausdehnungsgelenken einem Druck unterworfen, so müssen diese Verbindungen stets so eingerichtet sein, daß sie nicht auseinander gesprengt werden können, indem dadurch sehr nachtheilige Unfälle veranlaßt worden sind. Bei Locomotiven ist die Zulassung des Dampfes aus den Kesseln zu den Cylindern durch ein Ventil, den sogenannten Regulator, bewirkt, der gewöhnlich über der innern Feuerkammer angebracht und mit 2 kupfernen Röhren verbunden worden ist. Die eine führt den Dampf von dem höchsten Punkt der Kuppel zu ihm herab, während die andere den Dampf, der durch den Regulator geströmt ist, durch den Kessel zu dem obern Theil

der Rauchkammer führt. Die Regulatoren bestehen entweder aus Schieberventilen mit Büchsen, oder aus Regelventilen mit Sigen, und diese letztern sind die zweckmäßigsten. Die erstern bestehen gewöhnlich aus einer runden und flachen Scheibe mit radialen Oeffnungen, und es gleicht ein solches Ventil den ausgebreiteten Flügeln eines Schmetterlings, und es dreht sich in der Mitte um einen Stift oder eine Spindel. Bei einigen Stephenson'schen Locomotiven mit veränderlicher Expansion besteht der Regulator aus einem Schieberventil, der eine Platte am obern Theil der Ventilbüchse bedeckt, von diesem Ventil geht eine Stange durch die Rauchkammer unter dem Kessel hindurch, und mittelst eines Hebels, der neben dem Steuerungshebel angebracht, ist das Ventil dem Locomotivführer zugänglich. Früher wurden auch Hähne als Regulatoren benutzt, allein sie haben den Nachtheil, unter gewissen Umständen feststecken zu bleiben. Stephenson hat auch ein sogenanntes Rostventil angewendet, indem sich 2 rostartig durchbrochene Platten, mit gleichförmigen Oeffnungen, auf einander bewegen, wodurch bei einer geringen Bewegung eine große Oeffnungsfläche entsteht. Bei Bury's Locomotiven wird eine Art von konischem Stöpsel als Regulator angewendet, und es wird derselbe durch Drehen der Kurbel an der vordern Seite des Feuerkastens weggenommen. An der Ventilstange ist eine spiralförmige Vertiefung von sehr großer Theilung angebracht, und in diese paßt eine an dem Kessel angebrachte Spindel. Dreht man nun dieselbe, so wird der Dampfdurchgang entweder geöffnet oder geschlossen, je nach der Richtung, in welcher die Drehung erfolgt. Der beste Regulator ist ganz offenbar ein Gleichgewichtsventil von der oben beschriebenen Einrichtung, so wie es bei den Cornwalliser Maschinen angewendet wird. Da keine Reibung bei einem solchen Regulator stattfindet, so kann es mit einem geringen Kraftaufwande geöffnet oder geschlossen werden.

171. F. — Welches sind die wichtigsten Einzelheiten bei der Construction der Locomotiven?

A. — Jetzt haben alle Locomotiven ein Gestell, mit welchem die ganze Maschinerie innerhalb der Räder verbunden ist. Vor wenigen Jahren entstand ein lebhafter Streit über die relativen Vorzüge der Gestelle außerhalb oder innerhalb der Räder, der jedoch damit endigte, daß man die innerhalb der Räder befindlichen ganz allgemein angenommen hat. Eine ähnliche Meinungsverschiedenheit findet noch jetzt wegen der relativen Vorzüge der inner- oder außerhalb liegenden Cylinder statt. Unter außenliegenden Cylindern versteht man nämlich diejenigen, die an der äußern Seite des Gestelles angebracht sind und deren Verbindungsstangen über Angriffszapfen oder Warzen an den Triebrädern greifen. Innenliegende Cylinder sind dagegen in dem Rauchkasten angebracht, und die Verbindungsstangen hängen über Kurbeln oder Kröpfungen der Triebachse. Der Haupteinwurf gegen die außenliegenden Cylinder besteht darin, daß sie eine schlängelnde Bewegung der Locomotive veranlassen, wodurch der Bahnzug aus den Schienen geworfen werden kann. Jedoch kann diese Wirkung unbemerkbarer gemacht, oder sie kann ganz abgeholfen werden, wenn man die Angriffszapfen fast in eine Linie bringt, und nicht in einer rechtwinkligen Richtung zu einander; oder wenn man die eine Seite der Räder mit einem Gewicht versteht, dessen Moment dem des Kolbens und seiner Verbindungen das Gleichgewicht hält. Die schlängeliche oder schwankende Bewegung der Locomotiven rührt von dem aufgehaltenen Moment des Kolbens bei jedem Zuge desselben her, und die Wirkung des auf diese Weise entstandenen Drucks wird um so mehr Schwankungen veranlassen, je weiter er von der Mittellinie der Maschine ausgeübt wird. Sind beide Cylinder rechtwinklig in der Mitte des Wagens angebracht, und es sind beide Kolben mit einer Centralkurbel verbunden, so entstehen

keine Schwankungen; es wird aber auch dieselbe Wirkung dadurch hervorgebracht, daß man einen Cylinder in der Mitte der Maschine und zwei an den Seiten anbringt. Die Kolben der beiden letztern Cylinder müssen sich alsdann gleichzeitig bewegen; es ist jedoch unmöglich, den Kolben eines senkrechten Cylinders direct mit der Locomotivachse zu verbinden, ohne daß nicht die Federn bei jedem Hube der Maschine sich auf und nieder bewegen. Die Anwendung von 3 Cylindern aber, obgleich man sie bei einigen der spätern Locomotiven Stephenson's findet, veranlaßt eine zu große Entwicklung, um zweckmäßig zu sein. Bei Locomotiven für die schmalere Spur der Eisenbahn hält es schwer, im Innern hinlänglich große Cylinder anzubringen, so wie sie jetzt erfordert werden. Gießt man beide Cylinder aus einem Stück, so gewinnt man freilich an Raum und kann den Durchmesser der Cylinder vergrößern. Es ist sehr wesentlich, die Locomotivcylinder so groß als möglich zu machen, um die Expansion so ausgedehnt als möglich anwenden zu können; und bei jeder gegebenen Kolbengeschwindigkeit wird die Kraft einer Maschine, sowohl zum Ziehen schwerer Lasten, als auch zur Erreichung bedeutender Geschwindigkeiten, mit der Vergrößerung der Dimensionen der Cylinder erhöht werden. Die Gestelle der Locomotiven, mit denen Kessel und Maschinen verbunden sind, und die auf den Federn über den Achsen ruhen, bestehen im Allgemeinen aus Schmiedeeisen, bei einigen Maschinen aber bestehen die Längsbalken der Gestelle aus Eichenholz, auf denen Blechplatten durch Vernietungen angebracht worden sind. Die Schutzplatten haben in diesen Fällen gewöhnlich gleiche Längen, indem die Gestelle aufwärts gebogen sind, um über die Treibachsen weggehen zu können. Zwischen die Schutzplatten sind harte gußeiserne Blöcke eingenetet, um als Führer für die Achsenbüchsen dienen zu können. Die Seitenbalken des Gestelles sind an den Enden durch Querbalken verbunden, und unter dem

Kessel sind starke Stehbolzen angebracht, um dem Gestell auf den Seiten die gehörige Steifigkeit zu geben, und um es zu verhindern, daß die Enden der Verbindungs- oder Excentricstangen nicht herunterfallen, wenn sie zerbrechen sollten. Die Federn haben die gewöhnliche Einrichtung der Wagendruckfedern. Die verschiedenen Platten sind in der Mitte verbunden und können sich an den Enden über einander schieben. Die obere Platte endigt in 2 Augen, durch welche ein Nagel geht, der auch durch die Backen eines Bügels tritt; dieser ist durch eine Schraube mit doppelten Windungen mit einem andern Bügel verbunden, der seinerseits mit dem Gestell in Verbindung steht. Die Mitte der Druckfedern ruht auf den Achsenbüchsen. Zuweilen sind die Federn zwischen den Schutzplatten und unter dem Gestell angebracht, welches auf ihren Enden ruht. Eine Art von Federn, welche häufig angewendet werden, bestehen aus einer Anzahl flacher Stahlplatten und zwischen jeder derselben liegt in der Mitte ein Stück Metall oder eine andere Substanz, so daß die Enden aus einander stehen. Es würde vielleicht zweckmäßig sein, den Platten einer gemeinschaftlichen Feder verschiedene Krümmungen zu geben, so daß die Blätter, obgleich sie in der Mitte in Berührung stehen, es an den Enden bei leichten Belastungen nicht sein, sondern nur nach und nach, wenn die Belastung erfolgte, in Berührung kommen würden. Man würde alsdann eine Feder erlangen, die für alle Belastungen tauglich wäre. Der hinter den Locomotiven laufende Wagen, der Coaks und Wasser enthält, der sogenannte Tender, wird durch eine Stange mit der Locomotive verbunden. Eine solche Verbindungsstange ist an jedem Ende mit einem Auge versehen, durch welche Nagel gehen. Es müssen zwischen Locomotive und Tender aber stets Buffer angebracht sein, wodurch Schwankungen und andere Unregelmäßigkeiten der Maschine vermieden werden. Bei den meisten Maschinen sind an der vordern Seite des Gestelles 2 senkrecht bis auf

geringe Entfernung von den Schienen hinabgehende Stäbe angebracht, um Steine und andere Hindernisse wegzuschaffen, welche für die darüber gehenden Maschinen nachtheilig sein könnten. Die Achsen ruhen nur auf der obern Seite der Achsenbüchsen, welche gewöhnlich aus Messing bestehen, jedoch ist unter der Auflage eine Platte angebracht, um das Eindringen von Sand in die Büchse zu verhindern. Der obere Theil von den Büchsen der meisten Maschinen hat einen Delbehälter, welcher die Achsen mittelst eines heberartigen Dochtes stets mit Del befeuchtet erhält. Stephenson wendet gußeiserne Achsenbüchsen an, und Talg statt Del, indem es durch die Wärme, die sich beim Gange entwickelt, geschmolzen und durch ein Loch der Büchse zugeführt wird. Alle Maschinen mit eisernen Büchsen haben auch innere, welche durch der Länge nach gehende Stäbe getragen werden, und hin und wieder auch zur Unterstützung der Kolbenführer dienen. Die innern Lager sind zuweilen so eingerichtet, daß sie die Achsen nur bei Brüchen berühren. Die Locomotivräder bestehen stets aus Schmiedeeisen. Die Triebräder sind groß, um die Geschwindigkeit befördern zu können; die Laufräder sind auch zweckmäßiger, sobald man sie möglichst groß macht. Bei den Gütermaschinen sind die Triebräder kleiner als wie bei den Personemaschinen und gewöhnlich zusammengekuppelt. Die Construction der Räder ist sehr verschiedenartig: zuweilen haben sie gußeiserne Naben und schmiedeeiserne Speichen und Kränze; bei den besten neuern Rädern aber besteht die Nabe aus den Enden der Speichen, die in der Mitte zusammengeschweißt sind. Wendet man gußeiserne Naben an, so werden die Speichen aus flachen Stäben mit T förmigen Köpfen ausgeschmiedet, und in die Form radial eingelegt. Das flüssige Gußeisen aber umgiebt die untern Enden der Speichen. Die Enden der T förmigen Köpfe werden alsdann zusammengeschweißt, um die Peripherie oder den innern Reif des Rades zu bilden; und da wo es an Eisen

fehlt, werden kleine keilförmige Stücke eingelegt. In einigen Fällen sind die Speichen hohl, obgleich sie aus Schmiedeeisen bestehen; der Kranz besteht auch aus Schmiedeeisen; die Nabe dagegen aus Gußeisen. Da wo die Speichen in die Nabe eintreten, sind sie abgedreht und werden in der Nabe durch Schließkeile festgehalten. Sawthorn macht seine Räder mit gußeisernen Naben, schmiedeeisernen Kränzen und Speichen; statt aber die letztern zusammenzuschweißen, biegt er sie an den Enden um und befestigt sie mit Nieten an dem Kranz. Die Nieten aber, wenn sie auch sehr sorgfältig gemacht und befestigt worden sind, werden doch bald lose, und es würde eine wesentliche Verbesserung sein, wenn die umgebogenen Enden der Speichen Zähne hätten und mit denselben in den Kranz eingelassen wären, sobald sich die Speichenenden an dem Kranz nicht berühren. Nachdem nun der Kranz abgedreht worden ist, wird der äußere oder Spurkranz darüber gelegt, der jetzt aus Stahl besteht. Die Kränze, seien es nun glatte oder Spurkränze, werden zuvörderst zwischen Walzen ausgewalzt, dann nach der Größe der Räder frumm gebogen, die Enden zusammenschweißt und abgedreht, dann wird ein Kranz in einem runden Ofen rothglühend gemacht und, während er noch heiß ist, um das ebenfalls abgelegte Rad gelegt, welches auf einer Platte liegt. Vor dem Ausglühen war der Kranz zu klein, um über das Rad gelegt werden zu können, dehnt sich aber durch die Hitze so aus, daß es gar keine Schwierigkeiten hat, ihn mit einer Reihe von Hammerschlägen über den innern Kranz zu legen. Während nun der Kranz noch kirschroth ist, wird das ganze Rad an einen Krahn gehängt und in einen 5 Fuß tiefen Wassertrog getaucht und so lange auf und nieder gezogen, bis daß der Kranz kalt ist. Ein Anlassen des Kranzes ist nicht weiter nöthig. Es ist durchaus nicht erforderlich, daß der ganze Kranz aus Stahl bestehe, sondern es braucht nur da, wo er die Schiene am meisten berührt, eine schwalben-

schwanzförmige Vertiefung ausgedreht zu werden, in welche man ein Band von Stahl eintreibt. Dies Band kann in Stücken eingelegt werden, und man kann dasselbe Verfahren auch dazu anwenden, abgenutzte Spurkränze wiederum zu repariren. Es muß jedoch eine große Sorgfalt darauf verwendet werden, die einzelnen Stücke mit dem Kranze zu vernieten, indem sonst durch die Centrifugalkraft bei dem raschen Umlauf der Räder die Stahlstücke herausgeschleudert werden könnten. Auch durch das Einhämmern des Stahls und die sich nach unten erweiternde Vertiefung wird er ebenfalls fest gehalten. Der ganze Spurkranz wird auf den innern Radkranz durch Nieten mit versenkten Köpfen festgehalten, worauf das Rad auf der Achse befestigt wird. Der Spurkranz wird etwas konisch abgedreht, um den Durchgang der Maschine durch Curven zu erleichtern, — indem der Durchmesser des äußern Rades durch die Centrifugalkraft vergrößert, und der des innern wesentlich verkleinert wird, dadurch wird die Curve ohne den Widerstand durchfahren, der sonst durch die ungleichen Räume, welche Räder gleichen Durchmessers und mit derselben Achse durchlaufen müssen, veranlaßt wird. Die Schienen sind in den Curven nicht ganz senkrecht gestellt, sondern etwas nach einwärts gebogen, weshalb die Räder entweder konisch oder etwas ausgehöhlt sein müssen, um leicht über die Schienen wegzugehen. Ein Vortheil der geneigten Stellung der Schienen und der Kegelform der Spurkränze besteht darin, daß die Spur weniger dazu geneigt ist, gegen die Seiten der Schienen zu stoßen, aus welchem Grunde auch alle Spuren der Räder in den Ecken starke Leisten haben. Man hat die Räder hin und wieder lose auf den Achsen angebracht, hat dadurch aber die Stabilität sehr benachtheiligt, weshalb diese Constructionsart nicht mehr im Gebrauch ist. Ein bedeutender Streitpunkt waren die relativen Vorzüge und Nachtheile der 4rädernen und 6rädernen Maschinen. Eine Partei behauptet, daß 4rädernge

Maschinen unsicher, und eine andere, daß Gräderige Maschinen unmechanisch und noch mehr geneigt seien, Unfälle zu veranlassen. Man hat den 4rädernen Maschinen übrigens Fehler zugeschrieben, die sie in der Wirklichkeit nicht haben, wenn sie nur richtig construirt sind; denn es ist durchaus keine unbedingte Folge, daß, wenn die Achse einer 4rädernen Maschine zerbricht, die Locomotive umstürzen oder aus dem Gleis kommen müßte. Sobald die Maschine mit dem Tender gehörig verbunden ist, so kann der letztere sie unterstützen. Es ist aber einleuchtend, daß eine solche Verbindung zwischen Tender und Locomotive hergestellt werden kann, und daß alsdann bei einem Bruche der Vorder- oder Hinterachse die Maschine nicht umzu- stürzen braucht, sondern durch den Tender in ihrer gehörigen Stellung erhalten werden wird. Daher sind denn auch die Gründe gegen die 4rädernen Maschinen, die sich auf deren Unsicherheit stützen, durchaus keine solchen Gründe, die ihre gänzliche Nichtanwendung veranlassen könnten. Dagegen ist es ohne allen Zweifel Thatsache, daß die Locomotiven jetzt zu schwer sind, als daß nicht 4 Räder die Schienen beschädigen würden. Die Einwürfe wegen Beschädigung der Schienen gelten aber auch für die Gräderigen Maschinen, so wie sie bis jetzt construirt sind, indem bei denselben der Erbauer die ganze Last auf die Triebräder legen kann. Sind nun die Schienen feucht oder kothig, so muß der Locomotivführer die Triebräder noch fester auf die Schienen niederschrauben. Es erhalten daher in diesem Falle 2 Räder von einer Gräderigen Maschine eine weit größere Belastung, als wenn das ganze Gewicht auf eine schwere 4rädernge Maschine vertheilt ist. Wird aber eine Maschine auf die beiden mittlern Triebräder gesetzt, so muß nothwendig eine schwankende und schleudernde Bewegung entstehen, welche sehr nachtheilig ist und leicht Gefahren veranlassen kann. Stephenson giebt seinen Triebrädern keine Spurfränze, um die Bewegung der

Maschine in Curven zu erleichtern, und es ist zweckmäßig, diese Construction immer bei Gräder. Locomotiven anzuwenden. Anstatt aber so ungeheuer große und schwere Gräderige Maschinen zu erbauen, scheint es weit besser zu sein, 4räderige Maschinen von mäßigem Gewicht anzuwenden, und zwar mehrere bei einem Zuge, wenn derselbe sehr schwer ist, oder sich mit großer Geschwindigkeit bewegen soll. Gegen diesen Vorschlag dürfte höchst wahrscheinlich der Einwurf gemacht werden, daß die Kosten der Triebkraft größer wären, da eine kleine Locomotive eben so gut einen Führer und einen Heizer erfordert, als eine große. Macht man aber den Tender doppelt, mit einer Maschine vor und einer hinter demselben, so würde für beide nur ein Führer und nur ein Feuermann erforderlich sein. Die Steuerungshebel beider Maschinen würden in der Mitte des Tenders anzubringen sein, um die Bewegungen beider gleichzeitig zu regieren. Eine solche Einrichtung scheint mir weit zweckmäßiger zu sein, als die schweren Gräderigen Maschinen, da die Schienen durch eine Vertheilung der Last bei weitem weniger leiden werden, und durch Verengung des Blase-rohrs, wenn die Feuer- und Zugoberfläche durch Hinzufügung einer zweiten Maschine vergrößert ist, ein weit geringerer Kraftverlust veranlaßt werden wird. Die Tender macht man jetzt größer als früher, um die Nothwendigkeit vieler Koaks- und Wasserstationen zu vermeiden. Sie müßten gänzlich mit Glasfenstern umgeben sein, um den Führer gegen Wind und Wetter zu schützen, während er in den Stand gesetzt wird, seine Blicke überall hin zu richten. Tender können jede beliebige Anzahl von Rädern haben, so daß ihre Größe und ihr Gewicht daher keine Nachtheile veranlassen können. Die Kurbelachsen der Locomotiven bestehen stets aus Schmiedeeisen, und in der Mitte ihrer Länge sind 2 Kurbeln oder Kröpfungen angebracht, die der Lage der beiden innern Cylinder entsprechen. An den Enden der Achse sind Vertiefungen oder schwächere Stellen

angebracht, theils da, wo die Räder befestigt sind, und theils da, wo die Büchsen sie umgeben. Gewöhnlich wird eine solche gekröpfte Achse in 2 Stücken ausgeschmiedet, die alsdann zusammengeschweißt werden; zuweilen bestehen aber auch die Achsen aus mehreren einzelnen Stücken, die zusammengeschweißt werden, allein dies Verfahren ist verwerflich, weil Achsen dieser Art häufig zu Bruch gehen. Die Anfertigung der Kropfachsen gehört zu den schwierigsten Arbeiten des Zeugschmiedes. Locomotiven mit außenliegenden Cylindern haben gerade Achsen, und die Kurbelwarzen sind an den Naben der Triebräder angebracht. Die Lager, mit denen die Verbindungsstangen verbunden sind, haben sehr starke Leisten in den Ecken, um die Achsen an jenen Punkten zu verstärken und einen Seitenspielraum bei den Verbindungsstangen zu vermeiden. Bei Maschinen, die schon eine geraume Zeit benutzt worden sind, findet jedoch an den Enden der Achsenlager, so wie an den Achsen selbst, ein bedeutender Spielraum statt, wodurch die Schwankungen der Maschine weit heftiger werden. Man kann jedoch dieses Uebel dadurch vermeiden, daß man die Lager und die Tragpunkte der Achsen sphäroidisch macht, wodurch ein Spielraum erspart wird. Sehr wesentlich ist es für jede Locomotive, daß die Verbindungsstangen eine unveränderliche Länge behalten, weil sonst die Futter sehr häufig abgenutzt werden. Geschieht dies, so geräth der Kolben in Gefahr, gegen den Cylinderdeckel zu stoßen, wenn durch die Abnutzung eine Verkürzung herbeigeführt ist, denn um Dampf zu ersparen, ist der Zwischenraum zwischen Deckel und Kolben möglichst klein. Bei manchen Maschinen ist das Band, welches die Kurbelwarze umgiebt, durch schwalbenschwanzförmige Keile unveränderlich mit der Verbindungsstange verbunden, und ein Bolzen geht durch die Keile, die Stange und das Band, um ein Abnutzen der erstern zu verhindern. Das Futter wird durch Keil und Lösekeil dicht gemacht, und letztere werden durch 3 Druck-

schrauben und einen Bolzen durch die Spitze festgehalten. Die Wirkung dieser Einrichtung ist eine Verlängerung dieser Stange, allein an ihrem Querstangenende wird diese Verlängerung dadurch wieder ausgeglichen, daß man das Band lose macht, so daß durch das Antreiben der Futter die Stange um eine der Verlängerung gleiche Größe wiederum verkürzt wird. Auch an diesem Ende der Stange ist die Befestigung ebenfalls durch Keil und Lösekeil, die mit Druckschrauben versehen sind, bewirkt. Beide Zapfen der Verbindungsstange sind mit Delbüchsen versehen, die in der Mitte eine kleine Röhre mit Docht haben. Die Verbindungsstange ist ein flacher Stab mit gebrochenen Kanten.

172. F. — Auf welche Weise verdichtet man die Fugen an einer Maschine?

A. — Eine Verkittung der Fugen, die durch Rosten derselben veranlaßt wird, kann bei Maschinen nicht häufig angewendet werden, dennoch muß der Ingenieur das dabei anzuwendende Verfahren kennen. Man nehme eine Unze pulverisirten Salmiak und vermenge denselben mit 18 Unzen oder einem Pfunde Gußeisenbohrspänen. Einige Stunden vor dem Gebrauche dieses Kittes muß derselbe mit einer hinlänglichen Quantität Wasser befeuchtet werden. Manche setzen auch noch $\frac{1}{2}$ Unze Schwefelblumen hinzu, so wie auch etwas Schlamm aus einem Schleifsteintroge. Dieser Kitt wird nun mit einem Meißel in die Fugen eingetrieben, der ungefähr $\frac{3}{4}$ Zoll breit und $\frac{1}{4}$ Zoll dick ist. Darauf muß man die Fugen untersuchen, ob sie hinlänglich dicht sind, oder ob sie noch einer weitem Verkittung bedürfen. Da wo dieser Kitt angewendet werden soll, muß die äußere Fläche des Eisens von allem Rost und sonstigen Unreinigkeiten befreit und dann mit Salpetersäure und zuletzt mit Wasser abgewischt werden. Del und Fett schützen das Eisen gegen das Haften des Rostkittes. Kupferschmiede überziehen ihre Fugen und Riete mit einem Ritte, der aus zerpulvertem Bitterfalk und Blutserum oder Eiweiß besteht. Bei kupfer-

nen Kesseln kann ein solcher Kitt, oder auch römischer Cement, zur Verdichtung der fast unbemerkbaren Oeffnungen, die zuweilen vorkommen, gebraucht werden.

173. F. — Worin besteht das Verfahren bei der Einsaghärtung der Maschinentheile?

A. — Das gewöhnliche Verfahren bei der Einsaghärtung besteht darin, daß man die zu härtenden Gegenstände mit Hornspänen, Lederabschnitzeln, Knochenpulver oder thierischer Kohle in ein eisernes Gefäß thut, dasselbe mit einem Deckel und mit Lehm luftdicht verschließt, in einem Ofen so lange glühen läßt, als dies die Stärke der zu erlangenden Einsaghärtung erfordert. In manchen Fällen ist auch das von den Büchsenmachern angewendete Verfahren zweckmäßig. Der zu härtende Gegenstand wird mit Knochenpulver, welches noch nicht verkohlt zu sein braucht, in einen blechernen Kasten gethan, derselbe mit einem Deckel verschlossen, mit Draht umgeben und mit festem Thon bestrichen. Der Kasten wird so rasch als möglich in die Rothglühhitze gebracht und $\frac{1}{2}$ Stunde in einer gleichförmigen Hitze erhalten, worauf der Inhalt des Kastens in kaltes Wasser geworfen wird. Die stärkern Maschinentheile können ihre Einsaghärte durch Berlinerblau erlangen, welches nämlich in einem Salze besteht, das aus thierischen Substanzen bereitet wird, aus Atomen Kohle und 1 At. Stickstoff zusammengesetzt ist, und auf dieselbe Weise wirkt wie Holzkohle. Das Eisen wird im Feuer dunkelrothglühend gemacht, und das Salz wird entweder darauf gestreut, oder es wird mit Stücken oder mit Pulver desselben eingerieben. Darauf wird das Eisen einige Minuten in das Feuer zurückgebracht und dann in das Wasser gesteckt. Nach der Annahme einiger wirkt das Berlinerblau ungleichartig, als wenn das Eisen fettige Punkte enthielte, die das Salz nicht angreifen könne, und unter allen Umständen ist auch die Wirkung außerordentlich oberflächlich. Jedoch erlangt man auf diese Weise für alle diejenigen Punkte des

Maschinentheils, die nicht der Abnutzung unterworfen sind, einen hinlänglichen Stahlüberzug. Zu allen Maschinentheilen, die aus Schmiedeeisen bestehen, hat man lange hindurch nur das aus Brucheisen ausgeschweißte Eisen angewendet. Allein bei denjenigen Theilen, welche die Einsaghartung erhalten, muß man solches Eisen verwerfen. Bei der Einsaghartung nimmt nämlich das Eisen Kohle auf und dehnt sich aus, und da nun manche Eisensorten eine größere Fähigkeit zur Aufnahme der Kohlen haben, als andere, so werden sie bei der Einsaghartung sich ausdehnen, und die hieraus gefertigten Maschinentheile werden sehr leicht ihre Form verlieren, so daß sie zuweilen gar nicht gebraucht werden können. Es ist daher weit zweckmäßiger, solche Maschinentheile, die Einsaghartung erhalten sollen, aus einem recht guten, aber gleichförmigen Eisen zu machen, welches die Kohle auch gleichartig aufnimmt und keine Formveränderung erleidet.

174. F. — Woraus bestehen die Futter oder Pfannen, welche bei dem Maschinenbau angewendet werden?

A. — Die Zapfenlagerfutter einer Maschine bestehen hauptsächlich aus Kupfer und Zinn. Ein gutes gelbes Messing, welches sich feilen und drehen läßt, besteht aus ungefähr $4\frac{1}{2}$ bis 9 Unzen Zinn auf 1 Pfund Kupfer. Hartloth in der Reihenfolge seiner Härte hat folgende Zusammensetzung: 3 Theile Kupfer und 1 Theil Zinn (sehr hart); 8 Theile Messing und 1 Theil Zinn (hart); 6 Theile Messing, 1 Theil Zinn und 1 Theil Zinn (weich). Ein sehr gewöhnliches Loth für Eisen, Kupfer und Messing besteht aus fast gleichen Theilen Kupfer und Zinn. Munn's Metall besteht aus 40 Theilen Zinn und 60 Theilen Kupfer; jedes Verhältniß zwischen den Extremen von 50 Theilen Zinn und 50 Theilen Kupfer, und von 37 Theilen Zinn und 63 Th. Kupfer verhält sich in der Rothglühbize schlecht, weshalb man dem Verhältniß von 40 Th. Zinn und 60 Th. Kupfer den Vorzug giebt. Glockenmetall, so wie es zu großen

Glocken angewendet wird, besteht aus $4\frac{1}{2}$ bis 5 Unzen Zinn zu 1 Pfd. Kupfer; Spiegelmetall besteht aus $7\frac{1}{2}$ bis 8 Unzen Zinn auf das Pfd. Kupfer; zähes Messing zu Maschinentheilen aus $1\frac{1}{2}$ Pfd. Zinn, $1\frac{1}{2}$ Pfd. Zink und 10 Pfd. Kupfer; Messing oder Rothguß zu schweren Zapfenlagerpfannen aus $2\frac{1}{2}$ Unzen Zinn, $\frac{1}{2}$ Unze Zink und 1 Pfd. Kupfer. Es findet ein bedeutender Unterschied in der Abnutzung verschiedener Messingsorten statt. Der Unterschied entsteht aber eben so sehr aus der verschiedenen Größe der Oberfläche, als auch durch die verschiedenartige Zusammensetzung des Metalls. Die Futter oder Pfannen müssen stets stark und dick gemacht werden, denn wenn sie dünn sind, so werden sie in den Lagern zusammengedrückt, und es wird dadurch die Reibung und Abnutzung vermehrt. Babbitt's Patentfuttermetall für Büchsen ist neuerlich zu den Büchsen der Locomotivachsen, so wie zu andern Maschinenfuttern angewendet. Es besteht aus 1 Pfd. Kupfer, 1 Pfd. metallischem Antimon und 10 Pfd. Zinn, oder es ist nach andern ähnlichen Verhältnissen zusammengesetzt, da das Zinn das Wesentliche in der Legirung ist. Zuerst wird das Kupfer geschmolzen, dann wird das Antimon mit einem geringen Zusatz von Zinn in den Tiegel geworfen und auf die Oberfläche des Metalles in den Tiegel Holzkohlenpulver gestreut, um die Oxydation zu verhindern. Dies Metall wird in eisernen Formen gegossen, jedoch muß auf ein Schwinden desselben Rücksicht genommen werden.

175. F. — Welches sind die zweckmäßigsten Einrichtungen, um die Maschinenzapfenlager gehörig einölen oder schmieren zu können?

A. — Eine sehr zweckmäßige Art von Schmierbüchsen wird jetzt bei sehr vielen Dampfschiffen angewendet; es soll dadurch nicht allein Del gespart, sondern auch ein besseres Schmieren der Zapfen erreicht werden. An einer kleinen Welle, die durch die Wände der Schmierbüchse geht, ist ein Sperrrad befestigt, und diese Welle wird durch ein an der

Außenſeite angebrachtes Bendel in eine langſame Drehung verſetzt. Durch dieſe Drehung werden kleine Delbehälter emporgehoben und in einen Trichter in der Mitte des Zapfenlagers entleert. Statt der kleinen Gefäße ſind auch zuweilen einige kurze Stücke Draht an dem ſich im Innern drehenden Rade angebracht, und die daran hängenden Deltropfen fallen in den Trichter, den die hängenden Drähte berühren. Bei geringen Geſchwindigkeiten iſt jedoch dieſe Einrichtung nicht zweckmäßig, indem alſdann das Del eher abtröpfelt, als die Drähte den Trichter erreichen. Eine andere Vorrichtung beſteht in einem Hahn oder Stöpsel in der Schmierbüchſe, der durch ein Bendel und ein Sperrrad, oder durch irgend eine andere Einrichtung bewegt wird. An der einen Seite des Stöpsels iſt eine Höhlung angebracht, die mit Del angefüllt wird, wenn ſich die Seite oben befindet, und daſſelbe in eine Röhre ausſchüttet, wenn dieſe Seite die entgegengeſetzte Richtung erreicht. In einigen Fällen werden die Lager wegen Vorhandenſeins einer kreuzförmigen Vertiefung an dem Futterdeckel, die den Zweck einer beſſern Vertheilung des Dels hat, erhißt, indem dadurch der Deckel trocken bleibt. Wenn ſich die Futter drehen, ſo iſt eine ſolche Vertiefung in demſelben zur Vertheilung des Dels weniger nachtheilig. Bei Zapfenlagerfutter und Büchſen muß man ſie aber nicht anwenden. Die zweckmäßigſte Einrichtung iſt die, den Deckel der Büchſe mit einer horizontalen Vertiefung zu verſehen, ſo daß das Del auf den oberſten Punkt des Zapfens abgeſetzt und durch die Schwere nach unten geführt wird. Dieſer Kanal muß jedoch in einer geringen Entfernung von den beiden Enden des Futterſ aufhören, weil ſonſt das Del an den Enden herabfließen würde.

176. F. — Wie verfährt man bei der Aufſtellung oder Montirung der Maſchinen in den Maſchinenbauanſtalten?

A. — Bei Aufſtellung einer Schiffsdampfmaſchine in der Werkſtatt beſteht die erſte Arbeit darin, die Sohl-

platte sowohl der Länge als der Quere nach ins Niveau zu bringen und in der Mitte eine Linie zu ziehen, die an mehreren Punkten durch Meißelhiebe bezeichnet wird, so daß man sie zu jeder Zeit wiederfinden kann. Rechtwinklig auf diese ziehe man eine andere Linie, entweder als Mittelpunkt des Cylinders oder der Kurbel. Dann bringe man die andere Sohlplatte in die richtige Lage und bezeichne sie ebenfalls mit den gehörigen Linien, so daß die der einen Platte in der Verlängerung der andern, oder die Linien beider parallel mit einander liegen, welches man durch Lineale untersuchen muß. Etwas abweichend ist die Montirung schwingender Maschinen, weshalb wir dieselben etwas näher beschreiben wollen. Die Säulen bestehen hier aus Schmiedeeisen und bei kleinen Maschinen nimmt man hölzerne Unterlegbalken oder Platten von starkem Blech, in denen die Löcher in der gehörigen Lage angebracht werden und wonach man die Rahme adjustirt. Bei großen Maschinen werden aber die Löcher mit Hülfe von Zirkeln bestimmt. Die Zapfenlöcher zur Aufnahme der Säulen werden in den Rahmen gegossen und ausgebohrt; die diese Löcher umgebenden Verstärkungen müssen durchaus gleiche Höhe haben, werden daher durch eine Abrichtplatte genau in eine Ebene gebracht, und es werden alsdann die abgedrehten Zapfen der Säulen in dieselben eingeführt. Darauf wird der obere Rahmen aufgelegt, der derselben Bearbeitung unterworfen werden muß, als der untere, so daß die obern Säulenzapfen genau einpassen, und der Rahmen eine genau horizontale Lage erlangt. Alle Zapfenlager schwingender Maschinen müssen mit der größten Sorgfalt aufgestellt und befestigt werden, und um sie genau horizontal stellen zu können, muß der Fuß durch Schaben abgerichtet werden. Zur Bestimmung der Lage der Mittelpunkte bei einer Maschine mit Seitenbalancier ist es am zweckmäßigsten, mit dem Hauptmittelpunkte zu beginnen. Die Höhe des Mittelpunkts von der Querstange bei dem halben Hube

über der Ebene des Hauptmittelpunktes wird durch Aufzeichnung der Maschine bestimmt, wodurch man die Entfernung von dem Mittelpunkt der Querstange bei halbem Hube bis zu dem Cylinderrande erhält, und daher ist es leicht, die senkrechte Entfernung von dem Cylinderrande bis zur Ebene des Hauptmittelpunktes zu finden, indem man eine gerade horizontale Linie von dem Hauptmittelpunkte bis zu dem Cylinder zieht, und dann von dem Cylinderrande bis dahin mißt. Der Hauptmittelpunkt liegt in dieser Ebene und die vordere und hintere Stellung erlangt man, wenn man von der Mittellinie auf der Sohlplatte die Senkrechte erhebt. Um den Mittelpunkt der Ruderradwelle zu bestimmen, erhebe man von der Mittellinie auf der Sohlplatte die Senkrechte, und auf dieser Linie trage man von der Ebene des Hauptmittelpunktes die Länge der Verbindungs- oder Kurbelstange auf, wenn diese Länge bereits bestimmt ist, oder wenn dies nicht der Fall, die auf der Zeichnung angegebene Höhe der Welle über dem Hauptmittelpunkte. Um für den Mittelpunkt der Welle die Parallelbewegung zu bestimmen, wenn die Parallelstangen oder Gegenlenker mit der Querstange verbunden sind, trage man auf der Ebene des Hauptmittelpunktes die Länge der Parallelstange von dem Cylindermittelpunkte auf, leite daraus die Länge des Kurbelhalbmessers ab und bestimme durch ein Loth die Centrallinie der Triebwelle. Man trage ferner auf dieser Linie, von der Ebene des Hauptmittelpunktes abgemessen, die Länge der Seitenstange ab. Dies giebt den Mittelpunkt für die Achse der Parallelbewegung, wenn die Halbmesserstangen die Querstangen verbinden, welches bei einer Parallelbewegung das Zweckmäßigerere ist. Die Länge der Verbindungsstange ist die Länge der Verbindung des Balanciers, wenn er horizontal steht, oder von der Ebene des Hauptmittelpunktes bis zu dem Mittelpunkte der Ruderradwelle. Die Länge der Seitenstangen ist die Entfernung von der Mittellinie des horizontal stehenden Balanciers bis zur

Mitte der Querstange, wenn der Kolben den halben Hub gemacht hat. Die Länge der Radienstangen der Parallelbewegung ist die Entfernung von dem Verbindungspunkte an der Quer- oder Seitenstange, wenn der Kolben den halben Hub vollendet hat, zu dem Ende des Kurbelhalbmessers, wenn die Kurbel horizontal liegt. Oder bei Maschinen mit der Parallelbewegung, die mit der Querstange verbunden ist, besteht sie aus der Entfernung von der Mitte der Kurbelwarze in horizontaler Richtung bis zur Mitte des Cylinders. Nachdem man nun den Mittelpunkt der Achse von der Parallelbewegung auf die gegebene Weise bestimmt hat, braucht man nur die Theile zusammenzulegen, wenn die Bewegung mit der Querstange verbunden ist. Findet aber eine Verbindung derselben mit der Seitenstange statt, so muß sich das Ende der Parallelstange nicht in einer senkrechten Linie bewegen, sondern in einen Bogen, dessen sinus versus dasselbe Verhältniß zu dem des Seitenhebels hat, als die Entfernung von dem obern Ende der Seitenstange zu demjenigen Punkte der Verbindungsstange und der ganzen Seitenstange. Wenn die Parallelbewegung befestigt worden ist, so muß sie durch Heben und Senken des Kolbens mittelst eines Krahns probirt werden. Man bringe zuvörderst den Balancier in eine horizontale Lage und verschiebe die Zapfenlager der Triebwelle so lange, bis die Kolbenstange aufrecht steht. Dann bewege man den Kolben bis zu den beiden äußersten Punkten seines Hubes; wenn an beiden Punkten die Querstange zu weit nach auswärts geschoben wird, so hat der Nagel an dem Balancier, mit welchem die Seitenbewegung verbunden ist, noch keine richtige Lage, und er muß daher dem Hauptmittelpunkte näher stehen. Oder wenn an den Endpunkten die Querstange zu weit einwärts gedrückt wird, so muß man den Nagel an dem Balancier mehr von dem Mittelpunkte entfernen. Wird das eine Ende der Querstange nach einwärts und das andere nach auswärts gedrückt, so liegt der Fehler in der

Bewegung der Seitenstange und es muß dieselbe verlängert oder verkürzt werden.

177. F. — Wie wird das Schieberventil einer Maschine eingerichtet?

A. — Man bringe die Kurbel in die Stellung, welche dem Ende des Hubes entspricht, welches in der Werkstatt mit einer Wasserwage und einem Loth leicht bewirkt werden kann; auf einem Dampfschiff wird jedoch eine andere Methode nothwendig. Man ziehe die der Quer nach laufende Mittellinie, die der Mittellinie der Kurbelwelle entspricht, und zwar entweder auf der Sohlplatte der Maschine oder auf der Cylindermündung, wenn die Maschine eine direct wirkende ist. Man beschreibe einen Kreis von dem Durchmesser der Kurbelwarze um das große Auge der Kurbel und bezeichne zu jeder Seite der Quermittellinie eine Entfernung gleich dem halben Durchmesser von der Kurbelwarze. Von dem auf diese Weise gefundenen Punkte ziehe man eine Linie nach der Peripherie des Kreises, der um das große Auge der Kurbel beschrieben worden ist, und drehe nun die Kurbelwelle, bis daß die Kurbelwarze die gezogene Linie berührt. Auf diese Weise kann die Kurbel auf beide Enden des Zuges gestellt werden. Ist dies geschehen, so muß das Ventil so eingerichtet werden, daß es die Größe des Voreilens oder der Oeffnung auf der Dampfseite, die man am Anfang des Hubes geben will, erhält. Das Excentric muß alsdann auf der Welle ringsum gedreht werden, bis daß die Kerbe in der Excentricstange dem Nagel an dem Ventilhebel gegenüber zu stehen kommt und in demselben eingehängt werden kann. Man bezeichne nun auf der Welle die Stellung des Excentricums und bringe die Schließkeile auf die gewöhnliche Weise an. Dasselbe Verfahren muß wiederholt werden, um rückwärts steuern zu können, indem man das Excentric ringsum bis auf die entgegengesetzte Seite der Welle schiebt und die Stange wieder eingerichtet werden kann. Bei der Montirung der Ventile

muß man die Art der Maschine die Einrichtung der Hebel und die Art des angewendeten Ventils berücksichtigen. Bei der Montirung der Locomotivventile verfährt man auf eine ähnliche Weise: man bringe die Kurbel in die Stellung, welche dem Ende des Kolbenhubes entspricht, und ziehe eine gerade Linie, welche die Mittellinie des Cylinders durch die Mittelpunkte der Kurbelachse und der Kurbelwarze darstellt. Aus dem Mittelpunkt der Achse beschreibe man mit dem Durchmesser der Ventilöffnung einen Kreis, einen andern zur Darstellung der Kurbelachse und einen dritten zur Darstellung des Weges, den die Kurbelachse macht. Aus der Mitte der Kurbelachse ziehe man eine Linie senkrecht auf die Mittellinie des Cylinders und der Kurbelachse und eine andere senkrecht ziehe man an der Entfernung von der ersten, gleich der Größe der Bedeckung und des Voreilens des Ventils. Die Punkte, in denen diese Linie den Excentrickreis durchschneidet, sind diejenigen, in denen der Mittelpunkt des Excentrics für die Vorwärts- und Rückwärtssteuerung gestellt werden muß. Wenn die Excentricstange unmittelbar mit dem Ventil verbunden ist, so bildet der Excentrichalbmesser, welcher der Kurbel bei ihrer Drehung vorangeht, mit der letztern einen stumpfen Winkel; wenn aber durch die Zwischenkunft von Hebeln das Ventil eine der Excentricstange entgegengesetzte Richtung hat, so muß der Winkel, den die Kurbel und der Excentrichalbmesser umschließen, spitz sein, und das Excentric muß der Kurbel folgen. Mit andern Worten: bei einer directen Verbindung zwischen Ventil und Excentric ist letzteres mehr als $\frac{1}{4}$ Umdrehung der Kurbel voraus, bei einer indirecten Verbindung ist aber das Excentric weniger als $\frac{1}{4}$ Umdrehung hinter der Kurbel zurück. Wenn das Ventil kein Voreilen und keine Bedeckung hätte, so würde das Excentric nicht gerade um $\frac{1}{4}$ der Peripherie der Kurbel voraus, sondern hinter derselben zurück sein, wie dies aus der Beschaffenheit der Ventilverbindung hervorgeht. Da aber das Ventil die

Deffnung um die Größe des Voreilens bedeckt, so muß das Excentric so vorwärts gestellt werden, um die Ausdehnung des Voreilens zu entblößen, und dieser Zweck wird auf die angegebene Weise bewirkt. Bei dem Locomotivbetriebe verschieben sich die Excentrics zuweilen auf der Welle, in welchem Falle sie in ihre richtige Lage zurückgebracht werden müssen, indem man das Ventil um die Größe des Voreilens in der Ventiltbüchse in die richtige Stellung schiebt, die Kurbel ans Ende des Hubes bringt und das Excentric so lange auf der Welle dreht, bis die Excentricstange mit dem Ventil in Eingriff kommt. Es würde oft sehr störend sein, wenn man, um das Ventil wieder in die richtige Lage zu bringen, wirklich zu demselben gelangen müßte; es ist dies aber auch nicht erforderlich, wenn man die Größe der Bedeckung des Ventils und die Größe der Excentricstange kennt. Zu dem Ende ziehe man auf einem Brete zwei gerade Linien, die rechtwinklig zu einander stehen, und aus ihrem Durchschnittspunkt als Mittelpunkt beschreibe man zwei Kreise, von denen der eine den Excentrickreis und der andere die Kurbelachse darstellt. Man ziehe eine gerade Linie parallel mit einem der Durchmesser und um den Betrag der Bedeckung und des Voreilens davon entfernt. Die Punkte, an welchen diese Parallele den Excentrickreis durchschneidet, sind die Stellungen der Vorwärts- und Rückwärts-excentricen. Durch diese Punkte ziehe man radiale Linien von dem Kreismitelpunkte und bezeichne die Durchschnittspunkte dieser Linien mit dem Kreise der Kurbelwelle; man messe mit dem Zirkel die Chorde des Bogens zwischen diesen beiden Durchschnitten und dem Durchmesser, der im rechten Winkel zu der Kurbel steht. Da nun die Durchmesser zuerst an der Achse selbst bezeichnet werden, so folgt daraus, daß, wenn man mit dem Zirkel die auf der Zeichnung gefundene Entfernung darauf aufträgt und den Punkt bezeichnet, die Stellung des Excentrics ohne Schwierigkeit bestimmt werden kann.

178. F. — Wie verfährt man bei der Aufstellung oder Montirung der Maschine auf einem Dampfschiffe?

A. — Zur Erläuterung dieser Arbeit wollen wir den Fall mit einer Maschine mit Seitenbalancier annehmen, wobei man auf folgende Weise verfährt: — Zuvörderst messe man von der innern Seite der Ruderradzapfenlager bis zur Mitte des Schiffes, damit die Mittellinie genau mit der des Schiffes auf dem Deck und auf dem Kiel, welche der Schiffszimmermann bezeichnet hat, zusammenfalle. Nun ziehe man eine weitere Linie von dem einen Ruderradzapfenlager bis zu dem andern, die mit der Richtung der Welle zusammenfallen muß. Zu dieser Linie in der Mitte des Schiffes, welche von der Mittellinie durchschnitten wird, füge man ein Quadrat mit 6 oder 8 Fuß langen Seiten, dann falle man eine Senkrechte von den Ecken dieses Quadrats auf die Kielschwinne und bezeichne auf der letztern den Punkt. Trifft derselbe nicht genau auf den Mittelpunkt der Kielschwinne, so ist es besser, ihn etwas zu verschieben, damit er genau in die Mitte trifft, und verändert aber auch dann den entsprechenden Punkt auf dem Deck. Dabei muß freilich vorausgesetzt werden, daß die Ruderradwelle eine solche Verschiebung gestattet, indem eine von den Unterlagen der Räder durch Holz erhöht wird, damit sie auf der einen Seite mehr hervortritt. Die Mittellinie muß auf der Kielschwinne nach dem Vorder- und Hintertheil des Schiffes möglichst genau verzeichnet werden, und mit ihr muß man die Mittellinie auf dem Deck in Uebereinstimmung bringen. Man bestimme auf der Linie, die in der Richtung der Ruderradwelle liegt, zwei von dem Mittelpunkte gleichweit entfernte Punkte; und aus diesen Punkten als Mittelpunkte und mit irgend einem zweckmäßigen Halbmesser schlage man Bogen auf der Mittellinie, um zu sehen, ob beide rechtwinklig sind; ist dies nicht der Fall, so muß man die querlaufende Linie etwas verschieben, um das Rechtwinklige zu veranlassen. Von der Querlinie falle man nun eine Linie auf jede äußere Kiel-

schwinne, indem man die Ecke des Quadrats auf die Linie überträgt, während die andere Ecke auf der Kielschwinne liegt. Es wird daher ein Punkt auf jede äußere Kielschwinne senkrecht unter die Querslinie in der Richtung der Welle gefällt werden, und eine zwischen beiden Punkten gezogene Linie wird unmittelbar unter der Welle liegen. In diese Linie wird die auf der Sohlplatte für die Welle bezeichnete Linie gebracht, und es wird zu gleicher Zeit dahin gesehen, daß die richtige Entfernung zwischen der Mittellinie auf der Sohlplatte und der auf der Kielschwinne beibehalten wird. Ehe irgend ein Maschinentheil aufgestellt wird, muß die Kielschwinne genau mit scharfen Kanten behauen werden. Uebrigens ist die Montirung einer Schiffsdampfmaschine weit mehr eine Arbeit für den gesunden Menschenverstand, als die bestimmter Vorschriften und Regeln, und jeder intelligente Maschinenarbeiter wird bald ein zweckmäßiges Verfahren für sich bilden. Bleilothe und Spirituslibellen können natürlich am Bord eines Schiffs nicht gebraucht werden, und die Aufgabe besteht darin, die Sohlplatten auch ohne Hilfe dieser Instrumente in die richtige Lage zu bringen, so daß die Ruderradwelle keine schiefe Lage bekommt, und eben so wenig zu weit zurück als zu weit vor gesetzt wird. Da man das Bleiloth nicht anwenden kann, so muß man zu dem Winkel greifen, und man kann es ganz unberücksichtigt lassen, welchen Winkel das Deck mit der Kielschwinne macht, wenn nur die Linie, welche die Wellenrichtung bezeichnet, genau auf die Kielschwinne übertragen worden ist, so daß beide einander parallel und auch senkrecht unter einander liegen. Sind die Sohlplatten erst befestigt, so hat die Aufstellung der andern Maschinentheile in ihren gehörigen Lagen und Stellungen gar keine Schwierigkeiten. Die Ruderräder müssen an dem obern Theil des Radgehäuses aufgehängt werden; und die Querstangen zwischen den Maschinen muß man dann anbringen, wenn das Schiff flott ist; um den

Versuch zu machen, ob die Wellen in einer Linie liegen, drehe man die Ruderräder und untersuche, ob die Entfernung zwischen den Kurbeln am obern und untern Ende und den beiden horizontalen Mittelpunkten dieselbe ist. Ist dies nicht der Fall, so bewege man das Ende der Ruderwelle auf und nieder, rückwärts und vorwärts, bis daß die Entfernung zwischen den Kurbeln an allen 4 Mittelpunkten dieselbe ist.

179. F. — Auf welche Weise werden die Maschinen eines Dampfschiffes gegen die heftigen Bewegungen desselben im Sturme gesichert?

A. — Es geschieht dies mittelst Bolzen, die sogenannten Niederhaltbolzen, die aus Schmiedeeisen bestehen, aber recht häufig Unannehmlichkeiten und Störungen veranlassen. Zuweilen gehen sie durch den Boden des Schiffes, zuweilen aber bloß durch die Kielschwinne, so daß man im untersten Raume zu den Schraubenmuttern, die sie unten festhalten, gelangen kann. Uebrigens werden diese eisernen Bolzen sehr bald angefressen und zerstört, selbst wenn sie gut verzinkt sind. Man hat es daher für zweckmäßiger gefunden, die Bolzen, welche durch den Boden oder die Kielschwinne gehen, aus Munk's Metall, oder aus Kupfer anzufertigen. Bei einer Maschine mit Seitenbalancier müssen 4 solcher Bolzen am Kurbelende durch den Schiffsboden und die Sohlplatte jeder Maschine, 4 andere durch die Mitte und noch 4 andere am Cylinderende durch den Boden und die Sohlplatte gehen, welches also für jede Maschine 12 Bolzen sind. Es ist am zweckmäßigsten, diese Bolzen an beiden Enden mit Schraubenmuttern zu versehen, da sie alsdann von Innen niedergelassen werden können und man das Schiff in den Docken nicht auf sehr hohe Blöcke zu setzen braucht, um die Bolzen von außen einzusetzen und wegzunehmen. Die übrigen Niederhaltbolzen können aus Eisen bestehen und mittelst eines viereckigen Kopfes aus Holzschrauben in die Kielschwinnen versenkt

werden, während das obere Ende mit einer Mutter versehen ist, womit man sie auf der Sohlplatte befestigt. Feststehende Cylinder werden durch so viele Bolzen an der Sohlplatte festgeschraubt, als man auch zur Befestigung des Cylinderdeckels anwendet, und da wo man nicht leicht zu ihnen gelangen kann, sollen sie aus Kupfer oder Messing bestehen. Bei guten Bolzen beträgt die Tiefe der Schraubengänge ungefähr $\frac{1}{12}$ von dem Durchmesser des Bolzens, so daß der feste Cylinder desselben $\frac{5}{6}$ von dem Durchmesser mit dem Gewinde beträgt. Wenn die Belastung, womit man das Eisen mit aller Sicherheit bei Maschinen belegen kann, $\frac{1}{15}$ von dem Elasticitätsmodul 4000 Pfd. auf den Quadratzoll beträgt, so können von einem Schraubenbolzen von 1 Zoll äußern Durchmesser 2180 Pfd. mit Sicherheit getragen werden. Man kann die Stärke der Niederhaltbolzen leicht berechnen, wenn die hebende Kraft des Kolbens bekannt ist; jedoch ist es zweckmäßig, diese Stärke in der Praxis weit zu übersteigen, da man die Elasticität des Kiels, die leichte Zerfressung des Metalls und andere Umstände berücksichtigen muß. Es hält sehr schwer, Maschinen, die sich erst lose gearbeitet haben, recht gehörig wieder zu befestigen, denn mit der Zeit wird die Oberfläche der Kielschwinnen, auf denen die Maschinen stehen, abgerieben und die Maschine muß nothwendig darauf wanken. Man darf annehmen, daß gewöhnlich die Befestigung der Maschinen an den Schiffen durch zu wenige und zu starke Bolzen bewirkt worden ist, und es würde daher weit zweckmäßiger sein, eine größere Anzahl kleinerer Bolzen anzuwenden. Außer den Bolzen, welche durch die Kielschwinnen oder die Schiffsboden gehen, müssen auch viel Holzschrauben die Sohlplatte mit dem Keil verbinden, und recht viel Bolzen die verschiedenen Maschinentheile mit der Sohlplatte. Bei eisernen Schiffen sind Niederhaltbolzen, die durch den Boden gehen, nicht zweckmäßig, und es braucht die Maschine nur auf der Eisenplatte des Kiels befestigt zu werden, und da die Kielschwinnen

hohl gemacht sind, so läßt sich eine weit sichrere Verbindung bewirken.

180. F. — Welches sind die wichtigsten Punkte bei dem Betriebe und der Wartung der Schiffsdampfmaschinen?

A. — Der Maschinenmeister auf Schiffen muß sich auf jeden möglichen Fall vorbereiten, der sich ereignen kann, um in Stand gesetzt zu sein, allen Unfällen und Störungen zu begegnen und die Maschinen wieder in gehörigen Stand zu setzen. Die dabei zu befolgenden Maßregeln müssen sich nach den verschiedenen Maschinen richten und es lassen sich daher auch keine allgemeinen Regeln aufstellen; jeder Ingenieur muß auf die Unfälle vorbereitet sein, welche diese oder jene Art von Maschinen ganz besonders betreffen können, und zu seinen Haupteigenschaften müssen Entschiedenheit und Energie gerechnet werden. Bei starken Stürmen gehört es nicht zu den außerordentlichen, wohl aber zu den größten Unfällen, die ein Dampfschiff treffen kann, daß die Esse abbricht und über Bord geworfen wird. Kommt die Flamme aus der abgebrochenen Esse hervor, so daß man in die Gefahr geräth, eine Feuersbrunst auf dem Schiff zu haben, so muß man die Oeffnung mit einer Eisenplatte bedecken, oder andere Mittel anwenden, um ein Unglück abzuhalten. Man muß also sofort eine temporäre Esse anfertigen, sei es nun aus Ziegelsteinen und Lehm, oder aus Blechplatten, und man macht in beiden Fällen nur eine viereckige Esse. Hat man diese Materialien nicht an Bord, so kann man auch Eisenstäbe nehmen, sie um einige eiserne Ringe legen, außerhalb mit Ketten befestigen und das Ganze außerhalb mit einem Mörtel aus Thon und Asche überziehen. Kriegsschiffe müssen kurze Essen mit sich führen, die sogleich aufgestellt werden können, wenn die Hauptesse weggeschossen worden ist; und wenn man einen Dampfstrom in die Esse führt, so bringt eine kurze und enge Esse den gehörigen Zug

hervor. Zerbricht die Kurbelwarze, so muß die andere Maschine mit dem einen Rade arbeiten. Zuweilen ist es der Fall, wenn das Schieberventil ein starkes Boraneilen hat, daß die einzelne Maschine, wenn sie aufgehalten worden ist, indem das Schiff gegen Wind und Wellen fährt, die Kurbel nicht über die Mitte hinausdrehen kann, indem der Kolben auf und wieder nieder geht, ohne die Kurbel gänzlich herumgedreht zu haben; in solchen Fällen ist es nothwendig, das Schiff hinlänglich von dem Winde abzusteuern, so daß man im Stande ist, einige Segel zu setzen, worauf dann auch die Maschine in gehörigen Betrieb gesetzt werden kann. Wenn die Excentricscheibe oder deren Ring bricht oder aus einander geht und der Schaden nicht sofort reparirt werden kann, so muß das Ventil dadurch bewegt werden, daß man den Hebel zum Umsteuern mit irgend einem passenden Theil der andern Maschine oder mit irgend einem Theil, der mit der Verbindungsstange derselben Maschine in Verbindung steht, verbindet. Bei Maschinen mit Seitenbalanciers, bei denen der Hebel zum Umsteuern von der diagonalen Stange herabhängt, wie es die ganz gewöhnliche Einrichtung ist, kann man das Ventil dadurch bewegen, daß man von dem Seitenhebel der andern Maschine ein Seil über Rollen führt, dem hängenden Steuerungshebel eine horizontale Rolle giebt und die Zurückwirkung desselben durch ein Gewicht bewirkt. Außerdem lassen sich noch manche andere Vorrichtungen machen, die wir jedoch hier nicht speciell aufführen, und die der Einsicht des Maschinenmeisters überlassen bleiben müssen. Brechen die Wellen oder Kurbeln, so kann die Maschine dennoch mit einem mäßigen Druck getrieben werden, um das Schiff in einen Hafen zu führen. Ist die Kurbel sehr schlecht, so muß man starke Holzblöcke unter die Enden der Seitenhebel oder andere passende Theile bringen, damit nicht Boden oder Deckel des Cylinders zerbrochen werden. Dieselbe Bemerkung läßt sich machen, wenn an irgend einem der

Haupttheile der Maschine Brüche entstehen; jedoch muß man diese Theile fortwährend unter Aufsicht behalten, um die Maschine sofort anzuhalten, wenn der Bruch sich weiter ausdehnen sollte. Erfolgt ein Bruch, so müssen die Maschinen sofort außer Betrieb gesetzt werden, und ist das Stück stark belastet, so muß der Dampf sogleich auf die entgegengesetzte Seite des Kolbens zugelassen werden, um dem Druck der Ruderräder entgegen zu wirken.

181. F. — Welches sind die hauptsächlichsten Dienstpflichten der Locomotivführer?

A. — Der Locomotivführer muß stets auf dem Fußbrett der Locomotive stehen, so daß er den Regulator, die Dampfpeife oder den Steuerungshebel in jedem Augenblicke zur Hand haben kann. Er muß sich stets von dem gehörigen Wasserstande im Kessel überzeugen, und dahin sehen, daß der Dampf stets unter gleichförmigem Druck erhalten werde. Bei der Feuerung und bei der Speisung des Kessels mit Wasser müssen Sorgfalt und eine große Regelmäßigkeit angewendet werden, da eine unregelmäßige Dampferzeugung oft ein Primen veranlaßt, selbst wenn der Wasserstand ein sehr regelmäßiger ist. Zu viel Wasser im Kessel veranlaßt auch ein Primen, während zu wenig Wasser eine Quelle mehrfacher Gefahren ist. Gewöhnlich ist ein Locomotivkessel mit 3 Probihähnen versehen, und wenn die Maschine im Gange ist, so muß aus dem mittlern immer Wasser und aus dem obersten immer Dampf ausströmen. Steht dagegen eine Maschine still, so hat das Wasser im Kessel einen niedrigeren Stand, als wenn sie in Bewegung ist, und es braucht alsdann aus dem mittlern Hahn kein Wasser auszuströmen, sondern bloß aus dem untersten. Nähert sich ein Bahnzug einer Station, so muß man den Kessel gehörig mit Wasser anfüllen, weil während des Stillstandes keine Speisung stattfindet, aber auch die Dampfentwicklung bei weitem geringer ist. Während dieser Zeit ist die Feuerung nur gering und der Speisehahn muß kurz

vorher abgesperrt werden, ehe von Neuem geseuert wird. Der Regulator kann in diesem Zeitpunkte zum Theil verschlossen werden, und wenn das Blaserohr eine veränderliche Oeffnung hat, so muß man dieselbe während des Feuerns weit öffnen, damit Luft durch die Ofenthür dringen kann, und sie alsdann wieder verengen, sobald die Ofenthür wieder verschlossen ist, damit das Feuer schnell bedeckt wird. Die Dicke der Koakschicht auf dem Koft hängt von der Stärke des Zuges ab; bei schwer belasteten Maschinen aber reicht sie gewöhnlich bis zur Feuerthür. Uebrigens muß man dahin sehen, daß die Koaks nicht die untere Röhrenreihe erreichen und dieselbe verstopfen. Das Brennmaterial wird gewöhnlich gewölbartig auf dem Koft aufgehäuft, und wenn der Feuerkasten viereckig ist, so wird es in den Ecken aufgehäuft, wodurch die Verbrennung befördert wird. Wenn man eine Station verläßt, oder auch wenn man eine Rampe auffährt, so wird das Speisewasser gewöhnlich abgeschlossen, und ehe man daher die Maschine ruhen läßt und Rampen abwärts fährt, muß der Kessel gehörig mit Wasser angefüllt werden. Beim Hinabfahren von Rampen muß der Kessel stark gespeist und der Ofen geseuert werden, da zu solchen Zeiten sehr viel Dampf vorhanden ist. Beim Abwärtsfahren der Rampen muß man den Regulator zum Theil verschließen, und wenn die Rampe steil ist, so muß man den Regulator gänzlich verschließen. Dieselbe Vorsicht muß auch bei Curven, bei Brücken, bei Straßenkreuzpunkten u. s. w. angewendet werden. Um sich zu überzeugen, daß die Pumpen gehörig wirken, muß ein kleiner Hahn, welcher sich die Pumpen öffnet (Pet-Cock im Englischen), gedreht werden, und wenn die Ventile nicht gehörig wirken, so werden sie zuweilen dadurch wieder hergestellt, daß man diesen Hahn abwechselnd öffnet und schließt. Entsteht der Fehler daher, daß Dampf in die Pumpe dringt, so daß die Pumpe nicht saugt, so hilft der Hahn dem Fehler dadurch ab, daß er das Ausströmen des Dampfes gestattet.

Entsteht durch zu schlammiges Wasser im Kessel ein Primen, so muß ein Theil des Wassers ausgeblasen werden, und die Wasserstandsrohre muß man dadurch reinigen, daß man etwas Dampf hindurchströmen läßt, wobei man die Hähne an derselben theilweise verschließt. Dreimal wöchentlich muß das Wasser gänzlich aus dem Kessel ausgeblasen werden, und dann müssen auch die beiden Schlammthüren in den entgegengesetzten Enden des Kessels geöffnet und der Kessel muß hierauf ausgewaschen werden. Nähert sich der Zug einer Station, so muß der Regulator nach und nach geschlossen werden und einige Minuten von der Station entfernt muß der Schluß vollständig sein, wenn der Zug ein sehr schwerer ist; mittelst der Bremse wird der Zug alsdann gänzlich zum Stillstehen gebracht. Jedoch darf man sich nicht zu viel auf die Bremsen verlassen, da sie zuweilen nachgeben und bei Frost fast unwirksam sind. Ist es nothwendig, so muß man den Dampf auf die entgegengesetzte Seite des Kolbens strömen lassen, jedoch muß man dies so viel als möglich zu vermeiden suchen. In den Endstationen muß der Dampf früher abgesperrt werden, als bei den gewöhnlichen Stationen auf der Bahn, da an den Endstationen leicht nachtheilige Folgen daraus entstehen können, wenn der Zug über den Punkt hinausgeht, wo er eigentlich angehalten werden soll. Wenn die Maschine angehalten wird, so muß die Speisung mit Wasser gut sein, allein das Feuer muß nach und nach abgehen, um unnöthigen Koaksverbrauch zu vermeiden. Steht die Maschine still, so muß man den Kofst öffnen, das Feuer auskragen und das Material untersuchen, indem die noch brauchbaren Koaks ausgezogen werden. Eine wesentliche Arbeit ist es nun, die Maschine in ihren verschiedenen Theilen zu untersuchen. Dahin gehört zuvörderst die Ueberzeugung, ob die Futter noch dicht und ob sie nicht zu sehr erhitzt sind, ob die Räder auf ihren Achsen noch concentrisch sind und gehörig fest sitzen und ob sie keinen Spielraum haben, der durchaus

vermieden werden muß. Die Stopfbüchsen müssen verdichtet und es muß die Wirksamkeit der Ventile untersucht werden; bei den Excentrics muß man hauptsächlich dahin sehen, ob sie nicht locker geworden und sich auf ihren Achsen verschoben haben, einen Fehler, den man aber sofort durch den unregelmäßigen Betrieb der Maschine erkennen kann. Auch die Röhren müssen gereinigt werden und aus dem Rauchkasten muß man durch die kleine Thür am Ende des Locomotivkessels die Asche herausschaffen. Bei Gräderigen Maschinen muß man dahin sehen, daß nicht die ganze Last auf den Triebrädern ruht, und wenn dies der Fall ist, so muß man die Belastung, deren Nachtheil oben nachgewiesen worden, zu entfernen suchen. Das Verfahren, den Kessel durch Dampf auszublasen, wie es die Praxis bei Meeresdampfesseln ist, darf bei den Locomotivkesseln nicht als allgemeine Regel angesehen werden, wenn die Röhren von Messing sind und der Feuerkasten von Kupfer ist. Wenn aber die Röhren und der Feuerkasten aus Eisen bestehen, so ist keine Gefahr der Beschädigung vorhanden. Ehe eine Maschine außer Betrieb gesetzt wird, muß der Führer die ganze Maschine von unten untersuchen, allein ehe dieses geschieht, muß er sich überzeugt haben, daß keine andere Maschine herbeikommt. Wenn die Maschine steht, so muß der Regulator geschlossen und festgestellt werden; die Excentricstange muß ausgerückt werden und die Bremse am Tender festgeschraubt. Die Hähne an den Delbüchsen muß man zu gleicher Zeit schließen, allein kurze Zeit vorher, ehe der Zug abgeht, muß man sie öffnen. Wenn eine Röhre zerspringt, so muß ein hölzerner oder eiserner Stöpsel in jedes Ende derselben eingetrieben werden, und wenn das Wasser oder der Dampf so schnell ausströmen, daß man die beschädigte Stelle nicht sogleich auffinden kann, so muß man den Druck dadurch vermindern, daß man mehr Speisewasser in den Kessel läßt. Entweicht so viel Wasser, daß der Wasserstand im Kessel nicht erhalten werden kann, so

ist es am zweckmäßigsten, die Roststäbe wegzunehmen und das Feuer auszulöschen, um Röhren und Feuerkasten gegen Beschädigung zu sichern. Wenn das hölzerne Gehäuse des Kessels Feuer fängt, so kann man es durch einige Eimer voll Wasser auslöschen, und ist man auf der Station, so führt man die Maschine unter den Wasserkrahn. Zerbrechen die Kolbenstangen oder die Verbindungs- oder Kurbelstangen, oder fallen die Schließkeile aus, oder werden dieselben abgeschnitten, wie es zuweilen bei dem Keil des Kolbens der Fall ist, wenn eine Maschine mit einem schweren Zuge plötzlich umgesteuert wird, so muß man die Theile lösen, wenn es nicht möglich ist, die Verbindungen sogleich wieder herzustellen und die Maschine im Betriebe zu erhalten; und es muß alsdann das Ventil der beschädigten Maschine verschlossen werden. Hat die Maschine nicht Kraft genug, den Zug bei vollständig geöffneter Blaströhre weiter zu führen, so kann sie vielleicht einen Theil der Wagen fortschaffen, oder für sich allein zur nächsten Station fahren, um die Hülfe einer Reservemaschine in Anspruch zu nehmen. Dasselbe Verfahren muß angewendet werden, wenn irgend ein Maschinentheil zur Bewegung des Ventils schadhast wird, und dieser Schaden nicht auf der Stelle reparirt werden kann. Zur Brennmaterialersparung muß die Einrichtung zur variablen Expansion, wenn die Maschine damit versehen ist, angewendet werden. Das Blaserohr muß mit der möglichsten Verengung arbeiten; und auf Stationen muß das Register geschlossen werden, um die Entweichung der Wärme möglichst zu vermeiden.

182. F. — Giebt es wesentliche Verbesserungen an den Maschinen, deren allgemeine und specielle Beschreibung in dem Vorhergehenden mitgetheilt ist?

A. — Bei allen stehenden Maschinen und auch bei einigen Schiffsmaschinen müssen Maschinen, die mit großer Schnelligkeit betrieben werden können, und so wie wir sie weiter oben in der Beantwortung der 102. und 103. Frage

beschrieben haben, angenommen werden. Die Locomotiven bedürfen wesentlicher Veränderungen, da die jetzt existirenden, sobald sie auf den schmalspurigen Bahnen mit großer Geschwindigkeit arbeiten sollen, sehr mangelhaft sind. Es erscheint wirklich wunderbar, daß bei den bedeutenden Fortschritten, welche neuerlich der Maschinenbau gemacht hat, die Hälfte der Kraft durch das Blaserohr verloren geht, wie es bei großer Geschwindigkeit wirklich der Fall zu sein scheint; und die erste Verbesserung, um diesen großen Verlust zu vermeiden, besteht in der Vergrößerung der Krostoberfläche und der Oberfläche der Röhren. Am zweckmäßigsten könnte dies durch die Einführung senkrechter Röhren erreicht werden. Dieselben müssen in kurzen Gefäßen stehen, von denen jedes mit einer Esse versehen ist; diese Gefäße und Röhren müssen auf einen quadratischen Feuerkasten gesetzt werden, der die ganze Länge der Maschine einnimmt. Die Triebachse muß über dem Feuerkasten angebracht werden und zwar zwischen zweien von den Gefäßen; dadurch wird die Maschine dem Boden so nahe gebracht, daß sie oben niemals ein Uebergewicht erhalten kann. Wenn beide Cylinder, welche schwingende sein können, oben auf dem Feuerkasten angebracht werden, zu einander einen Winkel von 45 Graden bilden, jedoch in gleicher, senkrechter Ebene stehen, und wenn beide Kolbenstangen auf eine und dieselbe Kurbel greifen, deren Welle sich über beide Seiten des Wagens hinaus erstreckt, wo sie mit andern Kurbeln versehen ist, die mittelst horizontaler Stangen auf die Warzen der Triebräder einwirken, so kann man große Geschwindigkeiten ohne Schwankungen und Stöße erleiden. Da nun ferner die ganze Maschinerie über dem Kessel angebracht worden ist, so kann man auch während der Fahrten zu derselben gelangen; auch wird sie nicht so viel der Asche und dem Staube ausgesetzt sein. Bei einer solchen Construction würde es sehr zweckmäßig sein, die ganze Maschinerie mit einem Gehäuse zu umgeben, welches

ringsum mit Glasfenstern versehen ist. Jede Locomotive müßte auch mit einer Expansionsvorrichtung irgend einer Art versehen sein und eine andere sehr wünschenswerthe Einrichtung dürfte in einer selbst wirkenden Feuerung bestehen, wodurch das häufige Oeffnen der Dfenthür vermieden werden könnte. Die Anwendung von Gefäßen, in denen sich der Absatz aus dem Wasser sammelt, würde eine fernere zweckmäßigere Verbesserung bilden, indem dadurch nicht allein die Bildung des Kesselsteins auf den Röhren, sondern unter gewissen Umständen auch das Primen verhindert werden könnte. Die Form dieser Gefäße würde von der eigenthümlichen Structur des Kessels abhängen; jedoch würde jede Form zweckentsprechend sein, welche mit dem Wasserspiegel in Verbindung steht und in welcher sich das Wasser in ruhigem Zustande befindet.

Tabelle I.

Tabelle der nominellen Pferdekräfte bei Niederdruckmaschinen.

Die folgende Tabelle enthält die Dimensionen der Cylinder, die irgend einer gegebenen Kraft bei Niederdruckmaschinen entsprechen. Die Tabelle ist nach den in der Beantwortung der 81. und 82. Frage gegebenen Regeln berechnet.

Um die nominelle Pferdekraft einer Niederdruckmaschine mit einem Cylinder von 20 Zoll Durchmesser und 30 Zoll Hub zu bestimmen, — suche man den Durchmesser in der ersten Colonne linker Hand, und dann gehe man in horizontaler Richtung in die Colonne mit der Ueberschrift $2\frac{1}{2}$ Fuß; so findet man 11,55 als Zahl der Pferdekräfte der Maschine.

Die Dimension des Cylinders bei gegebener Pferdekraft findet man durch ein entgegengesetztes Verfahren.

Tabelle der nominellen Pferdekkräfte der Niederdruckmaschinen.

Zylinder- durchme- ßer in 3.	Länge des Hubes in Fuß.											
	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	7
4	0,34	0,39	0,43	0,46	0,49	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,65
5	0,53	0,61	0,67	0,72	0,76	0,81	0,84	0,88	0,91	0,94	0,96	1,02
6	0,76	0,87	0,96	1,04	1,10	1,16	1,22	1,26	1,31	1,35	1,39	1,47
7	1,04	1,19	1,31	1,41	1,50	1,58	1,65	1,72	1,78	1,84	1,89	1,99
8	1,36	1,56	1,72	1,85	1,96	2,07	2,16	2,25	2,33	2,40	2,47	2,60
9	1,72	1,97	2,17	2,34	2,49	2,62	2,74	2,84	2,95	3,04	3,13	3,30
10	2,13	2,44	2,68	2,89	3,07	3,23	3,38	3,51	3,64	3,76	3,87	4,07
11	2,57	2,95	3,24	3,49	3,77	3,91	4,15	4,25	4,40	4,54	4,68	4,92
12	3,06	3,51	3,86	4,16	4,42	4,65	4,86	5,06	5,24	5,41	5,57	5,86
13	3,60	4,12	4,53	4,88	5,19	5,46	5,64	5,94	6,15	6,35	6,53	6,88
14	4,17	4,77	5,25	5,66	6,01	6,33	6,62	6,88	7,13	7,36	7,58	7,98
15	4,77	5,48	6,03	6,50	6,90	7,27	7,60	7,90	8,19	8,45	8,70	9,16
16	5,45	6,23	6,86	7,39	7,86	8,27	8,65	8,99	9,31	9,61	9,90	10,42
17	6,15	7,04	7,75	8,35	8,86	9,34	9,76	10,15	10,52	10,85	11,17	11,76
18	6,89	7,89	8,68	9,36	9,94	10,47	10,94	11,38	11,79	12,17	12,53	13,19
19	7,68	8,79	9,68	10,42	11,17	11,66	12,19	12,68	13,13	13,56	13,96	14,69
20	8,51	9,74	10,72	11,55	12,27	12,92	13,51	14,05	14,55	15,02	15,46	16,28
22	10,30	11,79	12,97	13,98	14,85	15,63	16,62	17,30	17,65	18,18	18,71	19,70
24	12,26	14,03	15,44	16,63	17,67	18,61	19,45	20,23	20,95	21,63	22,27	23,44
26	14,39	16,46	18,12	19,52	20,75	21,84	22,56	23,75	24,6	25,39	26,14	27,51
28	16,68	19,09	21,02	22,64	24,06	25,33	26,48	27,54	28,52	29,44	30,31	31,90
30	19,15	21,92	24,13	25,99	27,62	29,07	30,40	31,61	32,74	33,80	34,80	36,63
32	21,79	24,96	27,51	29,57	31,42	33,08	34,59	35,97	37,26	38,46	39,59	41,68
34	24,60	28,16	30,99	33,39	35,44	37,34	39,04	40,60	42,06	43,41	44,69	47,05
36	27,57	31,56	34,74	37,42	39,77	41,87	43,77	45,52	47,15	48,67	50,11	52,75
38	30,72	35,17	38,71	41,69	44,66	46,64	48,77	50,72	52,54	54,23	55,83	58,78
40	34,04	38,97	42,89	46,20	49,10	51,69	54,04	56,20	58,21	60,09	61,86	65,12
42	37,53	42,96	47,29	50,94	54,13	56,98	59,58	61,96	64,18	66,25	68,21	71,78
44	41,19	47,15	51,90	55,91	59,38	62,54	66,46	68,00	70,44	72,71	74,85	78,79
46	45,02	51,54	56,72	61,10	64,88	68,19	71,43	74,33	76,69	79,47	81,81	86,12
48	49,02	56,11	61,76	66,53	70,70	74,42	77,82	80,94	83,83	86,53	89,08	93,78
50	53,19	60,89	67,02	72,19	76,71	80,76	84,44	87,82	90,96	93,89	96,65	101,7
52	57,55	65,86	72,48	78,08	83,00	87,35	90,25	94,98	98,40	101,55	104,5	110,0
54	62,04	71,02	78,17	84,20	89,48	94,20	98,49	102,4	106,1	109,5	112,7	118,7
56	66,72	76,38	84,07	90,55	96,23	101,30	105,9	110,1	114,1	117,8	121,2	127,6
58	71,58	81,93	90,18	97,14	103,2	108,6	113,6	118,2	122,4	126,3	129,9	136,7
60	76,60	87,68	96,50	103,9	110,4	116,3	121,6	126,4	131,0	135,2	139,2	146,5
62	81,79	93,62	103,04	111,0	117,96	124,18	129,81	135,03	139,86	144,37	148,6	156,7
64	87,15	99,84	110,0	118,3	125,7	132,3	138,3	143,9	149,0	153,82	158,4	166,7
66	92,68	106,1	116,8	125,8	133,6	140,7	147,3	153,0	158,5	163,6	168,4	177,3
68	98,40	112,6	123,9	133,6	141,8	149,4	156,2	162,4	168,2	173,6	178,8	188,2
70	104,26	119,3	131,3	141,5	150,4	158,3	165,5	172,1	178,2	184,0	189,4	199,4
72	110,30	126,2	139,0	149,7	159,1	167,4	175,1	182,1	188,6	194,7	200,4	211,0
74	116,5	133,4	146,8	158,1	167,9	176,7	185,4	192,4	199,2	205,7	211,6	223,4
76	122,9	140,7	154,8	166,8	178,6	186,6	195,0	202,9	210,1	216,9	223,3	235,1
78	129,4	148,2	163,1	175,6	186,7	196,5	205,4	212,1	221,4	228,5	235,2	247,6
80	136,2	155,8	171,6	184,8	196,4	206,7	216,1	224,8	232,8	240,4	247,4	260,5
82	143,0	163,8	180,2	194,2	206,2	217,3	226,9	237,8	244,6	252,5	260,0	273,8
84	150,1	171,8	189,1	203,8	216,5	227,9	238,3	247,8	256,7	265,0	272,8	287,1
86	157,4	180,1	198,2	213,6	227,0	237,8	247,4	258,2	269,1	277,8	286,0	301,0
88	164,8	188,6	207,6	223,6	237,5	250,2	261,6	272,0	281,7	290,8	299,4	315,2
90	172,3	197,3	217,1	233,9	248,6	261,7	273,6	284,5	294,7	304,2	313,2	329,7

Tabelle II.

Tabelle der nominellen Pferdekkräfte bei Hochdruckmaschinen.

Die nachstehende Tabelle enthält die Dimensionen des Cylinders, die irgend einer gegebenen Pferdekraft bei den Hochdruckmaschinen entsprechen. Die Tabelle ist nach der Regel in der Beantwortung der 101. und 102. Frage berechnet, welche im Wesentlichen dieselbe Regel ist, wie die für Niederdruckmaschinen, ausgenommen das Element des Drucks, welches hier das Dreifache ist.

Um die nominelle Pferdekraft einer Hochdruckmaschine von 20 Zoll Durchmesser und 2½ Fuß Hub zu finden, suche man den Durchmesser des Cylinders in der ersten Colonne links und in der Colonne in horizontaler Richtung nach rechts gehend mit der Ueberschrift 2½ wird man 34, 65 als Zahl der entsprechenden Pferdekkräfte der Maschine finden.

Die Dimension des Cylinders, wenn die Pferdekraft gegeben ist, findet man durch ein entgegengesetztes Verfahren.

65
02
47
99
60
30
07
92
86
88
98
16
42
76
19
69
28
70
44
51
90
63
68
05
75
78
12
78
79
12
78
7
0
7
6
7
5
7
7
3
2
4
0
4
1
6
5
8
1
0
2
7

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Tabelle der nominellen Pferdekkräfte der Hochdruckmaschinen.

Cylinder durchmes- ser in 3.	Länge des Hubes in Fuß.											
	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	7
2	0,25	0,29	0,32	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,46	0,49
2½	0,39	0,45	0,50	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,68	0,70	0,72	0,76
3	0,57	0,65	0,72	0,78	0,83	0,87	0,91	0,95	0,98	1,01	1,04	1,10
3½	0,78	0,89	0,98	1,06	1,13	1,19	1,24	1,29	1,34	1,38	1,42	1,49
4	1,02	1,17	1,29	1,38	1,47	1,56	1,62	1,68	1,74	1,80	1,86	1,95
4½	1,29	1,48	1,63	1,75	1,86	1,96	2,05	2,13	2,21	2,28	2,35	2,47
5	1,59	1,83	2,01	2,16	2,28	2,43	2,52	2,64	2,73	2,82	2,88	3,06
5½	1,93	2,21	2,43	2,62	2,78	2,93	3,12	3,18	3,30	3,42	3,51	3,69
6	2,28	2,61	2,88	3,12	3,30	3,48	3,66	3,78	3,93	4,05	4,17	4,41
6½	2,69	3,09	3,39	3,66	3,90	4,08	4,23	4,44	4,62	4,77	4,89	5,16
7	3,12	3,57	3,93	4,23	4,50	4,74	4,95	5,16	5,34	5,52	5,67	5,97
7½	3,60	4,11	4,53	4,86	5,19	5,46	5,70	5,94	6,15	6,33	6,51	6,87
8	4,08	4,68	5,16	5,55	5,88	6,21	6,48	6,75	6,99	7,20	7,41	7,80
8½	4,62	5,28	5,82	6,27	6,63	6,99	7,32	7,62	7,89	8,13	8,37	8,82
9	5,16	5,91	6,51	7,02	7,47	7,86	8,22	8,52	8,85	9,12	9,39	9,90
9½	5,76	6,60	7,26	7,80	8,37	8,76	9,15	9,51	9,84	10,17	10,47	11,01
10	6,39	7,32	8,04	8,67	9,21	9,69	10,14	10,53	10,92	11,28	11,61	12,21
10½	7,05	8,04	8,88	9,54	10,14	10,68	11,16	11,61	12,03	12,42	12,78	13,47
11	7,71	8,85	9,72	10,47	11,31	11,73	12,45	12,75	13,20	13,62	14,04	14,76
11½	8,43	9,66	10,62	11,46	12,15	12,78	13,80	13,92	14,61	14,91	15,33	16,14
12	9,18	10,53	11,58	12,48	13,26	13,95	14,58	15,18	15,72	16,23	16,71	17,58
12½	9,96	11,40	12,57	13,53	14,37	15,15	15,84	16,47	17,04	17,58	18,12	19,08
13	10,80	12,36	13,59	14,64	15,57	16,38	16,92	17,82	18,45	19,05	19,59	20,64
13½	11,64	13,32	14,64	15,78	16,77	17,67	18,48	19,20	19,89	20,52	21,15	22,26
14	12,51	14,31	15,75	16,98	18,03	18,99	19,86	20,64	21,39	22,08	22,74	23,94
14½	13,41	15,56	16,92	18,21	19,35	20,37	21,30	22,14	22,95	23,70	24,39	25,62
15	14,31	16,44	18,09	19,50	20,70	21,81	22,80	23,70	24,57	25,35	26,10	27,48
16	16,35	18,69	20,58	22,17	23,58	24,81	25,95	26,97	27,93	28,83	29,70	31,26
17	18,45	21,12	23,25	25,05	26,58	28,02	29,28	30,45	31,56	32,55	33,57	35,28
18	20,67	23,67	26,04	28,08	29,82	31,41	32,82	34,14	35,37	36,51	37,59	39,57
19	23,04	26,37	29,04	31,26	33,51	34,98	36,57	38,04	39,39	40,68	41,88	44,07
20	25,53	29,22	32,16	34,65	36,81	38,76	40,53	42,15	43,65	45,06	46,38	48,84
22	30,90	35,37	38,91	41,94	44,55	46,89	49,86	51,90	52,95	54,54	56,13	59,10
24	36,78	42,09	46,32	49,89	53,01	55,83	58,35	60,69	62,85	64,89	66,81	70,32
26	43,17	49,38	54,36	58,56	62,25	65,52	67,68	71,25	73,8	76,17	78,42	82,53
28	50,04	57,27	63,06	67,92	72,18	75,99	79,44	82,62	85,56	88,32	90,93	95,70
30	57,45	65,76	72,39	77,97	82,86	87,21	91,20	94,83	98,22	101,40	104,4	109,9
32	65,37	74,88	82,53	88,71	94,26	99,24	103,7	107,9	111,8	115,4	118,7	125,0
34	73,80	84,48	92,97	100,22	106,3	112,0	117,1	121,8	126,2	130,2	134,0	141,1
36	82,71	94,68	104,2	112,2	119,3	125,6	131,3	136,5	141,4	146,0	150,3	158,2
38	92,16	105,5	116,1	125,0	134,0	136,9	146,3	152,1	157,6	162,7	167,5	176,3
40	102,1	116,9	129,6	128,6	147,3	155,1	162,1	168,6	174,6	180,2	185,6	195,3
42	112,6	128,9	141,8	152,8	162,4	170,9	178,7	185,9	192,5	198,7	204,6	215,3
44	123,5	141,4	155,7	167,7	178,1	187,6	199,4	204,0	211,3	218,1	224,5	236,3
46	135,0	154,6	170,1	183,3	194,6	204,6	214,3	223,0	230,0	238,4	245,4	258,3
48	147,0	168,3	185,3	199,6	212,1	223,2	233,4	242,8	251,5	259,6	267,2	281,3
50	159,6	182,6	201,0	216,5	230,1	242,3	253,3	263,4	272,9	281,6	289,9	305,1
52	172,6	197,6	217,4	234,2	249,0	262,0	270,7	284,9	295,2	304,6	313,5	330,0
54	186,1	213,0	234,5	252,6	268,4	282,6	295,4	307,2	318,3	328,5	338,1	356,1
56	200,1	229,1	252,2	271,6	288,7	303,9	317,7	330,3	342,3	353,4	363,6	382,8
58	214,7	245,8	270,5	291,4	309,6	325,8	340,8	354,6	367,2	378,9	389,7	410,1
60	229,8	263,0	289,5	311,7	331,2	348,9	364,8	379,2	393,0	405,6	417,6	439,5

Tabelle III.

Expandirter Dampf. — Mittlerer Druck bei verschiedenen Graden der Expansion.

Die dritte Tafel hat den Zweck, die Berechnung der Kraft der Maschine zu erleichtern, die mit Expansion arbeitet. Die erste Colonne in jeder Tafel enthält den ursprünglichen Dampfdruck in Pfunden und die übrigen Colonnen den mittlern Druck des Dampfes durch den ganzen Kolbenhub, mit den verschiedenen Graden der Expansion, die in den Colonnenköpfen angegeben sind und welche den Theil des Hubes bezeichnen, während dessen der Dampf mit Expansion gewirkt hat. Wird demnach z. B. der Dampf in den Cylinder mit einem Druck von 3 Pfund auf den Quadratzoll zugelassen und bei $\frac{1}{8}$ von dem Ende des Hubes abgesperrt, so beträgt der mittlere Druck während des ganzen Zuges 2,96 Pfd. auf den Quadratzoll. Wird ferner Dampf von 3 Pfd. Druck auf den Quadratzoll abgesperrt, wenn der Kolben $\frac{1}{8}$ seines Hubes zurückgelegt hat, so daß sich der Dampf durch die bleibenden $\frac{7}{8}$ des Hubes expandiren muß, so würde der mittlere Druck während des ganzen Hubes 1,154 Pfd. auf den Quadratzoll betragen. Dampf von weniger als 3 Pfd. Druck auf den Quadratzoll wird aber nie zum Betriebe einer Maschine angewendet, denn es würde Dampf von 12 Pfd. unter dem atmosphärischen Druck sein. Nimmt man aber Dampf von 3 Pfd. über dem atmosphärischen Druck, so wird er 18 Pfd. auf den Quadratzoll haben. Der mittlere Druck desselben auf den ganzen Hub, wenn der Dampf nach zurückgelegtem $\frac{1}{8}$ abgesperrt wird, oder noch $\frac{7}{8}$ zurückzulegen hat, ist 6,927 Pfund auf den Quadratzoll, d. h. fast 8 Pfd. unter dem atmosphärischen Druck.

Expandirter Dampf.

Mittlerer Druck bei verschiedenen Dichtigkeiten und Graden der Expansion.

Die mit 0 bezeichneten Columnen enthalten den vollen, ursprünglichen Druck in Pfunden und die übrigen den mittlern Druck in Pfunden mit verschiedenen Graden der Expansion.

Zweiter Abschnitt.
260

0	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{8}$	0	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{9}{10}$
3	2.96	2.89	2.75	2.53	222	1.789	1.154	3	2.990	2.930	2.830	2.710	2.539	2.299	1.981	1.568	0.990
4	3.95	3.85	3.67	3.38	2.96	2.386	1.539	4	3.974	3.913	3.780	3.614	3.386	3.065	2.642	2.087	1.320
5	4.948	4.818	4.593	4.232	3.708	2.982	1.924	5	4.968	4.892	4.725	4.518	4.232	3.832	3.303	2.609	1.651
6	5.937	5.782	5.512	5.079	4.450	3.579	2.300	6	5.961	5.870	5.670	5.421	5.079	4.598	3.963	3.130	1.981
7	6.927	6.746	6.431	5.925	5.241	4.175	2.694	7	6.955	6.848	6.615	6.325	5.925	5.364	4.624	3.652	2.311
8	7.917	7.710	7.350	6.772	5.934	4.772	3.079	8	7.948	7.827	7.560	7.228	6.772	6.131	5.284	4.174	2.641
9	8.905	8.673	8.268	7.618	6.675	5.368	3.463	9	8.942	8.805	8.505	8.132	7.618	6.897	5.945	4.696	2.971
10	9.896	9.637	9.187	8.465	7.417	5.965	3.848	10	9.936	9.784	9.450	9.036	8.465	7.664	6.606	5.218	3.302
11	10.885	10.601	10.106	9.311	8.159	6.561	4.233	11	10.929	10.762	10.395	9.939	9.311	8.430	7.266	5.739	3.632
12	11.875	11.565	10.925	10.58	8.901	7.158	4.618	12	11.923	11.740	11.340	10.843	10.158	9.196	7.927	6.261	3.962
13	12.865	12.528	11.943	11.004	9.642	7.754	5.003	13	12.856	12.719	12.285	11.746	10.994	9.963	8.587	6.783	4.292
14	13.854	13.492	12.862	11.851	10.384	8.531	5.388	14	13.910	13.967	13.230	12.650	11.851	10.729	9.248	7.305	4.622
15	14.844	14.456	13.781	12.697	11.126	8.947	5.773	15	14.904	14.676	14.175	13.554	12.697	11.496	9.909	7.827	4.953
16	15.834	15.420	14.700	13.544	11.868	9.544	6.158	16	15.897	15.654	15.120	14.457	13.544	12.262	10.569	8.348	5.283
17	16.823	16.383	15.618	14.390	12.609	10.140	6.542	17	16.891	16.632	16.065	15.361	14.051	13.028	11.230	8.870	5.613
18	17.813	17.347	16.537	15.237	13.351	10.737	6.927	18	17.884	17.611	17.010	16.264	15.237	13.795	11.890	9.392	5.944
19	18.702	18.311	17.448	16.803	14.093	11.333	7.312	19	18.878	18.589	17.955	17.168	16.083	14.561	12.551	9.914	6.273
20	19.792	19.275	18.375	16.930	14.835	11.930	7.697	20	19.872	19.568	18.900	18.072	16.930	15.328	13.212	10.436	6.600
25	24.740	24.093	22.968	21.162	18.543	14.912	9.621	25	24.840	24.460	23.625	22.590	21.162	19.160	16.515	13.040	8.255
30	29.688	28.912	27.562	25.395	22.252	17.895	11.546	30	29.808	29.352	28.350	27.108	25.395	22.992	19.818	15.654	9.960
35	34.636	33.731	33.156	29.617	25.961	20.877	13.470	35	34.776	34.244	33.075	31.626	29.627	26.824	23.121	18.263	11.557
40	39.585	38.550	36.750	33.860	29.670	23.860	15.395	40	39.744	39.136	37.800	36.144	33.860	30.656	26.224	20.872	13.208
45	44.533	43.368	41.343	38.092	33.378	26.842	17.319	45	44.912	44.028	42.525	40.662	38.092	34.888	29.727	23.481	14.859
50	49.481	48.187	45.937	42.325	37.067	29.825	19.243	50	49.680	48.920	47.250	45.180	42.325	38.320	33.030	26.090	16.510

Tabelle IV.

Diese 4. Tabelle enthält vier kleine Tabellen; die erstere giebt die Temperatur und Elasticität des Dampfes an, so wie sie durch die Versuche von Dulong und Arago bestimmt worden sind; die zweite die Expansion der Luft durch die Wärme. Die beiden letzten beziehen sich auf die Benutzung des Dampfes mit Expansion mittelst der Bedeckung oder Deckfläche (cover, lap im Engl.) der Schieberventile.

Die größere von diesen Tabellen weist die Größe der Bedeckung nach, welche dazu erforderlich ist, an der Dampfseite des Ventils den Dampf an verschiedenen Punkten des Hubes abzusperren. Die erstere Colonne enthält verschiedene Längen von dem Zuge des Ventils in Zollen und die folgenden Colonnen sind mit Brüchen überschrieben, welche den Grad der Expansion angeben. Um den Dampf bei $\frac{1}{6}$ von dem Ende des Zuges des Ventils, der 17 Zoll lang ist, abzusperren, findet man in der Colonne mit dem Kopf $\frac{1}{6}$ und auf der Linie mit 17, 3,47, welches die erforderliche Bedeckung in Zollen ist, indem das Ventil kein Boreilen hat. Bei $\frac{1}{4}$ Zoll Boreilen subtrahire man die Hälfte davon von der Bedeckung oder Deckfläche und das Uebrigbleibende, 3,345 Zoll, ist die Deckfläche für die erforderliche Expansion und das nöthige Boreilen. Man ziehe die Bedeckung von der halben Länge des Ventillaufs ab und es ist der Rest, 5,155 Zoll, die größte Breite der Dampföffnung bei diesem Zuge.

Die nun noch übrige Tabelle zeigt, an welchen Theilen des Zuges, bei irgend einer gegebenen Einrichtung des Schieberventils, die Auslaßöffnung geschlossen oder geöffnet wird. Die mit A bezeichnete Colonne weist die Größe der Be-

deckung an der Auslaßseite des Ventils an verschiedenen Theilen seines Zuges nach. In der Colonne B stellen die Zahlen die Entfernungen des Kolbens dar, ausgedrückt durch die Länge seines Zuges von dem Ende desselben und wenn die Auslaßöffnung davor verschlossen ist. C zeigt, an welchem Punkte des Zuges die Auslaßöffnung hinter oder nach dem Kolben geöffnet, während der Dampf in beiden Fällen bei $\frac{1}{3}$ von dem Ende des Zuges abgesperrt wird. Auf gleiche Weise wird in DE der Dampf bei $\frac{7}{24}$ von dem Ende des Zuges abgeschlossen; in FG bei $\frac{1}{4}$; in HK bei $\frac{5}{24}$; in LM bei $\frac{1}{6}$; in NO bei $\frac{1}{8}$; in PQ bei $\frac{1}{12}$; in RS bei $\frac{1}{24}$. Bei jedem Fall bezeichnet die linke einzelne Colonne von jeder doppelten die Entfernung des Kolbens vom Ende seines Zuges, wenn die vorangehende Auslaßöffnung geschlossen ist. Die einzelne Colonne rechts bezeichnet aber die Deffnung der nachfolgenden Auslaßöffnung.

Es sei der Kolbenhub = 6 Fuß, das Schieberventil sperre den Dampf bei $\frac{1}{3}$ von dem Ende des Zuges ab und die Bedeckung auf der Auslaßseite des Ventils betrage $\frac{1}{8}$ von dem Zuge. Auf einer Linie mit $\frac{1}{8}$ und in den Colonnen BC wird man 0,178 und 0,033 finden, welche Zahlen mit 72 Zoll multiplicirt, geben werden 12,8 Zoll für die Entfernung des Kolbens vom Ende seines Hubes, wenn die vorangehende Auslaßöffnung geschlossen, und 2,37, wenn die nachfolgende Auslaßöffnung geöffnet ist.

Temperatur und Elasticität des Dampfes in Atmosphären.

Expansion der Luft durch die Wärme.

Kraft.	Temp.	Kraft.	Temp.	Temp.	Vol.	Temp.	Vol.
1	212°	13	380,66°	32°	1000	100	1152
1½	234°	14	386,94°	33	1002	110	1173
2	250,5°	15	392,86°	34	1004	120	1194
2½	263,8°	16	398,48°	35	1007	130	1215
3	275,2°	17	403,83°	36	1009	140	1235
3½	285°	18	408,92°	37	1012	150	1255
4	293,7°	19	413,78°	38	1015	160	1275
4½	300,3°	20	418,46°	39	1018	170	1295
5	307,5°	21	422,96°	40	1021	180	1315
5½	314,24°	22	427,28°	45	1032	190	1334
6	320,36°	23	431,42°	50	1043	200	1364
6½	326,26°	24	435,56°	55	1055	210	1372
7	331,7°	25	439,34°	60	1066	212	1376
8	341,78°	30	457,16°	65	1077	302	1558
9	350,78°	35	472,73°	70	1089	392	1739
10	358,78°	40	486,59°	75	1099	482	1919
11	366,85°	45	499,14°	80	1110	572	2098
12	374,0°	50	510,6°	90	1132	680	2312

A	B	C	D	E	F	G	H	K
—8.	0,178	0,033	0,161	0,026	0,143	0,019	0,126	0,012
—16.	0,130	0,060	0,118	0,052	0,100	0,040	0,085	0,030
—32.	0,113	0,073	0,101	0,066	0,085	0,051	0,069	0,042
0	0,092	0,092	0,082	0,082	0,067	0,067	0,055	0,055

A	L	M	N	O	P	Q	R	S
1—8.	0,109	0,008	0,093	0,004	0,074	0,001	0,053	0,001
1—16.	0,071	0,022	0,058	0,015	0,043	0,008	0,027	0,002
1—32.	0,053	0,033	0,043	0,023	0,033	0,013	0,024	0,004
0	0,043	0,043	0,033	0,033	0,022	0,022	0,011	0,011

Länge des Zuges von dem Ventill in Zoll.

Betrag der Bedeckung, welche an der Dampfseite des Ventills erforderlich ist, um den Dampf an irgend einem der hier unten bemerkten Punkte des Zuges abzusperren.

	1/3	7/24	1/4	5/24	1/6	1/8	1/12	1/24
24	6,94	6,48	6,00	5,47	4,90	4,25	3,47	2,45
23	6,65	6,21	5,75	5,24	4,69	4,07	3,32	2,34
22	6,36	5,94	5,50	5,02	4,49	3,89	3,13	2,24
21	6,07	5,67	5,25	4,79	4,28	3,72	3,03	2,14
20	5,78	5,40	5,00	4,56	4,08	3,54	2,89	2,04
19	5,49	5,13	4,75	4,33	3,88	3,36	2,74	1,94
18	5,20	4,86	4,50	4,10	3,67	3,19	2,60	1,83
17	4,91	4,59	4,25	3,88	3,47	3,01	2,45	1,73
16	4,62	4,32	4,00	3,65	3,26	2,83	2,31	1,63
15	4,33	4,05	3,75	3,42	3,06	2,65	2,16	1,53
14	4,05	3,78	3,50	3,19	2,86	2,48	2,02	1,43
13	3,76	3,51	3,25	2,96	2,65	2,30	1,88	1,32
12	3,47	3,24	3,00	2,74	2,45	2,12	1,73	1,22
11½	3,32	3,10	2,87	2,62	2,35	2,03	1,66	1,17
11	3,18	2,97	2,75	2,51	2,24	1,95	1,58	1,12
10½	3,03	2,83	2,62	2,39	2,14	1,86	1,51	1,07
10	2,89	2,70	2,50	2,28	2,04	1,77	1,44	1,02
9½	2,65	2,56	2,37	2,17	1,93	1,68	1,32	0,96
9	2,60	2,43	2,25	2,05	1,84	1,59	1,30	0,92
8½	2,46	2,29	2,12	1,94	1,73	1,50	1,23	0,86
8	2,31	2,16	2,00	1,82	1,63	1,42	1,15	0,81
7½	2,16	2,02	1,87	1,71	1,53	1,33	1,08	0,76
7	2,02	1,89	1,75	1,60	1,43	1,24	1,01	0,71
6½	1,88	1,75	1,62	1,48	1,32	1,15	0,94	0,66
6	1,73	1,62	1,50	1,37	1,22	1,06	0,86	0,61
5½	1,58	1,48	1,37	1,25	1,12	0,97	0,79	0,56
5	1,44	1,35	1,25	1,14	1,02	0,88	0,72	0,51
4½	1,30	1,21	1,12	1,03	0,92	0,80	0,65	0,46
4	1,16	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
3½	1,01	0,94	0,87	0,80	0,71	0,62	0,50	0,35
3	0,86	0,81	0,75	0,68	0,61	0,53	0,44	0,30

Reifigkeit von Materialien etc.

Vergleichung der Fahrenheit'schen, Celsius'schen und Réaumur'schen Thermometerscalen mit einander.

Die Temperatur wird durch die Thermometer von Fahrenheit, Celsius und Réaumur angegeben. Der Fundamentalabstand, d. i. der Abstand zwischen dem Frost- und Siedepunkt des Wassers, wird bei dem ersten in 180, beim zweiten nach der sogenannten Centesimaltheilung in 100, und bei der dritten in 80 gleiche Theile oder Grade eingetheilt. Der Nullpunkt ist bei der Fahrenheit'schen Scala 32 unter dem Frostpunkte, und fällt bei der Centesimal- und bei der Réaumur'schen Eintheilung mit diesem zusammen. Es finden hiernach folgende Beziehungen statt:

F.	C.	R.
t	$\frac{5}{9} (t - 32^\circ)$	$\frac{4}{9} (t - 32^\circ)$
$\frac{9}{5} t + 32^\circ$	t	$\frac{4}{5} t$
$\frac{9}{4} t + 32^\circ$	$\frac{5}{4} t$	t

F bedeutet Fahrenheit'sche, C Centesimal- und R Réaumur'sche Grade.

In folgender Tabelle ist die Centesimalscala durch Grade der beiden andern Scalen ausgedrückt.

C.	R.	F.	C.	R.	F.
150	120,0	302,0	135	108,0	275,0
149	119,2	300,2	134	107,2	273,2
148	118,4	298,4	133	106,4	271,4
147	117,6	296,6	132	105,6	269,6
146	116,8	294,8	131	104,8	267,8
145	116,0	293,0			
144	115,2	291,2	130	104,0	266,0
143	114,4	289,4	129	103,2	264,2
142	113,6	287,6	128	102,4	262,4
141	112,8	285,8	127	101,6	260,6
			126	100,8	258,8
140	112,0	284,0	125	100,0	257,0
139	111,2	282,2	124	99,2	255,2
138	110,4	280,4	123	98,4	253,4
137	109,6	278,6	122	97,6	251,6
136	108,8	276,8	121	96,8	249,8

C.	R.	F.	C.	R.	F.
120	96,0	248,0	82	65,6	179,6
119	95,2	246,2	81	64,8	177,8
118	94,4	244,4			
117	93,6	242,6	80	64,0	176,0
116	92,8	240,8	79	63,2	174,2
115	92,0	239,0	78	62,4	172,4
114	91,2	237,2	77	61,6	170,6
113	90,4	235,4	76	60,8	168,8
112	89,6	233,6	75	60,0	167,0
111	88,8	231,8	74	59,2	165,2
			73	58,4	163,4
110	88,0	230,0	72	57,6	161,6
109	87,2	228,2	71	56,8	159,8
108	86,4	226,4			
107	85,6	224,6	70	56,0	158,0
106	84,8	222,8	69	55,2	156,2
105	84,0	221,0	68	54,4	154,4
104	83,2	219,2	67	53,6	152,6
103	82,4	217,4	66	52,8	150,8
102	81,6	215,6	65	52,0	149,0
101	80,8	213,8	64	51,2	147,2
			63	50,4	145,4
100	80,0	212,0	62	49,6	143,6
99	79,2	210,2	61	48,8	141,8
98	78,4	208,4			
97	77,6	206,6	60	48,0	140,0
96	76,8	204,8	59	47,2	138,2
95	76,0	203,0	58	46,4	136,4
94	75,2	201,2	57	45,6	134,6
93	74,4	199,4	56	44,8	132,8
92	73,6	197,6	55	44,0	131,0
91	72,8	195,8	54	43,2	129,2
			53	42,4	127,4
90	72,0	194,0	52	41,6	125,6
89	71,2	192,2	51	40,8	123,8
88	70,4	190,4			
87	69,6	188,6	50	40,0	122,0
86	68,8	186,8	49	39,2	120,2
85	68,0	185,0	48	38,4	118,4
84	67,2	183,2	47	37,6	116,6
83	66,4	181,4	46	36,8	114,8

C.	R.	F.	C.	R.	F.
45	36,0	113,0	8	6,4	46,4
44	35,2	111,2	7	5,6	46,4
43	34,4	109,4	6	4,8	42,8
42	33,6	107,6	5	4,0	41,0
41	32,8	105,8	4	3,2	39,2
			3	2,4	37,4
40	32,0	104,0	2	1,6	35,6
39	31,2	102,2	1	0,8	33,8
38	30,4	100,4			
37	29,6	98,6	0	0,0	32,0
36	28,8	96,8	— 1	— 0,8	30,2
35	28,0	95,0	— 2	— 1,6	28,4
34	27,2	93,2	— 3	— 2,4	26,6
33	26,4	91,4	— 4	— 3,2	24,8
32	25,6	89,6	— 5	— 4,0	23,0
31	24,8	87,8	— 6	— 4,8	21,2
			— 7	— 5,6	19,4
30	24,0	86,0	— 8	— 6,4	17,6
29	23,2	84,2	— 9	— 7,2	15,8
28	22,4	82,4			
27	21,6	80,6	— 10	— 8,0	14,0
26	20,8	78,8	— 11	— 8,8	12,2
25	20,0	77,0	— 12	— 9,6	10,4
24	19,2	75,2	— 13	— 10,4	8,6
23	18,4	73,4	— 14	— 11,2	6,8
22	17,6	71,6	— 15	— 12,0	5,0
21	16,8	69,8	— 16	— 12,8	3,2
			— 17	— 13,6	1,4
20	16,0	68,0	— 18	— 14,4	— 0,6
19	15,2	66,2	— 19	— 15,2	— 2,8
18	14,4	64,4			
17	13,6	62,6	— 20	— 16,0	— 4,0
16	12,8	60,8	— 21	— 16,8	— 5,2
15	12,0	59,0	— 22	— 17,6	— 7,4
14	11,2	57,2	— 23	— 18,4	— 9,6
13	10,4	55,4	— 24	— 19,2	— 11,8
12	9,6	53,6	— 25	— 20,0	— 13,0
11	8,8	51,8	— 26	— 20,8	— 14,2
			— 27	— 21,6	— 16,4
10	8,0	50,0	— 28	— 22,4	— 18,6
9	7,2	48,2	— 29	— 23,2	— 20,8

Englische und Russische Fuß und Zolle in Meter.

Englische oder Russische Fuß	Meter	Englische oder Russische Zoll	Meter	Millimeter
1	0,30479	1	0,02540	25,400
2	0,60959	2	0,05080	50,799
3	0,91438	3	0,07620	76,199
4	1,21918	4	0,10160	101,598
5	1,52397	5	0,12700	126,998
6	1,82877	6	0,15240	152,397
7	2,13356	7	0,17780	177,797
8	2,43836	8	0,20320	203,196
9	2,74315	9	0,22860	228,596
10	3,04794	10	0,25400	253,995
20	6,09589	11	0,27939	279,395
30	9,14383	0,1	—	2,540
40	12,19178	0,2	—	5,080
50	15,23972	0,3	—	7,620
60	18,28767	0,4	—	10,160
70	21,33561	0,5	—	12,700
80	24,38356	0,6	—	15,240
90	27,43150	0,7	—	17,780
100	30,47945	0,8	—	20,320
200	60,95890	0,9	—	22,860
300	91,43835			
400	121,91780			
500	152,39725			
600	182,87670			
700	213,35615			
800	243,83559			
900	274,31504			
1000	304,79449			

Englische und Russische Fuß und Zoll in Pariser Fuß,
Zoll und Linien.

Engl. oder Russ. Fuß.	Pariser Fuß	Die Decimalen in Duodecimal.		Engl. oder Russ. Zoll	Pariser Fuß		Zoll Linien
		Zoll	Linien		Zoll	Linien	
1	0,93829	11	3,114	1	0,07819	—	11,260
2	1,87659	10	6,228	2	0,15638	1	10,519
3	2,81488	9	9,343	3	0,23457	2	9,779
4	3,75317	9	0,457	4	0,31276	3	9,038
5	4,69146	8	3,571	5	0,39096	4	8,298
6	5,62976	7	6,685	6	0,46915	3	7,557
7	6,56805	6	9,799	7	0,54734	6	6,817
8	7,50634	6	0,913	8	0,62553	7	6,076
9	8,44464	5	4,028	9	0,70372	8	5,336
				10	0,78191	9	4,595
10	9,38293	4	7,142	11	0,86010	10	3,855
20	18,76586	9	2,284				
30	28,14879	1	9,425	0,1	0,00782	—	1,126
40	37,53172	6	4,567	0,2	0,01564	—	2,252
50	46,91465	10	11,709	0,3	0,02346	—	3,378
60	56,29757	3	6,851	0,4	0,03128	—	4,540
70	65,68050	8	1,993	0,5	0,03910	—	5,630
80	75,06343	—	9,134	0,6	0,04691	—	6,756
90	84,44636	5	4,276	0,7	0,05473	—	7,882
				0,8	0,06255	—	9,008
100	93,82929	9	11,418	0,9	0,07037	—	10,134
200	187,65858	7	10,836				
300	281,48787	5	10,254	0,01	0,00078	—	0,113
400	375,31717	3	9,672	0,02	0,00156	—	0,225
500	469,14646	1	9,090	0,03	0,00235	—	0,338
600	562,97575	11	8,508	0,04	0,00313	—	0,450
700	656,80504	9	7,926	0,05	0,00391	—	0,563
800	750,63433	7	7,344	0,06	0,00469	—	0,676
900	844,46362	5	6,762	0,07	0,00547	—	0,788
				0,08	0,00626	—	0,901
				0,09	0,00704	—	1,013

Englische und Russische Fuß und Zoll in Preussischen Fuß, Zoll und Linien.

Engl. oder Russ. Fuß.	Preussische Fuß	Die Decimalen in Duodecimal.		Engl. oder Russ. Zoll	Preussische Fuß		Zoll Linien
		Zoll	Linien		Zoll	Linien	
1	0,97114	11	7,844	1	0 08093	—	11,654
2	1,94227	11	3,687	2	0,16186	1	11,307
3	2,91341	10	11,531	3	0,24278	2	10,961
4	3,88454	10	7,374	4	0,32371	3	10,615
5	4,85568	10	3,218	5	0,40464	4	10,268
6	5,82682	9	11,062	6	0,48557	5	9,922
7	6,79795	9	6,905	7	0,56650	6	9,575
8	7,76909	9	2,749	8	0,64742	7	9,229
9	8,74023	8	10,593	9	0,72835	8	8,883
				10	0,80928	9	8,536
10	9,71136	8	6,436	11	0,89021	10	8,190
20	19,42272	5	0,872				
30	29,13409	1	7,308	0,1	0,00809	—	1,165
40	38,84545	10	1,745	0,2	0,01619	—	2,331
50	48,55681	6	8,181	0,3	0,02428	—	3,496
60	58,26817	3	2,617	0,4	0,03237	—	4,661
70	67,97953	11	9,053	0,5	0,04046	—	5,827
80	77,69090	8	3,489	0,6	0,04856	—	6,992
90	87,40226	4	9,925	0,7	0,05665	—	8,158
				0,8	0,06474	—	9,323
100	97,11362	1	4,361	0,9	0,07284	—	10,488
200	194,22724	2	8,723				
300	291,34086	4	1,084	0,01	0,00081	—	0,117
400	388,45448	5	5,445	0,02	0,00162	—	0,233
500	485,56810	6	9,807	0,03	0,00243	—	0,350
600	582,68172	8	2,168	0,04	0,00324	—	0,466
700	679,79534	9	6,529	0,05	0,00405	—	0,583
800	776,90896	10	10,891	0,06	0,00486	—	0,699
900	874,02258	—	3,252	0,07	0,00567	—	0,816
				0,08	0,00647	—	0,932
				0,09	0,00728	—	1,049

Englische und Russische Fuß und Zoll in Wiener Fuß,
Zoll und Linien.

Engl. oder Russ. Fuß.	Wiener Fuß.	Die Decimalen in Duodecimal.		Engl. oder Russ. Fuß	Wiener Fuß Duodecimal.		
		Zoll	Linien		Zoll	Linien	
1	0,96423	11	6,849	1	0,08035	—	11,571
2	1,92845	11	1,697	2	0,16070	1	11,141
3	2,89268	10	8,546	3	0,24106	2	10,712
4	3,85691	10	3,395	4	0,32141	3	10,283
5	4,82114	9	10,244	5	0,40176	4	9,854
6	5,78536	9	5,092	6	0,48211	5	9,424
7	6,74959	8	11,941	7	0,56247	6	8,995
8	7,71382	8	6,790	8	0,64282	7	8,566
9	8,67805	8	1,639	9	0,72317	8	8,137
				10	0,80352	9	7,707
10	9,64227	7	8,487	11	0,88387	10	7,278
20	19,28455	3	4,975				
30	28,92682	11	1,462	0,1	0,00804	—	1,157
40	38,56909	6	9,945	0,2	0,01607	—	2,314
50	48,21137	2	6,436	0,3	0,02411	—	3,471
60	57,85364	10	2,924	0,4	0,03214	—	4,628
70	67,49591	5	11,412	0,5	0,04018	—	5,785
80	77,13819	1	7,899	0,6	0,04821	—	6,942
90	86,78046	9	4,386	0,7	0,05625	—	8,099
				0,8	0,06428	—	9,257
100	96,42273	5	0,874	0,9	0,07232	—	10,414
200	192,84547	10	1,747				
300	289,26820	3	2,621	0,01	0,00080	—	0,116
400	385,69093	8	3,494	0,02	0,00161	—	0,231
500	482,11367	1	4,368	0,03	0,00241	—	0,347
600	578,53640	6	5,241	0,04	0,00321	—	0,463
700	674,95913	11	6,115	0,05	0,00402	—	0,579
800	771,38187	4	6,989	0,06	0,00482	—	0,694
900	867,80460	9	7,862	0,07	0,00562	—	0,810
				0,08	0,00643	—	0,926
				0,09	0,00723	—	1,041

Der Cubikfuß hat 1728 Cubikzoll und enthält 0,028315312 Cubikmeter. Der Cubikzoll enthält 16,38618 Cubicentimeter.

Die Einheit der Hohlmaasse für alle Flüssigkeiten und für solche trockene Sachen, die nicht gehäuft gemessen werden, ist das Reichs-Gallon (Imperial-Gallon).

Dasselbe hat folgende Ober- und Unterabtheilungen:

Quarter.	Bushels.	Pecks.	Gallons.	Quarts.	Pints.
1	= 8	= 32	= 64	= 256	= 512.
	1	= 4	= 8	= 32	= 64.
		1	= 2	= 8	= 16.
			1	= 4	= 8.
				1	= 2.

Das Gallon enthält 277,274 englische Cubikzoll; dies sind 4,54346 Liter. Folglich enthält der Quarter für Getreide etc. = 17745,536 engl. Cubikzoll = 290,78 Liter.

Der Bushel — 2218,192 engl. Cubikzoll = 36,348 Liter.

Das Normal-Hohlmaass für Kohlen, Kalk, Fische, Kartoffeln oder Obst, so wie für alle anderen Waaren, die beim Verkauf gewöhnlich im Maasse gehäuft werden, ist der genannte Bushel. Dieser Bushel (nach der gesetzlichen Bestimmung verfertigt und mit der vorgeschriebenen Häufung berechnet), hält 2815 $\frac{1}{4}$ englische Cubikzoll = 46,13 Liter.

Das Chaldron hat 12 Säcke oder 36 Bushels, der Sack hat 3 Bushels, der gehäufte Bushel ist hienach von dem gestrichenen wohl zu unterscheiden.

Gewichte.

a) Troy-Gewichte.

Die Einheit des Gewichts ist das Imperial-Troy-Pfund. Das Troy-Pfund (Troy-Pound) hat 12

Unzen oder 240 Pfenniggewicht, die Unze (Dunce) hat 20 Pfenniggewicht oder 480 Grän; das Pfenniggewicht (Penny weigth) hat 24 Grän (Grains); dieses Pfd. hat also 5760 Grän.

Das Troypfund wiegt 273,246 Gramm.

Das Troypgewicht ist das Gold- und Silbergewicht, so wie auch das Apothekergewicht.

b) Handelsgewicht.

Das Handelsgewicht ist das Avoirdupoisgewicht. Der Centner (Hundertweigth) hat 112 Pfd. Avoirdupois; das Pfund hat 16 Unzen oder 256 Drachmen; die Unze Avoirdupois hat 16 Drachmen (Drams.)

Das Avoirdupois pfund ist auf 7000 Troypgrän festgesetzt worden und wiegt hiernach 453,598 Gramm. Der Centner enthält folglich 50,8026 Kilogramm.

Gewichtsvergleichung.

144 Avoirdupois pfund thun genau 175 Troypfund;
175 Troypunzen thun genau 192 Avoirdupois unzen.

R e g i s t e r.

B.

- Balanciers, Festigkeit 101.
 Bedeckung des Ventils 65.
 Brennmaterialien, vergleichende
 Verdampfungskraft ders. 48.

C.

- Calorimeter 51.
 Centrifugalkraft 9 u. f.
 Centrifugalpumpe 163.
 Centripetalkraft 9 u. f.
 Condensation oder Verdichtung
 des Dampfes 31.
 Condensationsmaschinen, Abän-
 derungen derselben 4.
 — große Geschwindigkeit der-
 selben 61 u. f.
 Condensator, Verhältnisse dess. 69.
 Cylinder, Anfertig. ders. 184 u. f.
 — Mäntel und deren Vortheile
 182 u. f.
 — Oberfläche ders. 196 u. f.
 — Oeffnungen u. deren Dimen-
 sionen 69 u. f.
 — Stärke derselben bei schwin-
 genden Maschinen 184.

D.

- Dampf, dessen Eigenschaften
 25 u. f.
 — übersättigter 25.
 — Verbrauch auf die Pferde-
 kraft 21 u. f.

- Dampfkammer der Locomotiv-
 kessel 146.
 Dampfkessel auf Schiffen, Zer-
 fressen 112 u. f.
 — Ausblasen derselb. 130—136.
 — bei Schiffen, Niederschläge
 130 u. f.
 — Bestimmung der Stärke der-
 selben 109 u. f.
 — Bestimmung von deren Fe-
 stigkeit 109 u. f.
 — Dampfkammer der, bei Loco-
 motiven 146 u. f.
 — der Dampfschiffe 112.
 — Construction derselben 115.
 — Infrustationen derselben 112.
 — der Dampfschiffe, Construc-
 tion 117 u. f.
 — Cornwalliser 34 u. f.
 — Explosionen ders. 139 u. f.
 — Locomotiven 143 u. f.
 — Niederschläge in denselben
 130 u. f.
 — Röhren d. bei Locomotiv. 149.
 — Unterstützung der Röhren der-
 selben 123.
 — wagenförmige 115 u. f.
 Dampfmaschinen, direct wir-
 kende 165.
 — doppelt wirkende 4 u. 5.
 — Leistung 45.
 — m. großer Geschwindigkeit 63.
 — Montirung derselben in den
 Maschinenbauanstalten 236.

- Dampfmaschinen auf d. Dampf-
schiffen 238.
— Verbesserungen ders. 255.
Dampföffnungen, Dimensionen
derselben 69 u. f.
Dynamometer. 152.
- E.**
- Einfach wirkende Maschine 5 u. f.
Eindlen der Maschinenzapfen u.
Zapfenlager 235.
Einsackhärtung 233.
Eisen, Festigkeit desselben 101.
Eisenbahnschienen, Adhäsion der
Räder an denselben 76.
Essen, interimistische oder Hilfs-
essen für Dampfschiffe 247.
— Verhältnisse derselben 49.
Excentrische Scheibe. 200 u. f.
Expansion des Dampfes 260.
— des Dampfes in den Cylind-
ern 22 u. f. 65 u. f. 260.
Expansionsventile, Wirkung der-
selben 203.
Explosion der Dampfkessel, Ur-
sache derselben 139 u. f.
- F.**
- Feuerbrücken 120.
Feuerkanäle, Dimensionen der-
selben 50 u. f. 124 u. f.
— Inkrustationen derselben 130.
Feuerroste d. Locomotiven 148.
- G.**
- Geschwindigkeit d. fallenden Kör-
per 6 u. f.
— der Maschinen 60.
- H.**
- Hähne, Pumpen und Röhren
211—222.
Heizoberfläche 34.
- Hochdruckdämpfe, Vortheile der-
selben 26.
Hochdruckdampfmaschine, Kraft
derselben 59 u. f.
Hydrometer 132.
- I.**
- Indicator 21.
Zucke's Feuerrost 42.
- K.**
- Katarakt 155.
Kesselsteinsammler 133.
Kesselsteinverhüter, Lamb's 133.
Kolben d. Dampfmaschinen, Con-
struction derselben 191.
Kolbenstange, Durchmesser 102.
Kraft der Dampfmaschinen 43 u.
f. 257 u. f.
— Messung derselben 20 u. f.
— d. Hochdruckmaschinen 59 u. f.
Kurbelstangen, Verhältnisse der-
selben 101 u. 105.
Kurbelwarze, Durchmesser 103.
- L.**
- Lamb's Kesselsteinverhüter 133.
Patente Wärme 24.
Locomotiven, Ankaufspreis und
Leistung 76.
— einzelne Theile ders. 111.
Locomotivführer, Pflichten der-
selben 249.
Locomotivkessel, s. Dampfkessel.
Locomotivräder 225 u. f.
Luftleere und deren Beschaffen-
heit 1 u. f.
Luftpumpe, einzelne Theile 206
— 208.
— für große Geschwindigkeiten
61 u. 62.
— Verhältnisse 69.

M.

Mechanische Kräfte 15.
 Meeresdampfmaschinen, Röhren,
 Pumpen und Hähne 211.
 — Betrieb derselben 247.
 Messing für Maschinentheile 234.
 Mittelpunkt d. Kreisbewegung 9.
 — des Drucks 90.
 Moment 8.
 Mung's Metall 234.

N.

Niederschläge in den Meeres-
 dampfschiffkesseln 130 u. f.
 Nominelle Pferdekraft 43 u. f.
 257 u. f.

P.

Pendel 13.
 Pferdekraft, wirkliche und no-
 minelle 43—47 u. f.
 Primen, Beschaffenheit u. Ur-
 sache derselben 137.
 Probirhähne 153.
 Pumpen, Röhren u. Hähne der
 Dampfmaschinen 211.
 Pumpenventile 160.

R.

Radzähne, Verhältnisse dersel-
 ben 103.
 Räder, Abhänftion derselben an
 den Schienen 76.
 — der Locomotiven 226 u. f.
 Rauchverbrennung 39.
 Reibung, Beschaffenheit dersel-
 ben 18 u. f.
 — Größe derselben 75 u. f.
 Röhren der Dampfkessel und
 Infrustation derselben 135.
 — der Locomotivkessel 149.
 Roststäbe 119.

Rotirende Dampfmaschinen 4 u. f.
 Ruderräder, Beschreibung der-
 selben 208 u. f.
 — Theorie derselben 87.
 — gefiederte 89 u. 177.

S.

Schieberventile 64 u. f. 199 u.
 f. 260 u. f.
 Schiffe, Widerstand derselben im
 Wasser 81.
 Schmiere für die Maschinen 19.
 Schraubendampfschiff 98 u. f.
 263.
 Schwerpunkt 8 u. f.
 Schwingende Dampfmaschinen
 167 u. f.
 — Dampfmaschinen, Zapfen der-
 selben 181.
 Schwingungsmittelpunct 9.
 Schwungräder 63.
 Schwungradwelle 103.
 Sicherheitsventil, Oberfläche 69.
 Specifische Wärme 24.
 Speisepumpen, Volum dersel-
 ben 30 u. 58.
 Stärke der verschiedenen Dampf-
 maschinentheile 101 u. f.
 Steinkohlenverbrauch auf die
 Pferdekraft 37.
 Steinkohlen, Verdampfungsver-
 mögen derselben 47.

T.

Ventile der schwingenden Ma-
 schinen 176.
 — Bedeckung u. Boreilen der-
 selben 65 u. f. 260 u. f.
 — Einrichtung derselben im All-
 gemeinen 196 u. f.
 — d. Expansionsmaschinen 203.
 Ventil v. Harvei & West 163.

- Verbrennung 38.
 Voreilen des Ventils 65.
- W.**
- Wärme, latente. 24.
 — specifische 24.
 Wasserhebungsdampfmaschine,
 Cornwalliser 156.
 Wassermenge, die zur Speisung
 eines Kessels erforderliche 30.
 — die zur Condensation erforderliche 31.
 Wasserstandszeiger 153.
- Widerstand d. Atmosphäre gegen
 Locomotiven 77—81.
 Wirkliche und nominelle Pferde-
 kraft 43—47.
- Z.**
- Zähler 152.
 Zapfen, Festigkeit derselben. 103.
 Zapfenlager, Eindlen ders. 235.
 Zerstörung der Meeresdampf-
 schiffkessel u. deren Ursachen
 112.
 Zugkraft auf d. Eisenbahnen 74.

Druck der Teubner'schen Officin in Leipzig.

124

