

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294817

Brennmaterial-Ersparung

oder

über die vortheilhaftesten wirklich angewandten
oder vorgeschlagenen Mittel

von

Ueber Brennmaterial-Ersparung.

Dr. Ernst Bede.

Dr. Carl Zickwolf



Proc. sub. Ill. D.T. V-8

Verlag von J. Neumann, Neudamm

Verlag von J. Neumann, Neudamm

Ueber

Brennmaterial-Ersparung

oder

über die vorzüglichsten wirklich angewendeten
oder vorgeschlagenen Mittel

bei

Dampfmaschinen den Dampf wohlfeil zu erzeugen
und zu verwenden

von

Dr. Emil Bede,

Professor der allgemeinen und der industriellen Physik an der Universität
zu Lüttich.

Aus dem Französischen übersetzt

von

Dr. Carl Zickwolff.



Inv. sub Litt. D. I. N^o 191

Brüssel und Leipzig.

Verlag von August Schnée.

1861.

Brennstoff-Ersparung

über die vorzüglichsten wirklich angewendeten
oder vorgeschlagenen Mittel

Dampfmaschinen den Dampf wohlfeil zu erzeugen
und zu verwenden

II 5412



Verf. und Hrsg. Dr. I. A. Schütz

Akt. Nr.

5161 50

I n h a l t.

	Seite
Einleitung.....	1
I. Allgemeine Sätze.	
1. Wärmeeinheit. — Wärmevermögen der Brennmaterialien.....	6
2. Bestimmung der Güte eines Dampfkessels in Bezug auf Kohlenersparniss.....	8
3. Luftvolumen, das zur Verbrennung der Steinkohlen nothwendig ist.....	18
4. Der Rauch.....	25
5. Rasche Verbrennung, langsame Verbrennung.....	28
6. Die verschiedenen Kohlsorten.....	31
II. Von den Feuerherden und den Luftzugapparaten.	
7. Einrichtung eines Dampferzeugungsapparats.....	34
8. Der Rauchfang.....	36
9. Abwärts führende Rauchfänge.....	64
10. Luftzug vermittelt Dampfeingusses.....	67
11. Mechanische Vorrichtungen zur Beförderung des Luftzugs.....	70
12. Der Herd.....	73
13. Rauchverzehrende Herde.....	98
14. Herde mit doppeltem Roste.....	100
15. Herde mit umgekehrter Flamme.....	109
16. Herde, die von unten geheizt werden.....	111
17. Herde mit Zuführung von Luft.....	113
18. Herde mit Gaserzeugern.....	118
19. Herde mit continuirlicher Ladung.....	128

VI

	Seite
20. Schluss des auf die Roste Bezüglichen.....	135
21. Von den Dampfkesseln.....	136
22. Material der Kessel.....	137
23. Fortpflanzung der Wärme durch die Wände der Kessel.....	138
24. Von der Dicke der Kessel.....	146
25. Probe eines Kessels.....	151
26. Construction der Kessel.....	153
27. Von den Dimensionen der Kessel.....	154
28. Von den verschiedenen Arten von Kesseln.....	167
29. Cylinderförmige Kessel.....	168
30. Cylinderförmige Kessel mit Siederöhrn.....	176
31. Kessel mit Heizöhrn.....	181
32. Kessel mit innern Feuerkanälen.....	191
33. Kessel mit inwendig liegendem Herde.....	195
34. Kessel mit innern Herde und innern Feuerkanälen.....	206
35. Neue Systeme von Dampferzeugern.....	225
36. Speisung der Kessel.....	229
37. Verkrustungen der Kessel.....	236
38. Fortführung von Wasser durch den Dampf.....	241
39. Anmerkung. — Ueber die Dicke der Kesselwände.....	245

Einleitung.

Unter den industriellen Fragen von allgemeinem Interesse ist diejenige, mit welcher sich gegenwärtige Abhandlung beschäftigt, unstreitig eine der wichtigsten.

Die Menge von Brennmaterial, die gegenwärtig verbraucht wird, ist so bedeutend, dass mancher denkende Kopf sich die Frage gestellt hat, ob nicht zu befürchten sei, dass über kurz oder lang die erschöpfte Erde uns dieses Betriebsmittel der Industrie nicht mehr liefern könnte. Ohne die Lösung dieser so wichtigen Frage zu versuchen, wollen wir in dem ungeheuern Kohlenverbrauche nur eine Veranlassung sehen, die durch denselben herbeigeführten bedeutenden Ausgaben nach Möglichkeit zu vermindern.

Die Steinkohle, sowol in ihrem natürlichen Zustande als auch in Coak umgewandelt, ist fast allgemein im Gebrauche, und wir werden hier keine andere Art von Brennmaterial berücksichtigen. Es wäre schwer die verschiedenen Verwendungsweisen der Steinkohle in der Industrie vollständig aufzuzählen. Hier wollen wir uns auf eine der wichtigsten beschränken, den Verbrauch bei Dampfmaschinen.

Eine einzige Angabe wird schon hinreichen, die Wichtigkeit dieser so vereinfachten Frage ins Licht zu stellen. Wenn die mir zugekommenen Angaben richtig sind, besitzt die Provinz Lüttich eine Anzahl von Dampfmaschinen, deren Gesamtkraft sich auf 20000 Pferdekräfte beläuft.

Man kann als Minimum für den Verbrauch dieser Maschinen auf jede Pferdekraft per Stunde 3 Kilogramm annehmen, also 36 K. in einem Tage, wenn wir die Dauer der täglichen Arbeitszeit auf 12 Stunden anschlagen, während doch viele Maschinen weit länger, ja manche sogar Tag und Nacht in Thätigkeit sind. Nach dieser Annahme beläuft sich der tägliche Verbrauch in der Provinz Lüttich auf 720000 K., mithin in einem Jahre zu 300 Arbeitstagen auf mehr als 200,000000 K. Man kann nun den mittlern Preis von 100 K. Kohlen auf 1 Franc 50 Centimes anschlagen; da es zwar Kohlen zu nur 90 oder selbst 70 Centimes per 100 K. gibt, der Verbrauch von solchen Kohlen aber auch weit mehr als 3 K. für jede Pferdekraft in einer Stunde betragen würde. Der Kohlenverbrauch bei Dampfmaschinen veranlasst also in unserer Provinz allein eine jährliche Ausgabe von 3,000000 Francs, selbst wenn wir denselben ausserordentlich niedrig veranschlagen. Ich bin vollkommen überzeugt, dass die Zahl 5,000000 der Wahrheit weit näher kommt als das Resultat der oben aufgestellten Berechnung.

Es ist ersichtlich, dass, wo es sich um so bedeutende Zahlen handelt, keinerlei Ersparnisse, wie gering dieselben auch im einzelnen erscheinen mögen, als unwichtig angesehen werden dürfen. Diese Ausgabe ist in der That eine Art von Zins, eine Abgabe, die wir der Natur für die von ihr gelieferte Bewegkraft entrichten. Wir tragen alle zu derselben bei; denn sie hat Einfluss auf den Preis von allen Erzeugnissen unserer Fabriken. Wir beklagen uns nicht über dieselbe, weil die meisten von uns diese Abgabe bezahlen ohne es zu wissen, und gar viele würden demjenigen eben nicht sonderlich dankbar sein, der Mittel zur Ersparniss von 5 bis 10% derselben entdeckte; während wir sicherlich sehr unzufrieden sein würden, wenn man die Abgaben der Provinz um eine Summe von 150000 bis 300000 Francs vermehren wollte, ohne dass hierzu eine absolute Nothwendigkeit zwänge.

Es sind vielfach Versuche angestellt worden, um eine so wünschenswerthe Ersparniss an Brennmaterial zu erzielen, und doch kann man nur eine sehr kleine Anzahl von wirklichen Erfolgen, nämlich von dauerhaften und regelmässigen Erfolgen in der Industrie aufzählen, die nicht von bedeutenden Uebelständen aufgewogen werden und mithin zu theuer bezahlt sind.

Ich beabsichtige nicht hier von den Verbesserungen zu sprechen, die an den Dampfmaschinen angebracht worden sind; es ist dies ein specieller Gegenstand, auf den ich vielleicht eines Tags zurückkommen werde, mit dem ich mich aber gegenwärtig nicht befassen will. Ich muss mich hier damit begnügen zu sagen, dass diese Verbesserungen sich lediglich auf Einzelheiten in der Construction der Maschinen, die Benutzung der Expansivkraft oder die Art und Weise der Vertheilung des Dampfes beziehen und nicht das Resultat erzielt haben, selbst bei unsern besten Dampfmaschinen, den Kohlenverbrauch bedeutend geringer zu machen als den, welchen vor 60 Jahren die von Watt gebauten Maschinen erforderten. Ich bin der Ueberzeugung, dass der Zeitpunkt nicht mehr fern ist, wo wir die Dampfmaschinen, wenn nicht gänzlich aufgegeben, doch wesentlich umgestaltet und in ihrem Principe durchaus modificirt sehen werden. Die Theorie hat in Bezug auf diesen Gegenstand ein Urtheil gefällt, dessen Wichtigkeit von den Maschinenbauern nicht länger verkannt werden darf; denn die, sowol in Bezug auf wissenschaftliche Kenntnisse als durch ihre praktischen Leistungen ausgezeichnetsten Ingenieure stimmen heute darin überein, dass die mechanische Theorie der Wärme den Beweis liefert, dass die besten Dampfmaschinen nur einen sehr geringen Theil der Kohlen, die sie verbrauchen, und zwar $\frac{1}{40}$, nützlich verwenden.

Diese Behauptung ist zu wichtig, als dass wir uns nicht vorbehalten sollten, einen Beweis dazu zu liefern, und die Versuche einer sorgfältigen Prüfung zu unterwerfen, die gemacht worden oder noch anzustellen sind,

um aus der Wärme als Kraftquelle einen bedeutendern Nutzeffect zu ziehen. Als Vorarbeit zur Untersuchung dieser Frage, die der Zukunft angehört, müssen wir den gegenwärtigen Zustand der Dampfmaschinen und Dampferzeugungsapparate näher ins Auge fassen. Wir werden keineswegs von allen den Apparaten sprechen, welche man erdacht oder versucht hat. Es wäre dies eine Arbeit von sehr zweifelhaftem Nutzen; denn es ereignet sich gar oft, dass gerade, wenn man zu vielerlei zugleich ins Auge fasst, man dasjenige nicht sieht, was gesucht wird. Wir werden uns deshalb darauf beschränken, diejenigen Apparate zu beschreiben, deren vorzügliche Brauchbarkeit die Erfahrung dargethan hat; wir werden uns ferner bestreben, alle die Bedingungen auseinanderzusetzen, denen bei dem Baue derselben genügt werden muss; auch werden wir angeben, welche Mängel die verschiedenen Arten von Apparaten haben, und welche Hindernisse beseitigt werden müssen, um bei denselben eine relative Vollkommenheit zu erzielen. Wir werden uns ebenfalls mit denjenigen Apparaten beschäftigen, die zwar nicht von den Gewerbtreibenden ohne alle Beanstandung aufgenommen werden, aber doch solche Vortheile darbieten, dass unter gewissen Umständen deren Anwendung empfehlenswerth erscheint. Endlich werden wir auch gewisse Ideen in Bezug auf Einrichtungen, behufs der Kohlenersparniss bei Dampfmaschinen, prüfen, und untersuchen, auf welche Hindernisse man bei deren Realisation gestossen ist.

Zuerst werde ich mich mit den Feuerherden und den Luftzugapparaten, die bei den Kesseln der Dampfmaschinen in Anwendung kommen, befassen; dann mit den Dampferzeugern; endlich mit den Apparaten, die zwischen dem Dampfkessel und der eigentlichen Maschine liegen und dazu dienen, den grösstmöglichen Vortheil aus dem durch die Erzeugungsapparate gelieferten Dampfe zu ziehen, sei es vor dessen Eintritt in die Maschine, sei es nach dem Austritte aus derselben.

Indem wir den Lesern diesen Plan unserer Arbeit vorlegen, müssen wir denselben ausdrücklich bemerklich machen, dass wir keineswegs ein vollständiges Lehrbuch der industriellen Physik zu schreiben beabsichtigen; noch selbst diesen Gegenstand so zu behandeln vorhaben, wie dies in Vorlesungen über denselben geschehen würde. Unser Zweck ist der, eine Auseinandersetzung zu liefern, die wir allen Gewerbtreibenden zugänglich zu machen suchen, um diese dadurch in den Stand zu setzen, selbst den Werth der Dampfapparate zu erkennen, welche sie besitzen oder deren Anwendung ihnen vorgeschlagen wird.

Ehe wir zur Beschreibung der Apparate übergehen, die wir studiren wollen, halte ich es für passend, sorgfältig einige allgemeine Principien auseinanderzusetzen und festzustellen, damit in der Folge nichts ohne Beweis und hinreichende Begründung behauptet werde.

I. Allgemeine Sätze.

1. Wärmeeinheit. — Wärmevermögen der Brennmaterialien.

Man weiss nicht, was die Wärme an und für sich ist; aber man kennt die Wirkungen, die sie hervorbringt, und man ist im Stande dieselbe genau zu messen. Es ist mithin nicht möglich eine strenge Definition davon zu geben, was man unter Wärmequantum versteht, obgleich man eine ziemlich klare Vorstellung von einem solchen hat und es leicht ist, Wärmequanten untereinander zu vergleichen. So wird selbst ein wenig intelligenter Heizer erkennen, dass eine gewisse Kohlensorte doppelt so viel Hitze gibt als eine andere, wenn er bemerkt, dass, um dasselbe Dampfquantum zu erzeugen, doppelt so viel Kohlen von der zweiten Gattung wie von der ersten erforderlich sind.

Um Wärmemengen zu messen, hat man zum Vergleichungspunkte, zur Wärmeeinheit, dasjenige Wärmequantum gewählt, das erforderlich ist, um die Temperatur eines Kilogramms Wasser um einen Grad des hundertgradigen Thermometers zu steigern.¹⁾ Man hat nun

1) Da solche Leser, die mit den Lehrsätzen der Physik vertraut sind, unsere Erklärungen und unsere Angaben zu ungenau finden könnten, so müssen wir ihnen hier ein für allemal erklären, dass wir unsern Gegenstand soviel wie möglich vom praktischen Standpunkte aus ansehen und deshalb auf die geringen Irrthümer

erkennt, dass man mittelst der vollkommenen Verbrennung von 1 K. guter Steinkohlen 7500 K. Wasser um einen Grad erwärmen kann, oder, was dasselbe bedeutet, 750 K. Wasser um 10° , und man sagt, dass die Verbrennung von 1 K. Kohle 7500 Wärmeeinheiten hervorbringt. Diese Zahl 7,500 drückt das Wärmevermögen der Steinkohlen aus.

Man hat das Wärmevermögen einer grossen Anzahl von Brennstoffen bestimmt, sowol fester als auch flüssiger und luftförmiger. Diese Bestimmung ist bei weitem nicht von so grosser Wichtigkeit, als man anzunehmen versucht ist, weil die Umstände, unter denen dieselbe vorgenommen wird, bei der praktischen Verwendung der Brennmaterialien nicht ganz dieselben sind, und es gar wohl geschehen kann, dass ein Brennstoff beim Verbrennen unter den Umständen, die bei der theoretischen Untersuchung vorkommen, ein grösseres Wärmevermögen als ein anderer besitzt, während der letztere beim Verbrennen in einem Feuerherde eine grössere Hitze entwickelt als der erstere; sei es nun, weil er keines so bedeutenden Luftzugs bedarf, sei es infolge irgend-einer andern ähnlichen Ursache. Wenn es sich um Steinkohlen handelt, welche Bedeutsamkeit können einige vereinzelte Versuche haben, die mit kleinen, kaum einige Gramme schweren Stücken angestellt werden? Die Gewerbetreibenden können daher nicht daran denken, sich auf die Resultate wissenschaftlicher Versuche zu stützen, wenn es sich darum handelt zu bestimmen, welches Brennmaterial für ihre Feuerherde passt oder nicht. Ein Versuch, welcher unter denselben Umständen wie bei dem gewöhnlichen Gange ihrer Oefen vorgenommen wird, kann ihnen allein die nöthige Aufklärung verschaffen, und jeder denkende und ökonomische Gewerbetreibende muss anfangs Versuche mit verschiedenen Kohlensorten an-

keine Rücksicht nehmen, die begangen werden, wenn man den Werth der specifischen Wärme, die Totalwärme des Dampfes u. s. w. als constant betrachtet.

stellen, und während mehrerer Tage die verbrauchte Menge einer jeden Sorte genau bestimmen. Es sind uns Fälle bekannt, wo eine bedeutende Ersparniss dadurch erzielt wurde, dass man Kohlen brannte, deren Preis ein hoher war, während in andern Fällen es sich herausstellte, dass die vorzüglichern Eigenschaften der theuerern Kohlen nicht die Höhe des Preises aufzuwiegen vermochten und es im Interesse des Industriellen lag, Kohlen der wohlfeilsten Sorte zu verwenden. Sehr häufig gibt der Luftzug den Ausschlag: die mittelmässigen Kohlensorten erheischen im allgemeinen einen stärkern Luftzug. Ueberhaupt darf man den Umstand nie aus den Augen verlieren, dass nichts kostspieliger ist, als einen Feuerherd mit unzureichendem Luftzuge zu heizen, weil man gezwungen ist beständig zu schüren und die Kohlen auf dem Herde umzuwenden, was nicht geschehen kann, ohne den Herd häufig zu öffnen. Hierdurch entsteht ein bedeutender Wärmeverlust, sowol weil die kalte Luft in den Herd dringt, als auch dadurch, dass noch nicht vollständig verbrannte Kohlen durch den Rost fallen. Ist mithin der Luftzug unzulänglich, sei es nun infolge der schlechten Construction des Herdes oder des Rauchfanges, oder weil man einer grössern Menge Dampfes bedarf, so ist es fast immer vortheilhaft, gute Kohlen zu gebrauchen, deren Verbrennung leicht und vollständig vor sich geht.

2. Bestimmung der Güte eines Dampfkessels in Bezug auf Kohlenersparniss.

Obgleich die Ermittlung des Wärmevermögens der Brennmaterialien, vom praktischen Standpunkte aus, keineswegs so wichtig ist, als es auf den ersten Blick erscheint, so kann dieselbe doch zu nützlichen Resultaten führen. Ich will ein Beispiel hiervon geben: Man hat, wie ich bereits gesagt habe, erkannt, dass 1 K. guter Kohlen durch vollständige Verbrennung 7500 Wärme-

einheiten entwickeln würde. Andererseits weiss man, dass zur Bildung von 1 K. Dampf 650 Wärmeeinheiten erforderlich sind, und es müsste mithin 1 K. Steinkohlen $\frac{7500}{650}$ oder 11,5 K. Wasserdampf entwickeln, während bei den meisten Dampfkesseln nur 5 bis 6 K. Dampf durch 1 K. Kohlen erzeugt werden.

Man ersieht hieraus, dass wir nur die Hälfte der Kohlen nützlich verwenden, die wir in unsern Herden verbrennen. Der Luftzug durch den Rauchfang kostet, wie wir bald sehen werden, ungefähr 25% der Wärme, welche durch die Kohlen entwickelt wird; es kommt mithin auf den Feuerherd selbst ein Verlust von 25%, der durch bessere Vorrichtungen wenigstens theilweise vermieden werden könnte, und dies bezweckt man bei den Einrichtungen gewisser Dampfkessel. Aus dem vorhin Gesagten geht hervor, dass das beste Mittel, um zu erkennen, ob ein Dampfkessel ökonomisch ist oder nicht, darin besteht, die Menge von Dampf zu messen, den derselbe per Kilogramm Steinkohle liefert. So oft man mehr als 6 K. Dampf erhält, kann man das Resultat als günstig betrachten.

Die Untersuchung kann, während die Maschine im Gange ist, in folgender Weise angestellt werden. Man merkt auf der Röhre des Weisers genau die Höhe des Wasserspiegels im Kessel an, und zwar in einem Augenblicke, wo der Feuerherd in voller Thätigkeit ist. Von diesem Augenblicke an wiegt man sorgfältig die Brennmaterialien, die in den Herd kommen, und zählt, mittelst eines Zählers, die Zahl der wirksamen Kolbenhübe der Speisepumpe, indem man den Zähler jedesmal anhält, wenn der Kolben sich nutzlos hebt, das heisst kein Wasser dem Kessel zuführt.

Nach Verlauf einiger Stunden unterbricht man das Experiment, gerade in einem Augenblicke, wo der Wasserspiegel sich genau auf derselben Höhe befindet wie anfangs. Vermittelst der Hublänge und der Grösse des

Kolbendurchmessers der Speisepumpe berechnet man das Wasservolumen, das bei jedem Kolbenhube eingespritzt worden ist, und der Zähler zeigt die Anzahl der Kolbenhübe während der Dauer des Experiments an. Man kennt mithin das Volumen des eingespritzten und verdampften Wassers, da die Höhe des Wasserspiegels zu Anfang und zu Ende des Experiments dieselbe war. Das in Litern berechnete Wasservolumen liefert das Gewicht des entwickelten Dampfes, welches man durch das in Kilogrammen ausgedrückte Gewicht der verbrauchten Kohlen zu dividiren hat.

Das angegebene Verfahren kann zu Irrthümern führen, deren wichtigste folgende sind:

1) Da der Wasserdampf mehr oder weniger Wasser mit sich fortreisst, so ist das Gewicht des verbrauchten Wassers nicht genau dem des wirklich in Dampf verwandelten gleich, und dieser Umstand könnte Anlass geben, einen sehr schlechten Kessel für gut zu halten, weil gerade infolge seiner schlechten Einrichtung, die Menge des vom Dampfe mitgeführten Wassers bedeutend wäre. Es ist zu bemerken, dass diese Wassermenge sich bis zu einem Drittel des Dampfes erheben kann, mit dem sie vermischt ist. Dieser Uebelstand findet besonders bei zu kleinen Dampfbehältern statt.

2) Zuweilen lässt der Pumpenkolben oder ein Ventil Wasser entweichen, und dann ist das Volumen des mit jedem Kolbenhube eingespritzten Wassers kleiner, als das durch die Berechnung ermittelte Volumen. Diese Ursache führt, wie die erste, zu einem zu günstigen Resultate.

Die angeführten Veranlassungen zu Irrthümern sind zu wichtig, als dass man nicht einer andern Untersuchungsmethode den Vorzug geben und es vorziehen sollte, an einem Tage, wo die Maschine gänzlich oder theilweise in Ruhe ist, vollständige Experimente anzustellen.

Der einzuschlagende Gang ist einfacher und führt zu vollständigeren Resultaten.

Während der Feuerherd in voller Thätigkeit ist und die Dampfmaschine mit einem Theile ihrer gewöhnlichen Last sich dreht, indem sie zugleich die Speisepumpe im Gange erhält, lässt man den Wasserspiegel im Kessel um 7—8 Centimeter über seine gewöhnliche Höhe steigen und den Manometer bis zu einem Punkte, der einem etwas geringern Drucke entspricht, als der ist, unter welchem das etwas weniger wie gewöhnlich belastete Sicherheitsventil sich öffnen würde. Man unterbricht alsdann die Bewegung der Speisepumpe und bestimmt die Höhe des Wasserspiegels mittelst einer kleinen, in Millimeter getheilten Scala, die am Wasserstandsmesser angebracht ist. Von diesem Augenblicke ab misst man die Kohlen, die in der gewöhnlichen Weise in den Herd kommen. Bald wird der Druck im Kessel stärker, die nur leicht belastete Maschine verbraucht nur einen Theil des Dampfes und das Sicherheitsventil lässt einen andern Theil desselben entweichen. Zugleich sinkt der Wasserspiegel. Ist dieser so tief gesunken, als es die Rauchableitungsröhren erlauben, so beendigt man das Experiment und liest auf der Scala die Höhe des Wasserspiegels.

Um den Grad von Genauigkeit zu ermitteln, zu dem man bei diesem Verfahren gelangen kann, nehmen wir an, der mit Siederöhren versehene Kessel habe 8 Meter Länge und einen Durchmesser von 1,20 Meter; die Länge der Siederöhren sei dieselbe und deren Durchmesser gleich 0,60 Meter. Nehmen wir nun an, dass die Hälfte der Oberfläche des Kessels und die gesammte Oberfläche der Siederöhren die Heizfläche bilden, so finden wir, dass diese 45 Quadratmeter beträgt, auch dass jeder Quadratmeter der Heizfläche stündlich 20 Kilogramme Dampf entwickelt, so werden in jeder Stunde 900 Kilogramme Dampf erzeugt. Die entsprechenden 900 Liter Wasser nehmen im Kessel über der Heizfläche eine Höhe von etwa 110 Millimeter ein. Es wäre leicht, auf der Scala bis auf einen Millimeter ge-

nau die Aenderungen des Wasserspiegels zu bestimmen, und mithin höchstens einem Irrthume von $\frac{1}{100}$ ausgesetzt zu sein.

Die einzige Schwierigkeit könnte von der Wallung des Wassers im Kessel herkommen; man kann aber diese leicht beseitigen, indem man momentan das Sicherheitsventil stark belastet und den Hahn der Zulassungsröhre der Maschine schliesst. Die 900 K. verdampften Wassers würden einem Verbrauche von 100—200 K. Kohlen entsprechen, welche Menge zu gross ist, als dass bedeutende Irrthümer begangen werden könnten. Das Experiment könnte übrigens mehrere Stunden lang fortgesetzt werden, indem man von Zeit zu Zeit den Kessel wieder füllte. Der durch das während der Speisung verbrauchte Dampfvolumen veranlasste Irrthum wäre unbedeutend und könnte übrigens annähernd berechnet werden.

Wir müssen jetzt die Bemerkung machen, dass bei dem eingeschlagenen Verfahren die Masse des per Kilogramm Kohlen erzeugten Dampfes bedeutender ist als die, welche man zu bestimmen sucht, denn das Experiment beginnt erst, wenn das Wasser bereits siedet und der Dampf schon einen gewissen Druck ausübt. Mithin hat nicht jedes Kilogramm Dampf zu seiner Erzeugung 650 Wärmeeinheiten erfordert, sondern höchstens 550, und es kann 1 K. Kohlen, welches 7500 Wärmeeinheiten liefert, $\frac{7500}{550}$ oder 13,6 K. bereits siedendes Wasser in Dampf verwandeln. Es kann sich aus diesem Grunde ereignen, dass man auf dem angegebenen Wege der Untersuchung findet, dass gewisse Dampfkessel 8—10 K. Dampf für jedes Kilogramm Kohlen liefern. Man muss deshalb im allgemeinen die gefundene Zahl im Verhältnisse von 550 zu 650 reduciren, um die Dampfproduction des Dampfkessels für den Fall, wo derselbe mit kaltem Wasser gespeist wird, zu berechnen.

Diese Experimente scheinen mir sehr wichtig, weil sie es ermöglichen, ohne grosse Mühe mit fast absoluter Gewissheit die Vorzüglichkeit gewisser Systeme von Dampfkesseln zu erkennen, während die einfache Vergleichung gewisser Systeme untereinander zuweilen fast unmöglich ist, infolge der Schwierigkeit die Versuche unter identischen Umständen anzustellen.

Im allgemeinen nehmen die Gewerbtreibenden eine Dampfmaschine nur unter dem Vorbehalt an, dass der Kohlenverbrauch ein gewisses Maximum nicht übersteigen dürfe und nachdem die Maschine mit der Prony'schen Bremse oder dem Anzeiger von MacNaught erprobt worden ist.

Diese Versuche sind weniger leicht und weniger sicher als diejenigen, die wir angegeben haben, und man muss sich mithin darüber verwundern, diese letztern so selten angewendet zu sehen. Allerdings bezweckt man in den meisten Fällen nur die Bestimmung des Gesamtverbrauchs einer Dampfmaschine, und betrachtet dabei den Kessel als einen integrierenden Theil von dieser. Jedenfalls müsste wenigstens der Verfertiger der Maschine ausser dem Versuche mit der Bremse auch den Kessel einer besondern Prüfung unterwerfen. Wie oft ist es nicht vorgekommen, dass, wenn jener Versuch erkennen liess, dass der Kohlenverbrauch zu bedeutend sei, man sich bemühte, den Uebelstand durch Nachhülfe am Kolben, an den Gleitstangen u. s. w. zu verringern, während der wahre Grund des zu starken Verbrauchs in dem Dampfzeugungsapparate lag? Nur dann pflegt man auf diesen besonders zu achten, wenn sein Bau sichtbar fehlerhaft ist. Fast immer wird ein Dampfkessel für gut gehalten, wenn er eine hinreichende Dampfmenge liefert, wie theuer auch dieses Resultat erkauft sein mag.

Es gibt nur einen Grund, welcher die Gleichgültigkeit der Gewerbtreibenden und der Maschinenbauer in Bezug auf die Dampfzeuger erklärlich macht, dieselbe

aber keineswegs entschuldigt: nämlich der Umstand, dass die Versuche, die angestellt worden sind, um die Production des Dampfes zu messen, zu nur wenig voneinander verschiedenen Resultaten geführt haben. So z. B. brachten bei den durch Herrn Cavé angestellten Versuchen die verschiedenen Dampfkessel fast dasselbe Dampfquantum per Kilogramm Kohlen hervor.

Es wäre aber höchst unvorsichtig, diesem Resultate allgemeine Geltung zuzuschreiben, und es gehörte eine sonderbare Sorglosigkeit dazu, aus einer sehr kleinen Anzahl von Versuchen den Schluss ziehen zu wollen, die Wahl und die Prüfung eines Dampferzeugungsapparats seien unnöthig, weil die Apparate dieser Art alle von gleicher Güte seien.

Wir werden auf diesen Punkt zurückkommen, wenn wir die verschiedenen Arten von Dampfkesseln beschrieben haben werden, die gegenwärtig gebraucht werden. Bei dem bisher Gesagten hatten wir nur den Zweck, auf eine wichtige Anwendung der wissenschaftlichen Lehren über das Wärmevermögen der Brennmaterialien und über die Totalwärme des Dampfes hinzuweisen. Noch müssen wir bemerklich machen, dass die erste Angabe nicht vollkommen genau ist, indem die Zahl 7500 dem Wärmevermögen der besten Qualität von Kohlen entspricht, während die weniger guten Kohlsorten weit weniger Wärme hervorbringen. Die gewöhnlichen Kohlen entwickeln 6000 Wärmeeinheiten und gewisse sehr mittelmässige Sorten liefern deren nur 3000. Die erdharzhaltigen Schiste verdienen hier gar keiner Erwähnung, da dieselben nur 2—300 Wärmeeinheiten hervorbringen.

Will man mithin die von uns dringend empfohlenen Versuche vornehmen, so muss man dabei entweder Kohlen der besten Sorte verwenden oder doch von guter gewöhnlicher Sorte, und in letzterm Falle nur auf die Entwicklung von 6000 Wärmeeinheiten rechnen, denen eine Maximalproduction von 9 K. Dampf entspricht.

Es gibt noch andere Experimente über das Wärmeentwickelungsvermögen der Steinkohlen, deren Resultate zu merkwürdig sind, als dass wir dieselben mit Stillschweigen übergehen könnten, und von denen wir eine wichtige Anwendung anführen werden. Dulong hat gefunden, dass der Kohlenstoff (der Hauptbestandtheil unserer Brennmaterien) beim Uebergange in den Zustand von Kohlenoxyd, welches Gas der erste Grad der Verbrennung des Kohlenstoffs ist, 1386 Wärmeeinheiten entwickelt, und dass derselbe 7170 Wärmeeinheiten bei seiner Verwandlung in Kohlensäure, die das Resultat seiner vollkommensten Verbrennung ist, hervorbringt. Man ersieht hieraus, dass ein Feuerherd, der so schlecht eingerichtet wäre, dass der Kohlenstoff nur in Kohlenoxyd verwandelt würde, bei demselben Kohlenverbrauche nur den fünften oder den sechsten Theil derjenigen Wärmemasse hervorzubringen vermöchte, die vermittelst eines Feuerherdes entwickelt werden könnte, wo die Verbrennung vollständig stattfände und die ganze Masse von Kohlenstoff in Kohlensäure überginge.

Diese beiden äussersten Fälle kommen allerdings in der Wirklichkeit niemals vor, aber die grosse Verschiedenheit der beiden angeführten Zahlen mag dazu dienen, auf die Wichtigkeit einer möglichst vollständigen Verbrennung aufmerksam zu machen. Das Kohlenoxydgas ist übrigens nicht das einzige Gas, welches mit dem Rauche unserer Herde entweicht. Es entwickelt sich auch häufig Wasserstoff, obwol immer in unbedeutender Quantität, den man nicht unberücksichtigt lassen darf, da das Wärmevermögen dieses Gases sehr bedeutend ist und 34740 Wärmeeinheiten beträgt.

In seinem Berichte über die Mittel den Rauch zu verbrennen oder zu vermeiden (*«Annales des Mines», 4^e série, XI, 149*), sagt Herr Combes, die Quanten brennbarer Gase, die während der Experimente, denen er beiwohnte, entwichen ohne zu verbrennen, seien zu unbedeutend, um in Anschlag gebracht zu werden.

Die von Herrn Debette mitgetheilten Analysen, die in dem Berichte stehen, erlauben es mir aber durchaus nicht, die Ansicht des Herrn Combes zu theilen.

Nimmt man die mittlere der sieben Analysen, die Herr Debette mit den Gasen eines mit Steinkohlen geheizten Feuerherdes anstellte, so ergeben sich bezüglich folgende Quanten von Kohlenoxyd, von Kohlensäure und von Wasserstoff:

Kohlensäure	9,70
Kohlenoxyd	0,74
Wasserstoff	0,61.

Wir ziehen hier den vorgefundenen Sauerstoff und den Stickstoff nicht in Betracht, die mit den andern Gasen vermischt waren. Mit Berücksichtigung der angeführten Zahlen und des uns bekannten Gewichtes eines Kubikmeters der verschiedenen Gase, können wir sagen, dass unter 11,05 Kubikmeter der in einem Feuerherde entwickelten Gase sich vorfinden:

- 9,70 Kubikmeter Kohlensäure, die 19,30 K. wiegen,
- 0,74 Kubikmeter Kohlenoxyd, die 0,93 K. wiegen,
- 0,61 Kubikmeter Wasserstoff, die 0,05 K. wiegen.

Man weiss nun, dass ein Kilogramm Kohlensäure ungefähr $\frac{3}{11}$ K. und 1 K. Kohlenoxyd ungefähr $\frac{3}{7}$ K. Kohlenstoff enthalten. In 19,30 K. Kohlensäure befinden sich mithin 5,26 Kohlenstoff, welche bei der Umwandlung in Kohlensäure $5,26 \times 7170$ oder 37714 Wärmeinheiten hervorgebracht haben.

0,93 K. Kohlenoxyd enthalten 0,40 K. Kohlenstoff, die bei der Umwandlung in Kohlenoxyd $0,40 \times 1386$ oder 554 Wärmeinheiten entwickelt haben, während dasselbe Quantum Kohlenstoff beim Uebergange in Kohlensäure $0,40 \times 7170$ oder 2868 Wärmeinheiten geliefert hätte.

Endlich hätten 0,05 K. Wasserstoff $0,05 \times 34740$ oder 1737 Wärmeinheiten entwickeln können.

Man hat also $37714 + 554$ oder 38268 Wärmeinheiten erhalten, während, wenn die Gase, die sich der Verbrennung entzogen haben, ebenfalls verbrannt wären,

37714 + 2868 + 1737, mithin im ganzen 42319 Wärmeeinheiten hervorgebracht worden wären. Der Verlust an Wärme beträgt also 10% des wirklich entwickelten Wärmequantums, und ist mithin keineswegs unbedeutend.

Wenn wir nun, statt unserer Berechnung die mittlere der Analysen des Herrn Debette zu Grunde zu legen, die erste dieser Analysen besonders betrachten, so finden wir dabei 8,49 Kohlensäure, 2,70 Kohlenoxyd und keinen Wasserstoff.

Nehmen wir mit diesen Angaben eine neue, der obigen ähnliche Berechnung vor, so ergibt sich ein Wärmeverlust von 24%, und dieser Verlust ist nicht nur nicht unwichtig, sondern sogar sehr bedeutend.

Die letzte Analyse des Herrn Debette gibt 7,73 Kohlensäure, 0,01 Kohlenoxyd und 1,63 Wasserstoff. Der von der Nichtverbrennung dieses letztern Gases herrührende Wärmeverlust beträgt nicht weniger als 16%.¹⁾

Zu dem Gesagten müssen wir hinzufügen, dass, der

1) Man kann leicht die allgemeine Formel aufstellen, durch welche der Verlust berechnet wird, welcher von den verbrennbaren Gasen herrührt, die unverbrannt entweichen. Bezeichnen wir mit v , v' , v'' die Volumen von Kohlensäure, von Kohlenoxydgas und von Wasserstoffgas, so wird, bezüglich zur wirklich entwickelten Wärme, der Wärmeverlust durch folgende Formel ausgedrückt:

$$v' \times 1,257 \times \frac{3}{7} (7170 - 1386) + v'' \times 0,0897 \times 34740$$

$$v \times 1,98 \times \frac{3}{11} \times 7170 + v' \times 1,257 \times \frac{3}{7} \times 1386$$

$$= \frac{3118 \cdot v' + 3116 \cdot v''}{3872 v + 747 v'}$$

Diese Formel kann auf die Form $\frac{v' + v''}{1,25 v + 0,19 v'}$ oder

annähernd $5 \frac{v' + v''}{6 v + v'}$ gebracht werden.

Wir müssen übrigens hier die Bemerkung machen, dass wir das wirklich verbrannte Wasserstoffgas nicht mit in Anschlag gebracht haben, was den Verlust verringern muss.

Erklärung des Herrn Combes zufolge, die Feuerherde, deren Gase Herr Debette analysirt hatte, in ihrem Gange nichts zu wünschen übrig liessen und wenig Rauch hervorbrachten. Unsere Herde führen also unter günstigen Umständen, infolge der Unvollständigkeit der Verbrennung, zu einem mittlern Verluste von 10%, und selbst unter diesen günstigen Umständen können zufällige Einwirkungen oder schlechte Feuerung den Verlust bis auf 24% steigern. Wie gross wird nun der Verlust bei schlecht gebauten Herden sein?

Die Analyse der Gase, die bei der Verbrennung der Steinkohlen in unsern Herden gebildet werden, bietet keine ernstlichen Schwierigkeiten dar, und ist selbst sehr leicht, wenn man nicht einer grossen Genauigkeit bedarf. Wir geben deshalb den Gewerbtreibenden den Rath, ausser den Versuchen zur Bestimmung der in ihren Herden und Kesseln erzeugten Wärmemenge auch die Analyse der Gase ihrer Rauchfänge vornehmen zu lassen, so oft sie irgendeinen Zweifel in Bezug auf den Luftzug derselben haben.

3. Luftvolumen, das zur Verbrennung der Steinkohlen nothwendig ist.

Die Steinkohle enthält zwei brennbare Bestandtheile, Kohlenstoff und Wasserstoff. Das in einem Kilogramm Kohlen enthaltene Quantum von Kohlenstoff ist, je nach den Kohlensorten, verschieden, und beträgt bei gewissen magern Kohlen nur 77%, während es bei gewissen fetten Kohlen (Backkohlen) bis über 90% steigt. Das Quantum von Wasserstoff, welcher Bestandtheil weit weniger bedeutend ist, beläuft sich fast immer auf etwa 5%. Ausser diesen brennbaren Elementen enthalten die Steinkohlen auch Sauerstoff, der bei magern Kohlen etwa 16%, bei fetten aber nur 4% beträgt. Auch findet sich

in den Kohlen ein sehr unbedeutendes Quantum von Stickstoff.

Bei der vollständigen Verbrennung der Steinkohlen geht der Kohlenstoff durch Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft in Kohlensäure über, während der Wasserstoff sich theils mit dem Sauerstoff der Luft, theils mit dem der Kohlen verbindet und Wasser bildet. Man sieht ein, dass es infolge der durch die Chemie festgestellten Resultate leicht ist, zu ermitteln, wie viel Sauerstoff gebraucht wird, um den in einem Kilogramme enthaltenen Kohlenstoff in Kohlensäure zu verwandeln. Da wir nun wissen, dass die atmosphärische Luft 21% Sauerstoff enthält, kann das Volumen Sauerstoff berechnet werden, dessen es zur Verbrennung von einem Kilogramme bedarf, da zur Verbrennung des Wasserstoffs nur ein geringes Quantum von Sauerstoff erforderlich ist, und man mithin nur den Kohlenstoff in Anschlag zu bringen braucht. Man findet auf diese Weise, dass etwa 9 Kubikmeter kalter atmosphärischer Luft erforderlich sind, um ein Kilogramm Kohlen zu verbrennen. Es wäre jedoch unvorsichtig, wenn man bei der Einrichtung der Herde sich an dieses Resultat der Theorie halten wollte. In der Praxis muss man hier, wie immer, in Bezug auf die Resultate theoretischer Untersuchungen verfahren, die man als äusserste Grenzen betrachtet, von denen man sich sehr fern halten muss. Gewöhnlich verdoppelt, verdreifacht, ja verfünffacht man in der Praxis die Zahlen, die sich aus der Theorie ergeben. In gegenwärtigem Falle muss man die gefundene Zahl wenigstens verdoppeln und eine Masse von 18 Kubikmetern Luft als zur Verbrennung von 1 K. Kohlen nöthig betrachten. In der That hat die Erfahrung gelehrt, dass, selbst unter günstigen Umständen, die Hälfte der in den Herd geleiteten Luft nicht zur Verbrennung beigetragen hatte, während diese doch nicht so vollständig wie möglich gewesen war; da die Asche und der Rauch noch brennbare

Stoffe enthielten, die sich der Verbrennung entzogen hatten, obgleich das feuernährende Element im Ueberfluss vorhanden war.

In unsern Augen ist die soeben erörterte Frage von grosser Wichtigkeit. Ohne den von uns angegebenen Zahlen eine gar zu grosse Genauigkeit beizulegen, halten wir dafür, dass es von Nutzen ist solche Daten zu kennen, weil dieselben bei den Anwendungen zu Führern dienen und langes Herumtappen ersparen. In andern Fällen dient die Theorie dazu, die Resultate der Erfahrung zu prüfen und zu bestätigen. So z. B. wenn eine gewisse Vorrichtung häufig gute Resultate geliefert hat, und man überdies erkennt, dass diese Resultate ganz mit den Ergebnissen der Theorie im Einklange stehen, so erlangt man die vollkommenste Gewissheit von der allgemeinen Wirksamkeit der Vorrichtung. Was aber die oben untersuchte Frage ganz besonders zu einer wichtigen für uns macht, ist der Umstand, dass dieselbe einen integrirenden Theil eines für die Praxis höchst interessanten Problems ausmacht, nämlich des Problems:

Ist es vortheilhaft in einen Herd eine grössere Menge von Luft als diejenige, die zur Verbrennung durchaus erfordert wird, zu leiten, ungeachtet des Wärmeverlustes, der hierdurch veranlasst wird?

Offenbar entführt die Luft, die aus einem stark erhitzten Ofen entweicht ohne zur Verbrennung beigetragen zu haben, eine bedeutende Wärmemasse, und verursacht einen Wärmeverlust, den wir leicht berechnen können.

Man weiss, und zahlreiche von mir angestellte Experimente haben mich in den Stand gesetzt die Richtigkeit dieses Satzes zu constatiren, dass in dem Rauchfange einer Dampfmaschine die Temperatur der Gase selten unter 300° ist. Da nun die specifische Wärme

der Luft $\frac{1}{4}$ beträgt, so enthält ein Kilogramm jener Gase 75 Wärmeeinheiten. Nehmen wir nun an, dass jedem zu verbrennenden Kilogramm Kohlen 18 Kubikmeter Luft zugeführt werden, die 23,4 K. wiegen, und dass die Hälfte dieser Luft, also 11,7 K., nicht zur Verbrennung mitwirken. In diesem Falle werden $11,7 \times 75$ oder 877,5 Wärmeeinheiten auf jedes Kilogramm Kohlen, ohne genutzt zu haben, wieder entweichen, und auf 7500 wirklich entwickelte Wärmeeinheiten gehen jedesmal 877,5 verloren. Der relative Verlust beläuft sich mithin auf $\frac{877,5}{7500}$ oder auf ungefähr 12%.

Dieser Verlust ist bedeutend, aber unvermeidlich, weil, wenn man ein geringeres Luftquantum lieferte, die Verbrennung unvollständig bleiben könnte, was weit bedeutendere Verluste herbeiführen würde, wie wir bereits gesehen haben. Bei der gebräuchlichen, grosse praktische Vortheile darbietenden Einrichtung unserer Herde kann man nicht hoffen, dass die ganze dem Herde zugeführte Luftmasse zur Verbrennung mitwirke, und es wird auf dieser Seite immer ein unvermeidlicher Verlust stattfinden, der sich mit dem Verluste, welcher von der unvollkommenen Verbrennung der Kohlen herrührt, summirt.

Wir werden noch mehr die Richtigkeit dieser Behauptung einsehen und zur vollständigen Lösung der Frage gelangen, indem wir die Analysen des Herrn De-bette einer noch nähern Betrachtung unterziehen.

Der mittlern dieser Analysen zufolge beträgt das in den Gasen eines mit Kohlen geheizten Herdes enthaltene Sauerstoffvolumen 10,26 und das Stickstoffvolumen 78,68. Da nun die atmosphärische Luft $\frac{1}{5}$ Sauerstoff und $\frac{4}{5}$ Stickstoff enthält, so kann man annehmen, dass unter 100 Kubikmetern der analysirten Gase sich 50 Kubikmeter Luft und 40 Kubikmeter Stickstoff befanden. Diese 40 Kubikmeter Stickstoff sind das Ueberbleibsel der 50 Kubikmeter atmosphärischer Luft, die zur

Verbrennung beigetragen haben. Mithin war die Luftmasse, die ohne Nutzen in den Herd geleitet worden war, derjenigen gleich, die wirklich bei der Verbrennung mitgewirkt hatte, oder mit andern Worten, die Hälfte der dem Herde zugeführten Luft hat nicht zur Verbrennung beigetragen.

Ausser den angegebenen Quanten von Sauerstoff und Stickstoff hat man, wie wir gesehen haben, 9,70 Kubikmeter Kohlensäure, 0,74 Kubikmeter Kohlenoxyd und 0,61 Kubikmeter Wasserstoff vorgefunden, und es betrug die durch die beiden ersten Gasarten entwickelte Wärme 38268 Wärmeeinheiten.

Wenn nun die 50 Kubikmeter Luft, die ohne Nutzen dem Herde zugeführt wurden und deren Gewicht 65 Kilogramme betrug, mit einer Temperatur von 300° wieder entwichen sind, so hat dies einen Wärmeverlust von 65×75 oder 4875 Wärmeeinheiten herbeigeführt, also in Bezug auf die wirklich erlangte Wärme

$$\frac{4875}{38268} \text{ oder } 12, \%$$

Wir haben denselben Werth auf einem ganz verschiedenen Wege gefunden, indem wir von der hier wirklich realisirten Voraussetzung ausgingen, das dem Herde zugeführte Luftvolumen sei das Doppelte des durchaus nothwendigen Volumens.

Es ist hier zu bemerken, dass dieser Wärmeverlust zugleich mit dem Verluste stattfindet, der von der Nichtverbrennung einer gewissen Menge von Kohlenoxydgas und von Wasserstoffgas herrührt, und sich auf 10% beläuft. Der infolge der Herbeiführung einer zu bedeutenden Luftmasse und der Unvollständigkeit der Verbrennung stattfindende Verlust beträgt mithin im ganzen 22%.

Wenden wir dieselbe Berechnungsmethode¹⁾ auf ein

1) Man gelangt in folgender Weise zu den allgemeinen For-

jedes der sieben von Herrn Debette angestellten Experimente an, und vergleichen wir die Wärmeverluste mit der Masse der in Ueberfluss herbeigeleiteten Luft, so ergeben sich folgende Resultate:

meln, die zur Berechnung des Verhältnisses der nicht disoxygenirten zum Totalvolumen der in den Herd geführten Luft dienen:

Wir bezeichnen mit O und A die Volumen von Wasserstoff und Stickstoff, die in 100 Kubikmetern der Gase des Herdes enthalten sind. Ihre Summe ist gleich einem nichtdisoxygenirten Luftvolumen 5 O und einem Volumen $A - 4 O$ freien Stickstoffs. Dieser letztere entspricht einem nichtdisoxygenirten Luftvolumen

$\frac{5}{4} (A - 4 O)$. Das Gesamtvolumen der herzugeleiteten Luft war mithin $5 O + \frac{5}{4} (A - 4 O)$ oder $\frac{5}{4} A$, und das Verhältniss des nichtdisoxygenirten Luftvolumens zu diesen Gesamtvolumen ist:

$$\frac{4 O}{A}.$$

Die Wassermenge, die durch das unnütz herbeigeleitete Luftvolumen 5 O entführt wird, ist:

$$5 O \times 1,3 \times \frac{1}{4} \times 300 \text{ oder } 487,5 O,$$

und der daraus entstehende relative Verlust beträgt:

$$\frac{487,5 \cdot O}{3872 v + 747 v'},$$

wenn wir die Bezeichnungen von S. 17 beibehalten.

Der Totalverlust beträgt:

$$\frac{487,5 O + 3118 v' + 3116 v''}{3872 v + 747 v'},$$

oder

$$\frac{0,16 O + v' + v''}{1,25 v + 0,19 v'},$$

oder auch annähernd

$$\frac{5 (v' + v'') + 0,8 O}{6 v + v'}.$$

Nr. der Analysen.	Verhältniss des überflüssigen Luft- volumens zum Ge- samtvolumen der herbeigeführten Luft.	Wärmever- lust durch die über- flüssige Luft.	Wärmeverlust durch die Unvollstän- digkeit der Verbrennung.	Ge- samt- Wärme- verlust.
1	37%	10%	24%	34%
2	32	6	8	14
3	22	9	11	20
4	59	12,5	2,5	15
5	53	16,6	0,7	17
6	73	19	15	34
7	75	22	17	39

Die Resultate der ersten Analyse sind offenbar zu verschieden von denen der übrigen und müssen gewiss der Einwirkung von zufälligen Einflüssen zugeschrieben werden, da sich bei derselben das Quantum des Kohlenoxydgases auf ein Drittel des Kohlensäurequantums beläuft. Berücksichtigt man diese Analyse nicht, so findet man, dass der Gesamtverlust an Wärme ungefähr derselbe bleibt, wenn das überflüssige Luftvolumen $\frac{3}{10}$ bis $\frac{6}{10}$ des Gesamtvolumens ausmacht, und dass der Verlust bedeutender wird, wenn das Volumen der überflüssigen Luft $\frac{3}{4}$ des Gesamtvolumens erreicht oder übersteigt.

Auch die beiden letzten Analysen scheinen nicht ganz richtig zu sein. In der That ist es schwer zu begreifen, wie einem so bedeutenden Volumen überflüssiger Luft eine so unvollkommene Verbrennung entsprechen konnte, wie dies bei den letzten Analysen der Fall war; um so mehr, als das hier der Verbrennung entzogene Gas das Wasserstoffgas ist, dessen ausserordentliches Bestreben sich mit Sauerstoff zu verbinden jedermann kennt. Selbst wenn man den von der Unvollkommen-

heit der Verbrennung herrührenden Wärmeverlust nicht berücksichtigt, bleibt der Verlust, welcher von dem Uebermasse der Luft verursacht worden und unzweifelhaft ist, so bedeutend, dass man behaupten kann, dass die Bedingungen einer guten Verbrennung nicht mehr vorhanden sind, wenn man mehr als viermal so viel Luft, wie durchaus nöthig, dem Herde zuführt.

Aus der dritten Analyse scheint hervorzugehen, dass der Wärmeverlust grösser wird, wenn das Verhältniss des überflüssigen Luftvolumens zum Totalvolumen nur $\frac{2}{10}$ beträgt; jedoch tritt dieses Resultat nicht entschieden genug hervor, um zu erlauben, es ohne weiteres als festgestellt zu betrachten.

Wie dem auch sei, da die Zuströmung eines doppelt so grossen Luftvolumens wie das durchaus nöthige keinen grössern Wärmeverlust verursacht, als der ist, der einem kleinern Volumen entspricht, und da man durch dasselbe eine grössere Garantie für eine möglichst vollständige Verbrennung erlangt, so kann man bei diesem Verhältnisse stehen bleiben und bei der Berechnung der Dimensionen der Herde die Einrichtung so treffen, dass ein doppelt so grosses Luftvolumen denselben zugeführt werden könne, wie das zur Verbrennung unentbehrliche. Man kann bis zum Dreifachen gehen, da es immer möglich ist, vermittelst eines Registers den Luftzug nach Gefallen zu verringern. Noch weiter gehen zu wollen, ist durchaus nicht rathsam.

4. Der Rauch.

Der eigentliche Rauch ist ein Gemisch von Volatilölen und Kohlentheilchen, die infolge des mangelhaften Hinzutritts der Luft oder weil die Temperatur nicht hoch genug ist unverbrannt bleiben und von den luftförmigen Producten der Verbrennung mit fortgeführt werden. Der Eintritt des Rauchs in die atmosphärische Luft ist deshalb nicht nur ein Uebelstand für die Nach-

barn der Hüttenwerke, Fabriken u. s. w., sondern er bedingt auch einen Verlust für die Besitzer derselben. Die Rauchmasse ist besonders dann sehr bedeutend, wenn frische Kohlen auf das Feuer gelegt worden sind. Die Erklärung dieser Erscheinung enthält auch die der Bildung des Rauchs im allgemeinen. Man weiss, dass, wenn man in einem geschlossenen Gefässe Steinkohlen selbst bis zu einer sehr hohen Temperatur erhitzt, wie dies z. B. bei der Gasbereitung geschieht, die Kohlen nicht verbrennen, sondern destillirt werden. Das Product dieser Destillation besteht aus Leuchtgas, Theerdämpfen u. s. w., und das Ueberbleibsel derselben wird Coak genannt. Alle diese Bestandtheile sind sehr brennbar, und der Umstand, dass dieselben in einem stark erhitzten Gefässe nicht verbrannt sind, zeigt, dass die Wärme bei der Verbrennung nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die wahren Elemente der Verbrennung sind einestheils der Brennstoff und andernteils der feuernährende Stoff (*élément comburant*).

Bei allen in der Industrie vorkommenden Verbrennungen ist der feuernährende Stoff der Sauerstoff der atmosphärischen Luft, und es muss derselbe in einer passenden Proportion mit dem Brennstoffe stehen, mit dem er sich verbinden, d. h. den er verbrennen soll. Die Wärme ist, wie bereits gesagt, eine untergeordnete und zuweilen ganz überflüssige Bedingung. In der That entzündeten sich gewisse Körper selbst bei einer sehr niedrigen Temperatur, sobald sie in Berührung mit der atmosphärischen Luft kommen. Dies ist jedoch nicht der Fall bei der Steinkohle, und es bedarf zu deren Verbrennung sowol einer hinreichenden Menge Wärme, als auch eines hinreichenden Luftquantums. In dem Augenblicke nun, wo man frische Kohlen in den Herd bringt, bleiben diese beiden Bedingungen unerfüllt. Nur die das Feuer unmittelbar berührenden Kohlentheile empfangen hinreichend Wärme und Luft, um brennen zu können; die andern Theile aber, die durch die er-

stern sowol vom Feuer als auch von der durch den Rost hereindringenden Luft getrennt sind, verbrennen nicht, sondern werden destillirt. Die Producte dieser Destillation finden im Herde nur solche Luft, die beim Durchgange durch die brennenden Kohlen den grössten Theil ihres Sauerstoffs bereits verloren hat, und so gelangt ein bedeutender Theil derselben in den Rauchfang, ohne verbrannt worden zu sein.

Was sich hier ganz in die Augen fallend ereignet, findet beständig wenn auch in minderm Grade statt, wenn durch eine schlechte Einrichtung des Herdes die Masse atmosphärischer Luft, die dem Herde zuströmt, beständig im Vergleiche mit der Masse des Brennmaterials zu gering ist.

Wie wir gesehen, beträgt das zur Verbrennung nothwendige Minimum von Luft 9 Kubikmeter per Kilogramm Kohlen. Wenn man mithin in einer Stunde 100 Kilogramme Kohlen in den Herd bringt, während in derselben Zeit der Luftzug dem Herde nur 450 Kubikmeter Luft zuführt, so ist mit Gewissheit vorauszusehen, dass nur die Hälfte der 100 K. Kohlen wirklich verbrennt und dass die 50 Kilogramm nicht verbrennender Kohlen, da sie einer hohen Temperatur ausgesetzt sind, eine beständige Destillation erleiden.

Es steht zu hoffen, dass die in dem von mir gewählten Beispiele angenommenen Umstände in Wirklichkeit niemals stattfinden werden. Und doch, wer möchte dies versichern, wenn man aus gewissen Rauchfängen fortwährend Ströme von schwarzem und dichtem Rauche hervorquellen sieht? Die Eigenthümer dieser Rauchfänge überlegen nicht nur nicht, wie theuer ihnen diese Dampfmassen zu stehen kommen, sondern sie haben langwierige Processe mit ihren Nachbarn zu führen oder müssen denselben bedeutende Entschädigungssummen bezahlen, statt die fehlerhaften Einrichtungen ihrer Verbrennungsapparate zu verbessern.

Wir werden auf diesen Gegenstand zurückkommen,

wenn wir die Einrichtung rauchverzehrender Herde wie auch guter gewöhnlicher Herde beschreiben werden.

5. Rasche Verbrennung, langsame Verbrennung.

Je nach der Luftmenge, die in den Herd strömt, ist die Verbrennung eine rasche oder eine langsame.

Man kann sich die Frage stellen, welcher von diesen Verbrennungsweisen der Vorzug gebührt. Die §. 3 angestellte Untersuchung beantwortet theilweise diese Frage, indem dieselbe gezeigt hat, dass man, ohne den Wärmeverlust zu vermehren, sehr verschiedene Luftmassen in den Herd bringen kann. Hier wollen wir besonders die Zeitfrage berücksichtigen. Die von uns früher erörterte Frage war diese: Erleidet man einen grössern Wärmeverlust, wenn man einem Kilogramm Kohlen behufs seiner Verbrennung zu viel Luft zuführt, oder wenn man nur die unentbehrliche Luftmenge liefert, und bis zu welchem Punkte kann man über letztere hinausgehen?

Bei unserer jetzigen Untersuchung nehmen wir an, dass bei der Verbrennung gerade die passende Luftmenge zugeführt werde, und wir fragen, ob, wenn die Luft langsam hinzukommt, so z. B., dass 1 K. Kohlen eine ganze Stunde lang brennt, wir mittelst dieses Kilogramms mehr Wärme erzeugen, als wenn wir dieselbe Luftmasse so schnell hinzuführten, dass die Verbrennung der Kohlen in einer halben Stunde stattfände?

Behufs einer genauern Erörterung wollen wir die Frage so fassen: Werden wir mehr nutzbare Wärme aus 100 K. Kohlen, die in einer Stunde verbrannt werden sollen, erzielen, wenn wir diese Kohlen auf einmal in einen grossen Herd bringen, zu dem die Luft langsam aber in passender Menge hinzuströmt, oder wenn wir dieselben in mehreren Portionen nach und nach in einem kleinern Herde verbrennen, zu dem ebenfalls die Luft in passender Menge hinzutritt, in der Weise, dass jedes

Kilogramm Kohlen in einer Viertelstunde verbrannt wird, statt eine Stunde lang zu brennen?

Wir können der Aufgabe auch noch eine andere Fassung geben: Je nachdem wir das Register eines Rauchfangs mehr oder minder öffnen, können wir in demselben Herde 200 oder 100 K. Kohlen verbrennen. In welchem von diesen beiden Fällen erlangt man aus einem Kilogramm am meisten Dampf?

Wir halten uns bei der Fassung der Frage lange auf, weil diese bei weitem nicht so einfach ist, wie man glauben könnte. In der That hängt sie mit mehreren andern Fragen zusammen und unter anderm mit folgender: Ist die Luftmasse, durch deren Hinzutritt 1 Kilogramm Kohlen in einer Stunde in passender Weise verbrennt, auch gerade hinreichend, um dieses Kilogramm in einer halben Stunde zu verbrennen? Wir glauben dies nicht, weil die Zeit bei jeder chemischen Reaction ein wichtiges Element ist, und hätte man nur diese Seite der Frage zu erörtern, so könnte die Beantwortung derselben unmittelbar stattfinden, denn es wäre offenbar, dass, je rascher die Verbrennung vor sich ginge, desto mehr Luft für jedes Kilogramm Kohlen nöthig wäre, um die Verbrennung zu einer vollkommenen zu machen, und desto grösser wäre die durch die überflüssige Luft entführte Wärmemenge. Aber noch ein anderes Element wirkt bei dem chemischen Processe der Verbrennung mit, nämlich die Wärme. Nun ist es aber offenbar, dass, wenn wir in einen Herd auf einmal 100 K. statt 20 K. schütten, jedes dieser 100 K. weniger Wärme empfängt, als jedes der 20 K.; so dass beim Hinzutritt derselben Luftmenge die Verbrennung der erstern nicht so vollkommen sein kann, als die der andern.

Die Verbrennung wird also dauernd vollständiger vor sich gehen, wenn häufig geringere Kohlenmassen in den Herd kommen, als wenn man demselben in grössern Zwischenräumen grössere Massen zuführt.

Es ist indessen schwer sich mit Gewissheit über diesen Gegenstand auszusprechen. Nur die Erfahrung vermöchte über diesen Punkt zu entscheiden, und die durch dieselbe gelieferten Resultate widersprechen sich untereinander. So hat, nach Murray, Lord Dundwald die Verdampfung von 6 K. Wasser für jedes Kilogramm Kohlen bei langsamer Feuerung erlangt, während ein rasch brennendes Feuer nur 4—5 K. Wasser verdampfte, sodass in diesem Falle durch die Verlangsamung der Verbrennung eine Oekonomie von 20—25% erzielt worden wäre. Ferner ist bekannt, dass die Dampfkessel von Cornwallis, die wegen ihres geringen Kohlenverbrauchs berühmt sind, ein äusserst langsam brennendes Feuer haben. Andererseits haben die Untersuchungen des Herrn Cavé dargethan, dass die Masse der in einer Stunde in einem Herde verbrannten Kohlen um die Hälfte vermehrt werden kann, ohne dass hierdurch auch eine merkliche Vermehrung des per Kilogramm Kohlen entwickelten Dampfes entstände. Die durch Herrn Marozeau angestellten Untersuchungen haben zu demselben Resultate geführt, aber zugleich auch bewiesen, dass es sehr vortheilhaft ist, kleinere Kohlenmassen in kleinern, einander gleichen Zwischenräumen in den Herd zu bringen. Indem man in Zwischenräumen von 18,23 und 28 Minuten jedesmal 20 K. auflegte, hat man durchschnittlich die Verdampfung von 6,49 K. Wasser per Kilogramm Kohlen bewirkt, während, wenn in Zwischenräumen von je 15 Minuten jedesmal 10 K. Kohlen aufgelegt wurden, das Quantum des verdampften Wassers 7,73 bis 7,88 K. per Kilogramm Kohlen betrug. Es kosteten mithin im ersten Falle $100 \text{ K. Dampf } \frac{100}{6,49}$ oder 15,1 K. Kohlen, und im zweiten $\frac{100}{7,8}$ oder 12,8 K. Die Anwendung regelmässiger, aber schwacher Ladungen hat hier zu einer Ersparniss von $\frac{2,3}{15,1}$ oder 15% geführt. Aus dem Gesagten kann man

die Folgerung ziehen, dass die langsame Verbrennung vortheilhaft ist, wenn sie in dazu geeigneten Herden stattfindet, z. B. in solchen, deren Rost sehr gross ist und bedeutende Kohlenladungen aufnehmen kann, ohne dass die Kohlen eine zu dicke Schichte bilden. Dann kann es geschehen, dass die Kohlen zugleich genug Wärme und genug Luft empfangen, um vollständig und langsam zu verbrennen, wenn man die Geschwindigkeit, womit die Luft zu- und wegströmt, hinreichend verlangsamt. In diesem Falle wird durch die bei der Verbrennung gebildeten Gase eine geringere Menge von Luft hinweggeführt, die noch nicht ihres Sauerstoffs beraubt ist, und da diese langsamer die verschiedenen Theile des Herdes durchziehen, so lassen sie vollständiger ihre Wärme fahren, ehe sie in den Rauchfang gelangen. Es ist wol unnöthig hinzuzufügen, dass die Dimensionen der Herde und der Dampfkessel um so bedeutender sein müssen, je langsamer die Verbrennung vor sich gehen soll.

6. Die verschiedenen Kohlensorten.

Man unterscheidet im allgemeinen fette, magere und halbfette Kohlen.

Die fette Kohle (Backkohle) ist sehr reich an brennbaren Bestandtheilen, brennt licht und mit einer langen weissen Flamme, unter Verbreitung von starkem Geruch und starker Rauchentwicklung, und es bringt dieselbe eine starke Hitze hervor. Diese sehr theuere Kohlensorte ist wenig zur Verwendung bei Dampfmaschinen geeignet, weil sie stark zusammenklebt (woher ihr englischer Name caking-coal, klebrige Kohle, kommt). Durch ihr Zusammenkleben bilden die Stücken von diesen Kohlen eine Art von Gewölbe über dem Roste, was die schnelle Abnutzung desselben zur Folge hat und den Luftzug erschwert. Hingegen macht eben diese Eigenschaft die fetten Kohlen ganz besonders zur Verwendung bei Schmieden geeignet, was Veranlassung gegeben

hat, gewissen Sorten in Frankreich den Namen *houille maréchale*, und in England den Namen *forge-coal* beizulegen.

Man unterscheidet verschiedene Sorten von halbfetten Kohlen, deren einige den fetten Kohlen sehr nahe stehen, wie diese sehr leicht aneinander kleben und besonders zur Bereitung des Coaks dienen, während andere halbfette Steinkohlen mit langer Flamme (*cannel-coal*) zur Heizung der Herde der Dampfmaschinen vorzüglich geeignet sind.

Die magern Kohlen (*glance-coal*) sind leicht von den fetten Kohlen zu unterscheiden, indem sie weniger schwarz, weniger glänzend und dabei weit dichter sind als jene. Sie kleben nicht zusammen und entzünden sich weniger leicht. Die magern Kohlen mit langer, glänzender Flamme eignen sich sehr zur Verwendung bei Feuerherden und ihr Preis ist kein hoher.

Man gibt den Kohlen auch in Bezug auf Dicke verschiedene Benennungen. In Frankreich und in Belgien nennt man *tout venant* die Kohlen in dem Zustande, in dem sie aus der Grube kommen, ehe man irgendetwas von denselben ausgeschieden hat. Die dicken Stücke werden *gros*, *pérat* und *roche* genannt. Die faustdicken Stücke heissen *gaillette* und die kleinsten *gailleterie* oder *petite gaillette*. Die allerkleinsten Stückchen bekommen, wenn sie in Haufen zusammenliegen, die Namen *menu*, *fin*, *poussier*. Da die Kohlen im allgemeinen um so reiner sind, in je grössern Stücken sie sich vorfinden, so sind auch die dicken Kohlen theurer als die mittlern, und die feinen Kohlen sehr wohlfeil. Selbst bei der jetzt herrschenden Theuerung kostet in der Provinz Lüttich die Tonne gewisser feiner Kohlen nur 7 Francs.

Die Reinheit der Kohlen ist von grosser Wichtigkeit. Die schieferigen, kalkigen, erdigen u. s. w. Bestandtheile, welche die Kohlen enthalten, bilden nach der Verbrennung Asche, wenn sie nicht schmelzbar, oder

Schlacken, wenn sie schmelzbar sind. Die Asche bildet nicht nur einen bedeutenden Abfall, sondern sie macht auch die Reinigung des Herdes durch den Rost hindurch nothwendig, wobei eine bedeutende Masse dünne Kohlen durch den Rost fällt, ohne verbrannt zu sein. Die Schlacken bringen eine noch schlimmere Wirkung hervor, indem sie sich an die Seitenwände des Herdes und an den Rost festsetzen und deren schnelle Abnutzung herbeiführen. Auch machen sie die Reinigung des Feuers oberhalb des Rostes nothwendig, die noch schädlicher ist als die Reinigung von unten, weil man gezwungen ist, dabei den Herd längere Zeit geöffnet zu lassen. Nasse Kohlen bilden wie es scheint mehr Schlacken als trockene.

Die Kohlen, besonders die feinern, enthalten oft eine bedeutende Menge von Schwefelkies, dessen Schwefel während der Verbrennung Schwefelsäure bildet, die das Metall der Kessel angreift. Man muss deshalb so wenig wie möglich schwefelige Kohlensorten verwenden und es ganz besonders vermeiden, grosse Vorräthe solcher Kohlen zusammenzuhäufen; denn der Schwefelkies kann sich an der Luft unter Entwicklung einer starken Hitze zersetzen, was die Entzündung der Kohlen, in denen er enthalten ist, herbeiführen kann. Man hat Beispiele von grossen Bränden, die auf diese Weise entstanden sind, besonders auf Dampfschiffen.

Die englischen Kohlen sind im allgemeinen sehr rein, indem gewisse Sorten derselben nur $1\frac{1}{2}\%$ Asche geben. Die belgischen und die französischen Kohlen sind weit unreiner und liefern nicht selten bis zu 15% Asche. Man hat den Versuch angestellt, diese letztern Kohlensorten durch Auswaschung zu reinigen, besonders um dieselben zu entschwefeln. Diese Operation ist bei der Bereitung des Coaks von besonderer Wichtigkeit.

II. Von den Feuerherden und den Luftzugapparaten.

7. Einrichtung eines Dampferzeugungsapparats.

Um mich nicht der Gefahr auszusetzen, Ausdrücke zu gebrauchen, die gewissen Lesern unbekannt wären, werden wir die Einrichtung eines Dampferzeugungsapparats, der aus Feuerherd, Dampfkessel und Luftzugvorrichtungen besteht, näher auseinandersetzen.

Der Dampfkessel ist ein geschlossenes Gefäß, in welchem Wasser in Dampf verwandelt werden soll. Der Feuerherd ist ein Verbrennungsapparat und so angebracht, dass der Kessel durch die bei der Verbrennung entwickelte Wärme geheizt wird. Fast immer findet die Heizung des Kessels zugleich durch die strahlende Wärme der brennenden Kohlen, durch den Contact mit den heissen Gasen, der Flamme und dem Rauche, welche vor ihrem Entweichen die verschiedenen Theile des Herdes durchziehen, statt. Allerdings gibt es gewisse Herde, wo der Kessel nur durch die Flamme und den Rauch geheizt wird; diese Vorrichtung findet man aber nur da, wo man Holz zur Heizung verwendet, oder bei solchen Apparaten, wo zur Heizung Wärme benutzt wird, die sonst verloren ginge, wie bei Puddlingöfen u. s. w. Wir werden diese ganz besondern Fälle auch besonders untersuchen. Im allgemeinen sind beim Herde zwei Theile zu unterscheiden: in dem einen Theile geht die Ver-

brennung vor sich; dieser Theil liegt unter dem Kessel und bildet den eigentlichen Herd. Der andere Theil besteht aus Röhren, die unter oder neben dem Kessel angebracht sind und durch welche der Rauch und die heissen Gase hindurchgehen, die durch den Luftzug dem Rauchfange zugeführt werden; diese Röhren werden Feuerkanäle genannt.

Die ganze geheizte Oberfläche des Kessels heisst Heizfläche. Der Theil derselben, der sich unmittelbar neben dem Herde befindet und durch die Strahlung der Brennmaterialie sowol als die Berührung mit den stark erhitzten Gasen geheizt wird, trägt den Namen directe Heizfläche, der übrige Theil wird indirecte Heizfläche genannt. Man nimmt indessen selten auf diese Unterscheidung Rücksicht, und fast immer beziehen sich die Angaben auf die gesammte Heizfläche. Dies ist z. B. der Fall, wenn man sagt: Die Dampfproduction eines Kessels beträgt 20 Kilogramme auf jeden Quadratmeter der Heizfläche.

Fast immer, um die Gesammtheizfläche und mithin die Dampfproduction zu vermehren, ohne dem Herde eine grössere Ausdehnung geben zu müssen, fügt man zum eigentlichen Kessel noch andere Kessel von kleinerm Durchmesser hinzu, die Siederöhren oder Kochröhren genannt werden.

Es mögen nun Siederöhren vorhanden sein oder nicht, so gehen fast nie die Flamme und der Rauch unmittelbar von dem Herde in den Rauchfang, sondern es sind meistens Vorrichtungen (*retours de flamme*) angebracht, vermittelt derer die aus dem Herde kommenden Gase, wenn sie am Ende des Feuerkanals C unter dem Kessel angelangt sind (Fig. 1, 2, 3, 4, Taf. 1), in den Seitenkanal C' geleitet werden und aus diesem in einen zweiten Seitenkanal C'' treten. Die Figuren 5 und 6 zeigen eine solche Vorrichtung nebst Siederöhren.

Bei Fig. 5 befinden sich die Siederöhren über dem Herde. Der Kessel ist durch ein Gewölbe von diesem

geschieden und wird nur durch die Gase geheizt, die durch die Seitenkanäle C' und C'' hindurchziehen. In Fig. 6 liegt der Kessel unter dem Herde und die Siederöhren sind in den untern Feuerkanälen angebracht. Die Siederöhren werden in diesem Falle Heizröhren genannt. Es ist hier nicht der geeignete Ort, den relativen Werth dieser verschiedenen Vorrichtungen zu besprechen, und wir müssen uns darauf beschränken, zu zeigen, wie je nach der Lage des Kessels die Einrichtungen eines Herdes verschieden sein können. Hinter den Feuerkanälen liegt unmittelbar der Rauchfang, ausgenommen wenn die Räumlichkeiten dies nicht zulassen. In letzterm Falle führt eine Röhre den Rauch aus den Feuerkanälen in den Rauchfang.

Der Rauchfang dient nicht nur dazu, die gasförmigen Producte der Verbrennung hoch in der Luft auszuströmen, sondern es ist derselbe auch in den meisten Fällen ein Apparat zur Beförderung des Luftzugs, d. h. er dient dazu, die zur Verbrennung nöthige Luft dem Herde zuzuführen.

Da der Rauchfang ein nothwendiger Theil bei allen Feuerherden ist, den wir beschreiben können, ohne auf die besondern Einrichtungen der Herde Rücksicht nehmen zu müssen, so werden wir das Studium der verschiedenen Theile eines Herdes mit dem Studium der Rauchfänge und überhaupt der Luftzugmittel beginnen.

8. Der Rauchfang.

Die Bewegung der Luft in den Rauchfängen wird durch die verschiedene Dichtigkeit der innern und der äussern Luft verursacht, die von der Verschiedenheit der Temperatur herrührt. Die innere Luftcolonne ist viel wärmer, viel ausgedehnter und mithin weit leichter als die äussere Luft, und wird aufwärts gedrückt, ganz wie dies bei einem Stabe, den man ganz ins Wasser taucht, in Folge seiner geringern Dichtigkeit, geschieht. Beim

Rauchfange ist jedoch die Bewegung continuirlich, weil die Luft, die an die Stelle von der tritt, die hinausströmt, ebenfalls warm ist, sodass das Gleichgewicht nicht wiederhergestellt werden kann.

Die Bewegung wird um so schneller sein, je höher der Rauchfang ist; wie auch ein langer ins Wasser getauchter Stab stärker aufwärts gedrückt wird, als ein kürzerer von gleicher Dicke.

Durch Berechnung erkennt man indessen, dass die Geschwindigkeit nicht proportionirt mit der Höhe wächst, sondern mit der Quadratwurzel der Höhe.¹⁾ Um mithin

1) Die Bewegung der Luft in einem Rauchfange kann der Bewegung einer Flüssigkeit in einem zweiarmigen Heber assimilirt werden, und es ist auf diese Weise leicht, die theoretische Geschwindigkeit der Luft beim Ausströmen aus dem Rauchfange zu berechnen.

Man kann in der That eine ideelle Luftsäule CD als mit dem Rauchfange AB durch eine horizontale Röhre DA verbunden denken (Fig. 1, P. 2). Da der Luftdruck gleichmässig in C und B wirkt, so kann man von demselben ganz abstrahiren. Es bleibt uns alsdann ein Heber CDAB, dessen Arme dieselbe Länge haben, aber Gase von verschiedener Dichtigkeit enthalten. Bezeichnen wir die äussere Temperatur mit t und die innere mit T , so ist die Dichtigkeit in den beiden Heberarmen bezüglich

$$\frac{1}{1 + at} \text{ und } \frac{1}{1 + aT},$$

wobei die Dichtigkeit der Luft bei einer Temperatur von 0° zur Einheit genommen ist und a den Dilatationscoëfficienten bezeichnet.

Das Gewicht der Luftsäule CD, deren Höhe H ist, ist gleich dem Gewichte der Luftsäule AB, welche dieselbe Höhe hat, multiplicirt mit

$$\frac{1 + aT}{1 + at}.$$

Wir können nun, ohne die Bedingungen der Bewegung zu ändern, annehmen, dass die beiden Luftsäulen, statt die nämliche Höhe und verschiedene Dichtigkeit zu haben, von gleicher Dichtigkeit

$$\frac{1}{1 + aT}$$

eine doppelte Geschwindigkeit zu erlangen, muss die Höhe vervierfacht werden, und eine dreifache Geschwindigkeit erfordert eine neunfache Höhe u. s. w.

Ich beeile mich hinzuzufügen, dass diese Regel nicht ganz genau ist. Es wirken zu viel Umstände auf die Geschwindigkeit der Bewegung der Luft in den Rauchfängen ein, als dass es möglich wäre, zu einer vollkommen genauen Formel für diese Geschwindigkeit zu gelangen. Hindernisse der Geschwindigkeit sind die Reibung gegen die Wände des Rauchfangs und der Feuerkanäle, die Stangen des Rostes, die Kohlen, die Hemmung, die an den Ellenbogen der Kanäle stattfindet u. s. w. Alle diese Hindernisse entziehen sich einer genauen Berech-

sind, aber verschiedene Höhe haben: die eine die Höhe H , die andere die Höhe $H \frac{1 + aT}{1 + at}$.

Dann haben wir einen Heber mit ungleichen Armen, wie bei einem Springbrunnen. Die bewegende Kraft ist der Unterschied der beiden Höhen, und die erzeugte Geschwindigkeit wird annähernd durch die Formeln

$$v = \sqrt{2g \left(H \frac{1 + aT}{1 + at} - H \right)}$$

$$v = \sqrt{2g H \frac{a(T - t)}{1 + at}}$$

ausgedrückt, wobei g der Werth der Schwerkraft ist.

Da nun t im Vergleich mit T einen sehr kleinen Werth hat, so kann man die Glieder, die t als Factor enthalten, vernachlässigen, und erhält auf diese Weise

$$v = \sqrt{2gaHT}.$$

Setzen wir statt $g \frac{9,81}{1''^2}$ und statt a seinen Werth 0,00367, so er-

halten wir $v = \frac{0,268 \sqrt{HT}}{1''}$, in welcher Formel H die Zahl der in der Höhe enthaltenen Meter und T die Zahl der Grade der nach einem hundertgradigen Thermometer gemessenen mittlern Temperatur des Rauchfangs ausdrückt.

nung. ¹⁾ Herr Peclet hat langwierige Experimente angestellt und lange Berechnungen ausgeführt, um eine

1) Um den Widerstand zu berechnen, welcher im Rauchfange und in den Feuerkanälen von der Reibung herrührt, nimmt man an, wie dies immer bei Gasen geschieht, dass der Widerstand mit dem Quadrate der Geschwindigkeiten proportionirt ist. Dann kann man auch annehmen, dass der Widerstand zum Effect hat die Höhe, von der die Bewegung abhängt, um die Grösse fv^2 zu vermindern; wobei f ein Reibungscoëfficient ist, der von allen den Umständen abhängt, unter denen die Bewegung stattfindet. Dies

führt zur Formel $v = \sqrt{2g \left(H \frac{a(T-t)}{1+at} - fv^2 \right)}$, oder annähernd:

$$v = \sqrt{2gHaT - 2gfv^2}.$$

Aus dieser Formel leitet man die folgende ab:

$$v = \sqrt{\frac{2gHaT}{1+2gf}}.$$

Will man noch einem andern Widerstande Rechnung tragen, z. B. dem, welchem die Luft bei ihrem Durchströmen durch den Rost begegnet, so braucht man nur zu f den Coëfficienten r des Gliedes rv^2 hinzuzufügen, welches der Verminderung entspricht, welche die Bewegung hervorbringende Höhe durch diesen Widerstand erleidet. Dann findet man

$$v = \sqrt{\frac{2gHaT}{1+2gf+2gr}}.$$

Für einen Rauchfang, dessen Wände mit Russ überzogen sind, hat Herr Peclet $2gf = 0,05 \frac{L}{D}$ gefunden, wobei L die Länge der Wände ist, gegen welche die Reibung stattfindet, und D die Seite eines Quadrats von gleicher Oberfläche mit der mittlern des Querschnitts der Feuerkanäle und des Rauchfangs, oder allgemeiner das Vierfache des Verhältnisses dieses Schnitts zu seinem Umfange. Ueberdies für den Fall, wo die Dimensionen des Rostes die gewöhnlichen sind und die Höhe der Kohlschichte 6—8 Centimeter beträgt, findet Herr Peclet $2gr = 12$. Man hat mithin

$$v = \sqrt{\frac{2gHaT}{13 + 0,05 \frac{L}{D}}},$$

solche vorzunehmen, und er hat erkannt, dass diejenigen Hindernisse, die man wirklich zu berechnen vermöchte, sehr unbedeutend im Vergleich mit denen sind, deren Werth selbst nicht einmal annähernd bestimmt werden kann, weil sie zu veränderlich sind. So z. B. hat Herr Peclet durch seine Berechnungen und seine Beobachtungen erkannt, dass der Widerstand, den die Luft beim Durchgang durch den Rost und die Kohlen auf demselben erleidet, weit bedeutender ist, als der Widerstand, der von der Reibung herrührt. Nun ist ersichtlich, dass dieser Widerstand nicht berechnet werden kann, da einige Schüppen voll Kohlen mehr oder weniger, die grössere oder geringere Klebrigkeit der Kohlen und tausend andere Ursachen bedeutende Veränderungen hervorbringen müssen. Bei solchen Fragen kann man von der Theorie nur einige unbestimmte Andeutungen, aber keine genauen Formeln zu erlangen hoffen.

So findet man nach dem Herrn Peclet (in der Anm. 1, S. 39), dass die Reibung in einem Rauchfange von 30 Meter Höhe, dessen Feuerkanäle im ganzen 20 Meter lang sind, und wo der innere Durchschnitt der Feuerkanäle

$$\text{oder} \quad v = \frac{0,0744}{1''} \sqrt{\frac{H T}{1 + 0,004 \frac{L}{D}}}$$

Nimmt man an, ein Rauchfang von quadratischem Querschnitte sei 25 Meter hoch und die Seite des innern Quadrats sei gleich 0,50 Meter, während zwei vor dem Rauchfange liegende Kanäle jeder 10 Meter lang sind, so findet man $L = 2 \times 10 + 30$ oder 50 Meter, und den Nenner unter dem Wurzelzeichen gleich 1,4; mithin dessen Quadratwurzel annähernd $\doteq 1,2$. Der Einfluss der Reibung hat also zur Folge, dass der Werth der Geschwindigkeit durch 1,2 getheilt und mithin um $\frac{1}{6}$ kleiner wird. Wären die Kanäle um 20 Meter länger, so bekäme man $L = 70$ Meter und $1 + 0,004 \frac{L}{D} = 1,560$. Die Quadratwurzel dieser Zahl ist 1,25

und die Reduction der Geschwindigkeit beträgt $1 - \frac{1}{1,25}$ oder $\frac{1}{5}$.

und des Rauchfangs gleich der Oberfläche eines Quadrats ist, dessen Seite 0,50 Meter beträgt, die Geschwindigkeit nur um $\frac{1}{6}$ vermindern wird. Hätten die Feuerkanäle eine um 20 Meter grössere Länge, so betrüge die Geschwindigkeitsverminderung $\frac{1}{5}$, sodass also die Vermehrung der Länge der Feuerkanäle die Geschwindigkeit nur um $\frac{1}{5} - \frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{30}$ verringert hätte. Wie weit man auch die Grenzen des Irrthums stecken mag, so zeigen solche Berechnungen wenigstens, dass der Einfluss der Länge der Kanäle, durch die der Rauch zieht, weit geringer ist, als man zu glauben geneigt wäre. Man darf jedoch nicht vergessen, dass man die Totallänge der Feuerkanäle nicht wohl vermehren kann, ohne auch die Zahl dieser Kanäle zu vermehren; da die Länge eines jeden derselben von lokalen Umständen abhängt. Bei jedem Uebergangspunkte aus dem einen in den andern setzt ein Ellenbogen der Geschwindigkeit der Bewegung einen fühlbaren Widerstand entgegen.

Das Luftvolumen, welches in einer Secunde aus der Mündung eines Rauchfangs strömt, ist annähernd gleich der Geschwindigkeit multiplicirt mit der Oberfläche der Mündung. Das Gewicht dieses Volumens wird gefunden, indem man das Volumen mit dem Gewichte eines Kubikmeters Luft von derselben Temperatur wie die ausströmende multiplicirt.

Das Gewicht der in einer Secunde aus einem Rauchfange strömenden Luft dient zur Masse für die Stärke des Luftzugs. ¹⁾

1) Die Stärke der Luftströmung eines Rauchfangs oder das Gewicht der in einer Secunde ausströmenden Luft kann auf folgende Weise berechnet werden: Nennt man S die Oberfläche der Mündung des Rauchfangs, so ist das Volumen der ausströmenden Luft Sv. Das specifische Gewicht bei der Temperatur T, von der wir annehmen, dass sie dieselbe wie im Rauchfang sei, beträgt

$$\frac{1,3}{1 + aT} \text{ Kilogramme.}$$

Der Luftzug nimmt nicht unaufhörlich mit der Temperatur der Luft im Innern des Rauchfangs zu, weil, wenn einerseits die Geschwindigkeit mit dieser Temperatur wächst, zugleich das specifische Gewicht, oder das Gewicht eines Kubikmeters Luft, mit derselben abnimmt. Ein Kubikmeter Luft wiegt

0,95 K. bei 100° Wärme.

0,75 „ „ 200° „

0,62 „ „ 300° „

0,53 „ „ 400° „

0,46 „ „ 500° „

Setzen wir die Geschwindigkeit der Luft bei einer Temperatur von 100° = 1, so finden wir durch Anwendung der theoretischen Formel

bei 200° 1,41,

„ 300° 1,73,

„ 400° 2,00,

„ 500° 2,24.

Mithin ist die Luftströmung

$$Q = Sv \frac{1,3}{1 + aT} K.,$$

oder

$$Q = \frac{ms \sqrt{H \cdot T}}{1 + aT},$$

wobei der Coëfficient m die constanten Werthe und diejenigen Werthe enthält, die sich auf die verschiedenen Widerstände beziehen.

Aus dem Werthe von Q erkennt man, dass der Luftzug proportionirt mit der Oberfläche der Mündung des Rauchfangs und der Quadratwurzel der Höhe zunimmt.

Was die Temperatur betrifft, so erkennt man, dass der Luftzug mit dieser bis zu $T = \frac{1}{a} = 273^{\circ}$ wächst; darüber hinaus aber abnimmt. Der Luftzug ist mithin am stärksten, wenn die Temperatur im Rauchfange ungefähr = 300° ist. Wirersehen auch aus der Formel, dass zwischen ziemlich weiten Grenzen der Luftzug sich mit der Temperatur nur wenig verändert. So würde der Theorie zufolge der Luftzug sich zwischen 200° und 500° nicht um $\frac{1}{25}$, und zwischen 100° und 200° nicht um $\frac{1}{10}$ verändern.

Nehmen wir nun an, die Oberfläche der Mündung sei gleich einem Quadratmeter, so beträgt das Gewicht aller herausgeströmten Luft:

bei 100° für 1,00 Kubikmeter		= 0,95 K.
„ 200° „ 1,41 „	1,41 × 0,75	= 1,06 „
„ 300° „ 1,73 „	1,73 × 0,62	= 1,07 „
„ 400° „ 2,00 „	2,00 × 0,53	= 1,06 „
„ 500° „ 2,24 „	2,24 × 0,46	= 1,03 „

Hiernach scheint es, dass in Bezug auf den Luftzug es keinen Vorthail darbietet, die Luft mit einer hohen Temperatur herausströmen zu lassen. Aber es ist zu bemerken, dass die Geschwindigkeit des Herausströmens rasch abnimmt, wenn die Temperatur niedriger wird und dass dann der Einfluss der verschiedenen Hindernisse ein grösserer wird. Um sich hiervon zu überzeugen, braucht man sich nur daran zu erinnern, dass ein Windstoss oder besondere Zustände der Atmosphäre hinreichend sind, um den Luftzug in dem Schornsteine eines nicht stark geheizten Wohnzimmers zum Stocken zu bringen oder gar den Rauch zurückzutreiben.

Man kann mit Erfolg diese äussern Einwirkungen bekämpfen, und besonders die des Windes, wie wir bald sehen werden, wenn wir von den Capitälern der Rauchfänge sprechen. Man hätte deshalb unrecht, gar zu sehr eine Verminderung der Geschwindigkeit selbst in den Fällen zu fürchten, wo dieselbe anderweitige Vorthelle darbietet.

Dies führt uns zur Untersuchung folgender Frage: Wie gross ist der durch den Luftzug verursachte Wärmeverlust, oder mit andern Worten, wie viel kostet der Luftzug eines Rauchfangs?

Erfahrung und Berechnung ¹⁾ zeigen uns, dass die

1) Man kann den Wärmeverlust, der durch den Rauchfang verursacht wird, berechnen, wenn man die Temperatur im Rauchfange und auf dem Herde kennt.

Es sei V das zur Verbrennung von 1 K. nöthige Luftvolumen und C das Wärmevermögen der Kohlen. Jedes Luftvolumen V

Temperatur eines Feuerherdes ungefähr 1200° beträgt. Andererseits ist ersichtlich, dass das Gewicht der Luft, die in einer Secunde in den Ofen dringt, dem Gewichte der Luft, die während derselben Zeit aus dem Rauchfange herausströmt, gleich sein muss.

wird, während es die Verbrennung eines Kilogramms Kohlen bewirkt, diejenige Wärme aufnehmen, die hierbei entwickelt wird, und erlangt im Herde eine Temperatur, die wir mit T_1° bezeichnen. Nehmen wir nun an, dass die Temperatur der Luft zuerst 0° betrug, so beträgt die vom Volumen V oder vielmehr vom Gewicht $V \times 1,3$ dieses Volumens absorbirte Wärme

$$V \times 1,3 \times \frac{1}{4} \times T_1,$$

in welcher Formel $\frac{1}{4}$ der specifischen Wärme entspricht. Man

findet mithin $V \times 1,3 \times \frac{1}{4} \times T_1 = C$

und
$$T_1 = \frac{4C}{V \times 1,3}.$$

Bei guten Kohlen ist, wie wir gesehen, $C = 7500$ Wärmeinheiten, und $V = 18$ Meter. Hieraus ergibt sich

$$T_1 = 1282^{\circ}.$$

Gewöhnlich betrachtet man 1200 als den Maximalwerth, weil man in der Praxis selten Kohlen findet, deren Wärmevermögen $= 7500$ ist. Wir bezeichnen mit T die Temperatur des Rauchfangs.

Es ist nun ersichtlich, dass das Wärmequantum eines jeden Kilogramms Luft im Rauchfange zum Wärmequantum eines Kilogramms im Herde sich verhält wie T zu T_1 . Da nun die Wärme, welche die Luft im Rauchfange besitzt, verloren geht, und da das Gewicht der durch den Rauchfang entweichenden Luft stets dem Gewicht der Luft, die in den Herd strömt, gleich ist, so verhält sich die verlorene Wärme zur wirklich entwickelten Wärme wie T zu T_1 . Der Wärmeverlust p eines jeden Kilogramms Kohlen ist mithin $= C \cdot \frac{T}{T_1}$.

Setzt man $T = 300$ und $T_1 = 1200$, so ist $p = 25\%$.

Gesetzt es habe die herausströmende Luft eine Temperatur von 300° , so können wir sagen, dass jedes Kilogramm Luft bei seinem Eintritt in den Herd durch die Verbrennung die Wärmemenge empfangen, deren es bedarf, um bis zu 1200° erhitzt zu werden, und von dieser Wärme genug behalten hat, um eine Temperatur von 300° zu haben. Da nun die in der Luft, deren Temperatur nur 300° beträgt, enthaltene Wärme nur das Viertel von der Wärmemenge ist, die in derselben Luftmasse enthalten war, als deren Temperatur 1200° betrug, so sehen wir, dass die ausströmende Luft hier ein Viertel der Wärme mit sich führt, die die Kohlen entwickelt haben. Der Wärmeverlust beträgt also in diesem Falle 25%. Wir sehen leicht ein, dass bei einer Temperatur von 150° der Verlust nur $12\frac{1}{2}\%$ betragen und dass derselbe im Gegentheil auf 33% steigen würde, wenn die Temperatur der ausströmenden Luft 400° wäre. Man sucht im allgemeinen im Rauchfange eine Temperatur von 300° zu erlangen, und ich habe selbst mehrere Rauchfänge gesehen, wo dieselbe höher als 350° war; denn das Quecksilber des Thermometers fing darin zu siedeln an. In einem solchen Falle nimmt man an, dass zu viel Wärme verloren geht; aus welchem Grunde glaubt man aber, dass dies nicht auch bei 300° der Fall sei? Es wäre mir nicht möglich einen Grund anzugeben, und wir haben es hier mit einer von den Regeln zu thun, die man in der Praxis befolgt, ohne dass ein vernünftiger, hinreichender Grund dazu vorhanden wäre. Der einzige Grund, den man anführen könnte, ist die Befürchtung, die dem Luftzuge hinderlichen Widerstände zu stark zu machen, wenn die Geschwindigkeit eine geringe ist. Wenn man die Geschwindigkeit der Luft beim Austritte aus einem 20 Meter hohen Rauchfange (diese Höhe ist die gebräuchlichste und man findet höchst selten niedrigere Rauchfänge) berechnet, so findet man durch Anwendung der theoretischen Formel 20,76 Meter per Secunde für eine Temperatur von 300° , und 14,68

Meter für 150° . Die Vergleichung der theoretischen und der praktischen Resultate (siehe Anmerkung 1, S. 48) zeigt uns, dass die wirkliche Geschwindigkeit sich gewöhnlich auf ein Fünftel der theoretischen beläuft. Bei 300° bleibt uns mithin eine wirkliche Geschwindigkeit von wenigstens 4,15 M. und bei 150° eine von 2,94 M., also annähernd von 3 M. Dieser letztere Werth ist noch bedeutend, und wenn wir erwägen, dass in den Rauchfängen der Wohnzimmer, von denen wir weiter oben sprachen, die Geschwindigkeit höchstens halb so gross ist, und doch in denselben ein hinreichender Luftzug stattfindet, welches auch der Zustand der Atmosphäre sei, so finden wir, dass man nicht in Folge übertriebener Befürchtungen auf die Kohlenersparniss verzichten darf, die man aus einer niedrigeren Temperatur der Luft im Rauchfange erzielen kann. Wir sind mithin der Meinung, dass man ohne irgendeinen bedeutenden Uebelstand eine Oekonomie von 10—15 % realisiren kann, indem man die verlorene Wärme der Rauchfänge benutzt, d. h. indem man die Wärme der Gase des Ofens in der Art verwendet, dass dieselben bei ihrem Herausströmen aus dem Rauchfange nur noch eine Temperatur von $150-200^{\circ}$ besitzen. Wir werden in der Folge sehen, durch welche Vorrichtung man diesen Zweck erreichen kann.

Zur Bestimmung der Dimensionen der Rauchfänge hat man sowol verschiedene theoretische wie auch verschiedene praktische Regeln aufgestellt. ¹⁾ Die einfachste

1) Die Formel für die Berechnung der Dimensionen eines Rauchfangs wird gefunden, wenn man den Luftzug dem Gewicht der Luft, die zur Verbrennung während einer Secunde nothwendig ist, gleichsetzt. Ist n die Zahl der in einer Stunde zu verbrennenden Kilogramme Kohlen und A das Gewicht der zur Verbrennung von 1 K. Kohlen nothwendigen Luft, so braucht man in einer Stunde nA Kilogramme Luft, mithin in einer Secunde $\frac{nA}{3600}$ K.

Da nun dieses Gewicht dem der Luft gleich sein muss, die

davon ist die von d'Arcet, die aus zahlreichen, bei solchen Rauchfängen, deren Gang ein befriedigender war, an-

in einer Secunde aus dem Rauchfange herausströmt, d. h. dem Werthe des Luftzugs, so hat man:

$$\frac{ms \sqrt{H \cdot T}}{1 + aT} = \frac{nA}{3600}.$$

Wir haben früher gesehen, dass die Temperatur wenig Einfluss ausübt, solange dieselbe zwischen den Grenzen 200° und 500° liegt, Grenzen, die der Wirklichkeit entsprechen. Man kann $T = 300^\circ$ setzen und findet:

$$\frac{A}{3600} \cdot \frac{1 + aT}{m \sqrt{T}} = M.$$

M ist ein fast unveränderlicher Werth, oder vielmehr ein Werth, der sich nur mit den speciellen Hindernissen bei jedem Rauchfange ändert; mithin hat man theoretisch

$$s = \frac{Mn}{\sqrt{H}},$$

wenn wir die Widerstände ganz unbeachtet lassen, mithin $m = 0,268$, A gleich dem Volumen, welches die Erfahrung als zur Verbrennung der Kohlen nothwendig erkannt hat, nämlich = 18 Kubikmeter und $T = 300^\circ$ setzen, so findet man $M = 22$ Quadratcentimeter, während n die Kilogrammzahl der in einer Stunde zu verbrennenden Kohlen ausdrückt und H die in Metern ausgedrückte Höhe bezeichnet.

Montgolfier hatte eine Formel gegeben, die, wenn man die obigen Werthe hineinsetzt, die Gleichung

$$s = 100 \cdot \frac{n}{\sqrt{H}}$$

liefert, während eine von Tredgold gegebene Regel zur Gleichung

$$s = 80 \frac{n}{\sqrt{H}}$$

führt.

D'Arcet endlich schlägt vor, den Rauchfängen eine Höhe von 10 Metern zu geben und für den Durchschnitt einen Quadratdecimeter auf je $3 - 3\frac{1}{3}$ Kilogramme Kohlen, die in einer Stunde verbrannt werden sollen, anzunehmen.

Wenn man noch immer annimmt, dass die Geschwindigkeit

gestellten Beobachtungen abgeleitet wurde. Nach dieser Regel soll die Höhe 10 Meter und der Durchschnitt so vielmal einen Quadratdecimeter betragen, als man 3 Kilogramme oder $3\frac{1}{3}$ K. Kohlen in einer Stunde verbrennen will. Wenn man eine grössere Höhe als 10 Meter zu geben beabsichtigt, so kann man den Durchschnitt kleiner machen, indem man denselben durch die Quadratwurzel des Verhältnisses dieser Höhe zu 10 M. dividirt. Bei einer Höhe von 40 M. könnte man mithin den Durchschnitt auf die Hälfte reduciren. Da nun $3 - 3\frac{1}{3}$ Kilogramme dem Kohlenverbrauche der guten Dampfmaschinen entsprechen, so kann man ganz einfach sagen: ein Quadratdecimeter Durchschnitt für jede Pferdekraft und für eine Höhe von 10 Metern. Es haben lebhaftere Debatten über die für Rauchfänge passende Höhe stattgefunden. So hat man sich die Frage gestellt, ob man

der Quadratwurzel der Höhe proportionirt ist, so findet man nach der angegebenen Regel, in Quadratdecimetern

$$s = 1 \cdot \frac{n}{3} \frac{\sqrt{10}}{\sqrt{H}},$$

oder

$$s = 1 \cdot \frac{n}{3\frac{1}{3}} \frac{\sqrt{10}}{\sqrt{H}}$$

oder einfacher in Quadratcentimetern

$$s = 100 \frac{n}{\sqrt{H}}.$$

Man sieht, dass diese Formel mit der Montgolfier's identisch ist und dass sie den grössten Durchschnitt gibt. Man wird wohlthun dieselbe anzuwenden.

Vergleichen wir die Zahl $M = 22$, welche die einfache theoretische Formel als einem passenden Luftzuge entsprechend liefert, mit der Zahl $M = 100$, welche man durch die Erfahrung als vollkommen hinreichend erkannt hat, so ergibt sich hieraus, dass die Geschwindigkeit der Luft beim Ausströmen aus dem Rauchfange, welche die Theorie liefert, wenigstens gleich $\frac{22}{100}$ oder annähernd $\frac{1}{5}$ der wirklichen Geschwindigkeit ist.

nicht lieber den Durchschnitt der Rauchfänge statt der Höhe vergrössern, ob man breite und nicht hohe Rauchfänge, oder enge und hohe bauen solle. Wir glauben uns für weite Rauchfänge aussprechen zu müssen, deren Höhe eben gerade nur so bedeutend ist, wie es die lokalen Umstände durchaus erheischen.

Selten kann man, ohne Uebelstände für sich selbst und für die Nachbarn, einem Rauchfange eine Höhe von weniger wie 10 — 15 Meter geben. Diese Höhe ist hinreichend, um eine Geschwindigkeit hervorzubringen, welche die äussern Einflüsse zu überwinden im Stande ist, und wenn man den Durchschnitt nach der von d'Arcet gegebenen Regel berechnet, so kann man mit Sicherheit auf einen guten Luftzug rechnen. Will man den Durchschnitt nur halb so gross machen, so muss man die Geschwindigkeit verdoppeln, mithin die Höhe auf das Vierfache, also auf 40 Meter bringen. Uebrigens bin ich überzeugt, dass bei diesen Dimensionen der Luftzug weit geringer sein wird als bei den oben angegebenen; denn die Erfahrung lehrt, dass der Luftzug ersichtlich nicht mehr mit der Höhe zunimmt, sobald diese 30 Meter überschreitet, und man gewinnt mithin nicht durch die Vervierfachung der Höhe, was man durch die Reducirung des Durchschnitts auf die Hälfte verliert.

Wir wollen jedoch annehmen, der Luftzug sei ebenso gut und man könne über den Einfluss der Widerstände vollkommen beruhigt sein und berechnen, um welchen Preis man dieses unbedeutende Resultat erlangt hat.

Sollen in einer Stunde 200 K. Kohlen verbrannt werden, so muss der Durchschnitt bei einer Höhe von 10 Meter, 70 Quadratcentimeter betragen, oder 35 Quadratdecimeter, wenn die Höhe 40 Meter beträgt. Wir nehmen ferner an, wir construirten einen runden, inwendig cylinderförmigen Rauchfang, der auswendig kegelförmig ist, mit einer Böschung von 30 Millimetern pro Meter, und welcher oben einen halben Backstein dick

ist. Wie wir sehen werden, sind dies die gebräuchlichen Verhältnisse. Mit Hülfe der geometrischen Formeln ¹⁾ finden wir, dass das Volumen der Backsteine gleich ist:

1) Durch Anwendung der Lehrsätze, die sich auf die Bestimmung des Volumens eines abgekürzten Kegels und einer abgekürzten Pyramide beziehen, ist es leicht, den körperlichen Inhalt des Mauerwerks eines Rauchfangs, sowie dessen Gewicht zu berechnen. Wir haben vier Hauptfälle zu untersuchen:

1. Es sei der Schornstein inwendig und auswendig kegelförmig. Wir bezeichnen mit r und mit e den innern Radius und die Dicke am obern Ende, r' und e' den Radius und die Dicke am untern Ende, h die Höhe. Der Körperinhalt ist der Unterschied zweier abgekürzten Kegel, welche die gemeinschaftliche Höhe h haben und wo die Radien der Grundflächen beim einen r und r' , beim andern $r + e$ und $r' + e'$ sind. Nach dem bekannten Satze über das Volumen eines abgekürzten Kegels findet man:

$$U = \left\{ \frac{h}{3} \pi (r + e)^2 + \pi (r' + e')^2 + \pi (r + e) (r' + e') \right\} - \frac{h}{3} \left\{ \pi r^2 + \pi r'^2 + \pi r r' \right\},$$

$$\text{oder } U = \pi \frac{h}{3} \left\{ e(e + e' + r' + 2r) + e'(e' + r + 2r') \right\}.$$

Nennt man k und i die äussere und die innere Neigung der Wände des Rauchfangs, so ist

$$\begin{aligned} r' &= r + i h \\ e' &= e + (k - i) h \end{aligned}$$

und man findet:

$$U = \pi h \left\{ e^2 + 2re + k h e + (k - i) h \left(r + \frac{k + i}{3} h \right) \right\}. \quad (a)$$

Man gibt dem obern Ende gewöhnlich eine Dicke von einem halben Backsteine und nimmt für die äussere Neigung bezüglich 0,024 bis 0,030 M. pro Meter, und für die innere 0,015 bis 0,018 M.

Setzen wir nun $e = 0,11$, $k = 0,030$, $i = 0,018$ in die obige Formel, so finden wir:

$$U = 3,14 h \left\{ 0,0121 + 0,22r + 0,0033h + 0,012hr + 0,000192h^2 \right\}. \quad (b)$$

2. Ist der Schornstein inwendig cylinderförmig und auswendig kegelförmig, so braucht man nur in der Formel (a) $i = 0$ zu setzen und erhält dann:

$$U = \pi h \left\{ e^2 + k h e + 2re + k h \left(r + \frac{k h}{3} \right) \right\}. \quad (c)$$

7,23 Kubikmeter, bei einer Höhe von 10 M. und einem innern Radius von 0,30 M.

115 „ bei einer Höhe von 40 M. und einem innern Radius von 0,21 M.

Man bedarf also zum Bau des ersten Rauchfangs einer Anzahl von 4000 Backsteinen, während zum Bau des zweiten nicht weniger wie 70000 Backsteine erforderlich sind. Noch ist zu bemerken, dass der Arbeitslohn und die Ausgabe für das Fundament nicht einfach im Verhältniss mit der Masse des Mauerwerks wachsen. Je höher der Rauchfang wird, desto mehr wird die Arbeit schwierig und desto langsamer geht sie vor sich. Dies war insbesondere früher der Fall, wo man bei den

Setzen wir dieselben numerischen Werthe wie oben in diese Formel, so wird dieselbe:

$$U = 3,14h \{ 0,0121 + 0,0033h + 0,22r + 0,03hr + 0,0003h^2 \}. \quad (d)$$

3. Es sei ein Schornstein, dessen Querschnitt ein Quadrat ist, inwendig und auswendig pyramidenförmig. Wir bezeichnen mit a und a' die Länge der Seite des innern Durchschnitts oben und unten beim Schornstein, und wir behalten die andern Bezeichnungen bei. Wir bekommen nun:

$$U = \frac{h}{3} \{ (a+e)^2 + (a'+e')^2 + (a+e)(a'+e') - a^2 - a'^2 - aa' \},$$

oder auch

$$U = h \left\{ e^2 + 2ae + khe + (k-i)h \left(a + \frac{k+i}{3}h \right) \right\}. \quad (e)$$

Diese Formel ist der weiter oben abgeleiteten ähnlich. Setzen wir dieselben numerischen Werthe in dieselbe, so erhalten wir:

$$U = h \{ 0,0121 + 0,22a + 0,0033h + 0,012ha + 0,000192h^2 \}. \quad (f)$$

4. Im Falle der Schornstein inwendig prismatisch ist, setzt man wieder $i = 0$ und findet dann:

$$U = h \{ 0,0121 + 0,22a + 0,0033h + 0,03ha + 0,0003h^2 \}. \quad (g)$$

Es ist durchaus unnöthig, sich mit dem Falle zu befassen, wo ein Schornstein inwendig und auswendig cylinderförmig oder prismatisch wäre, da diese Formen nur bei sehr kleinen Schornsteinen angewendet werden können. Uebrigens würde man nur in den obigen Formeln $k = 0$ und $i = 0$ zu machen brauchen.

Bauten der Rauchfänge Gerüste anwendete. Damals nahm der Preis sehr schnell mit der Höhe zu. Was das Fundament betrifft, so ist leicht ersichtlich, dass dessen Masse schneller als im Verhältniss zum Gewicht des Rauchfangs zunehmen, und dass selbst bei gleichem Gewicht das Fundament bei grösserer Höhe bedeutender werden muss; denn je höher und schmaler ein Rauchfang ist, um so mehr ist eine Verrückung des Schwerpunktes zu befürchten. Ich hege die Ueberzeugung, dass man ohne Uebertreibung behaupten kann, dass in dem angenommenen Falle der hohe Rauchfang zwanzigmal mehr kostet als der niedrigere und breitere, ohne vortheilhafter zu sein. Allenfalls wird er schöner scheinen. Immerhin ist die Festigkeit des zweiten Rauchfangs grösser wie die des ersten.

Nach dem von uns Gesagten wird man schwerlich begreifen können, weshalb es so viel unnöthigerweise hohe und schmale Rauchfänge gibt. In gewissen Fällen hat man sicherlich der Schönheit ein Opfer gebracht; denn ein hoher, weit über ein grosses Etablissement hervorragender Schornstein ist eine imponirende Zierde eines Baues. In vielen andern Fällen ist leicht ersichtlich, dass man nicht daran dachte, einen Prachtbau zu machen, und dass Unwissenheit oder unrichtige Ansichten allein zur Wahl einer so unnöthigerweise kostspieligen Form führte.

Die von uns zum Beispiel gewählte Höhe von 10 Meter kann sicherlich nicht oft angewendet werden, weil lokale Umstände dies nicht erlauben. In der That ist ein Rauchfang nicht nur eine Vorrichtung für den Luftzug, sondern er ist auch ein Apparat, der zum Zweck hat, die gasartigen Producte der Verbrennung von den Punkten zu entfernen, wo sie schaden könnten. Jedenfalls muss der Punkt, wo der Rauch in die Luft ausströmt, höher liegen wie der höchste Theil der in der Nähe befindlichen Gebäude. In gewissen Fällen muss der Schornstein hoch genug sein, um zu verhindern, dass der Rauch jemals

den benachbarten Häusern beschwerlich fallen könne. Fast immer wird das Minimum der Höhe durch specielle Umstände bestimmt.

Wenn wir anrathen, breite und nicht hohe Rauchfänge zu errichten, so ist dies so zu verstehen, dass man sowenig wie möglich über die Höhe von 10 M. hinausgehen soll.

Wir wollen nun, was wir bisher über die Dimensionen der Rauchfänge gesagt haben, kurz zusammenfassen, indem wir hinzufügen, dass nie ein zu starker Luftzug zu befürchten ist, weil man einen solchen immer mittelst eines Registers mässigen kann und etwas zu starke Dimensionen eine Vorsicht für die Zukunft sind, und folgende einfache Regel aufstellen:

Man gebe den Rauchfängen eine nur um wenig grössere Höhe als die, welche die örtlichen Verhältnisse erheischen, und nehme den Durchschnitt derselben gleich so viel mal einem Quadratdecimeter, als man in einer Stunde 3 K. Kohlen verbrennen will.

Wenn man nur die unumgänglich nöthige Oberfläche für den Durchschnitt haben will, so dividirt man die Zahl der in einer Stunde zu verbrennenden Kilogramme Kohlen durch die Quadratwurzel der Meterzahl der Höhe.

Noch müssen wir hinzufügen, dass, wenn der Rauchfang inwendig pyramidenförmig ist, wie dies am häufigsten vorkommt, der auf die angegebene Weise zu berechnende Durchschnitt der des obern Endes des Rauchfangs ist.

Ich brauche wol nicht besonders hinzuzufügen, dass die gegebenen Regeln auch auf die Rauchfänge anwendbar sind, die zugleich mehreren Herden entsprechen; nur muss ich die Bemerkung machen, dass man in diesem Falle den Durchschnitt berechnen muss, indem man den Totalverbrauch sämmtlicher Herde in Anrechnung bringt und dabei annimmt, dass diese Herde alle zugleich in Thätigkeit sind, selbst dann, wenn man nicht vorausieht, dass dies in der That stattfinden werde. Man

sieht in der That leicht ein, dass wegen der Anzahl und der Länge der Rauchkanäle und der nicht vermeidlichen verschiedenen Richtung derselben der Luftzug in diesen Rauchfängen mehr Hindernisse zu bewältigen hat, als wenn dieselben nur für einen einzigen Herd dienen.

In diesem Falle ist auch eine grössere Höhe (20—30 M.) rathsam, damit die Hindernisse um so leichter besiegt werden.

Die Rauchfänge der Dampfmaschinen werden entweder mit Backsteinen gebaut oder aus Eisenblech gefertigt. Die erstgenannten Rauchfänge sind weit dauerhafter und einem guten Luftzuge günstiger, während die Rauchfänge aus Eisenblech leichter sind und weniger Raum einnehmen, aber nicht lange dauern und auch den Uebelstand darbieten, dass das Eisenblech ein guter Wärmeleiter ist und der hieraus folgende Wärmeverlust dem Luftzug schadet. Der zuletzt erwähnte Uebelstand ist besonders bei den sehr engen Rauchfängen aus Eisenblech fühlbar, die bei den Oefen von kleinen Dampfmaschinen angebracht sind, weil ihre äussere Oberfläche im Vergleich mit der Luftmasse, die durch dieselben geht, sehr bedeutend, und die Erkaltung so stark ist, dass an Regentagen der Luftzug zu schwach wird, sodass mir schon Fälle vorgekommen sind, wo aus dieser Ursache Dampfmaschinen still stehen blieben, indem es ganz an Dampf fehlte.

Man darf Rauchfänge aus Eisenblech nur dann anwenden, wenn die Natur des Terrains dies erheischt, oder es an Platz gebricht einen Rauchfang von Backsteinen zu bauen, der nothwendigerweise mehr Raum erfordert. Es ist selbstverständlich, dass sich das Gesagte nur auf feststehende Maschinen bezieht. Die mit Backsteinen gebauten Rauchfänge können verschiedene Formen haben. In Bezug auf Kohlenersparniss sind diese Formen ganz gleichgültig. Einige Schriftsteller behaupten jedoch, dass die runden Rauchfänge den Vorzug verdienen, weil diese für dieselbe Durchschnitts-

fläche den kleinsten Umfang haben und mithin weniger Reibung verursachen. Es ist diese Behauptung eine theoretische Kinderei; denn wenn wir die Formeln, welche die Theoretiker, z. B. Herr Peclet, geben, anwenden, und den Unterschied des Luftzugs in einem runden und einem viereckigen Rauchfange berechnen, die beide 30 Meter Höhe und 25 Quadratdecimeter Durchschnittsfläche haben, so ergibt sich, dass der Luftzug im erstern um $\frac{1}{100}$ stärker ist wie im andern. Sollte man einen solchen Verlust zu vermeiden wünschen, so dürfte man nur den Querschnitt des viereckigen Rauchfangs um $\frac{1}{100}$ grösser machen als den des runden. Eine Vermehrung der Seite des innern Durchschnitts um 3 Millimeter, von 500 auf 503 Millimeter würde schon mehr als hinreichend sein.

Wir halten dafür, dass es von Wichtigkeit ist, die Angaben der Theorie auf ihren wirklichen Werth zurückzuführen, weil es nur zu oft vorkommt, dass Praktiker den unwichtigsten Angaben der Theorie grossen Werth beilegen und der Realisation der Vorschriften der Theorie die anderer und weit wichtigerer aufopfern. Auch sehen wir in guten Werken, die mit vollem Rechte oft von den Praktikern zu Rathe gezogen werden, die theoretischen Vorschriften auseinandergesetzt, ohne dass angegeben wäre, welches diejenigen sind, deren genaue Beobachtung von besonderer Wichtigkeit ist. So findet man im «Dictionnaire des arts et manufactures» beim Artikel Rauchfang (cheminée):

«Da der Widerstand, welcher von der Reibung der aufsteigenden warmen Luft gegen die Wände herrührt, im umgekehrten Verhältnisse zur Oberfläche des Durchschnitts und in directem Verhältnisse zum Umfange desselben steht, so ist es passend für die Form des innern Durchschnitts diejenige zu wählen, die bei demselben Umfange die grösste Oberfläche hat, d. h. die kreisförmige. Diese Form ist die beste in Bezug auf den Luftzug und es wird dieselbe jetzt allgemein bei den

Rauchfängen der Dampfmaschinen in Anwendung gebracht.»

Es ist wol begreiflich, dass Personen, die nicht den wahren Werth einer so formellen Behauptung kennen, einer kostspieligen Form den Vorzug geben, die sie für die vortheilhafteste halten.

Etwas höher steht in dem erwähnten Artikel folgende Stelle:

«Die Hindernisse, welche die Leitungsröhren der Bewegung der Gase entgegensetzen, sind je nach dem Stoffe, aus dem die Röhren gemacht sind, verschieden; sie sind bedeutender in irdenen Röhren als in denen von Eisenblech, und in diesen grösser als in Röhren von Gusseisen. Herr Peclet hat erkannt, dass dasselbe Gesetz bei der Bewegung der warmen Luft in den Rauchfängen obwaltet. Obgleich das Gusseisen und das Eisenblech in einem Strome warmer Luft ein weit schnelleres Kälterwerden veranlassen, weil sie bessere Wärmeleiter sind als Backsteine, so ziehen doch metallene Rauchfänge weit besser als backsteinerne. Man gibt jedoch diesen letztern im allgemeinen den Vorzug wegen ihrer grössern Festigkeit und Dauerhaftigkeit.»

Herr Peclet selbst hat die Beobachtung gemacht, dass die innern Wände der Rauchfänge bald mit einer Schicht von Russ überzogen werden, und infolge hiervon die Reibung nicht von dem Material, aus dem sie gebaut sind, abhängt, da dieselbe eben nur mit dem Russe stattfindet. Man ersieht hieraus, dass der Werth der zuletzt angeführten Stelle ein noch geringerer ist wie der Werth der ersten, und man erkennt leicht, infolge der oben von uns gegebenen Auseinandersetzung, dass Rauchfänge aus Eisenblech nicht nur in Bezug auf Dauerhaftigkeit und Festigkeit, sondern auch in Bezug auf Luftzug weit hinter den Rauchfängen aus Backsteinen zurückstehen.

Auch glaube ich nicht, dass man der Bestimmung der Form der Rauchfänge, die dem Winde den besten

Widerstand leistet, ein grosses Gewicht beilegen darf. Schon die Veränderlichkeit der Richtung der Winde macht eine Lösung dieser Frage fast unmöglich.

Nicht von der Theorie hängt mithin die Bestimmung der Form des Querschnitts der Rauchfänge ab, sondern lediglich vom Geschmacke des Baumeisters und des Eigenthümers. Im allgemeinen findet man die viereckige Form weniger gefällig wie die runde; andererseits kostet diese viel mehr, weil für dieselbe die Backsteine mit grosser Sorgfalt zugehauen und zurecht gelegt werden müssen, und mithin der Bau weit mehr an Arbeitslohn kostet. Die Form eines regelmässigen Vielecks ist vielleicht eben so elegant wie die Kreisform und kostet weniger. Die Figuren 2, 3, 4, Pl. 2 geben die Querschnitte der von uns erwähnten drei Arten von Rauchfängen, die dem Herde einer Dampfmaschine von 25 Pferdekräften entsprechen.

Sehr kleine Rauchfänge können cylinderförmig oder prismatisch gebaut werden, das heisst innerhalb wie ausserhalb in ihrer ganzen Höhe überall denselben Querschnitt haben. Fast alle Rauchfänge der Dampfmaschinen müssen aber, um die nöthige Festigkeit zu besitzen, wenigstens äusserlich die Form einer Pyramide haben. Man gibt am obern Ende dem Mauerwerk eine Dicke von einem halben Backstein, d. h. von 0,11 M. Inwendig hat die Wand eine Neigung von 0,000 bis 0,018 M. auf einen Meter, und ausserhalb beträgt die Neigung 0,024 bis 0,030 M. auf den Meter.

Diese Neigung ist natürlich verschieden, da das Mauerwerk am untern Ende des Rauchfangs eine Dicke von einer gewissen Anzahl von ganzen oder halben Backsteinlängen, also von 22, 33 oder 44 u. s. w. Centimeter haben muss. Uebrigens ist diese Dicke gleich 0,11 M. mehr die Differenz der äussern und der innern Neigung, multiplicirt mit der Höhe des Rauchfangs. So z. B. beträgt die Breite des Mauerwerks am untern Ende eines Rauchfangs von 20 M. Höhe und einer Neigung von

0,030 M. ausserhalb und 0,018 M. innerhalb, 0,11 M., mehr 20 mal den Unterschied 0,012 der Neigungen, d. h. 0,35 M. oder ungefähr $1\frac{1}{2}$ Backsteinlängen.

Wenn man den Rauchfang inwendig prismatisch baut, so nimmt einfach die Dicke mit der äussern Neigung zu. Ist diese gleich 0,030 M., so wird, bei 20 Meter Höhe, die untere Dicke $0,11^m + 20 \times 0,030^m$ oder 0,71 M. betragen, also mehr als 3 Backsteinlängen und weniger als $3\frac{1}{2}$. Man kann es in diesem Falle bei 3 Backsteinlängen oder 0,66 M. bewenden lassen und hat dann die Neigung gleich $\frac{0,55}{20}$ oder 0,0275 M.

Baut man einen Rauchfang von einer Höhe von 20 M., einer äussern Neigung von 0,030 M. und einer untern Dicke von 2 Backsteinlängen oder 0,44 M., so wird die innere Neigung dem Unterschiede $0,71^m - 0,44^m$ zwischen der Dicke ohne innere Neigung und der Dicke mit innerer Neigung, getheilt durch die Höhe, gleich sein, also $\frac{0,027}{20}$ oder 0,0135 betragen.

Man ersieht hieraus, wie innerhalb gewisser sehr enger Grenzen die Neigung je nach der Einrichtung der Rauchfänge grösser oder kleiner sein kann.

Da der Bau pyramidenförmiger Rauchfänge das Behauen der Backsteine nöthig macht, so baut man zuweilen Rauchfänge, die aus prismatischen Abtheilungen von verschiedenem Querschnitte bestehen, die aufeinander gesetzt werden (siehe Fig. 5, Pl. 2). Diese Form ist weder so schön noch so dauerhaft wie die pyramidale; sie kostet aber weniger. Man kann zum Bau der Rauchfänge gewöhnliche Backsteine, die durch einen Mörtel von Kalk und feinem Sande zusammengehalten werden, anwenden. Nur für eine sehr hohe Temperatur, z. B. eine solche, die 500° übersteigt, wird die Anwendung feuerbeständiger Backsteine nothwendig.

Man bediente sich ehemals beim Baue der Rauchfänge aussen angebrachter Gerüste, die sehr kostspielig

waren. Heutigen Tags wirkt sozusagen das Mauerwerk des Rauchfangs selbst zum Weiterbaue mit; denn sobald der Maurer 60—80 Centimeter in die Höhe gebaut hat, so fügt er eine Eisenstange ein, auf welcher ein kleiner Fussboden errichtet wird. Auch zieht der Maurer selbst vermittelst eines kleinen Kranichs, mit Beihülfe eines Handlangers, die Backsteine und den Mörtel zu sich hinauf. Die eisernen Stangen bleiben in dem Mauerwerke und leisten beim Reinigen des Rauchfangs oder bei nöthig werdenden Reparaturen desselben gute Dienste. Auf die angegebene Weise kann ein guter Maurer mit einem Handlanger in Zeit von einigen Wochen einen hohen Rauchfang bauen. Wir müssen hier noch zu Gunsten der weiten Rauchfänge bemerklich machen, dass die soeben beschriebene Bauweise, die so sehr wohlfeil ist, bei einem hohen und engen Rauchfange fast gar nicht in Anwendung gebracht werden kann.

Die Querschnitte der Rauchfänge aus Eisenblech sind entweder kreisförmig oder elliptisch. Die der feststehenden Maschinen sind im allgemeinen kreisförmig. Es ist rathsam dieselben kegelförmig zu machen und ihnen unten eine grössere Dicke wie oben zu geben. So kann z. B. die obere Dicke 4 Millimeter betragen, während dieselbe abwärts für jeden Meter Höhe um $\frac{1}{4}$ Millimeter zunimmt. Eine äussere Böschung von 0,010 M. ist hinreichend. Bei Rauchfängen aus Eisenblech ist noch weit mehr wie bei solchen aus Backsteinen Grund vorhanden, weite und nicht hohe den engen und hohen vorzuziehen. In der That kommt zu den von uns bereits angegebenen Gründen noch der Umstand hinzu, dass der Wärmeverlust durch Erkaltung direct mit der Höhe und umgekehrt mit dem Durchmesser wächst, und man mithin diese Ursache, die so wesentlich zur Verminderung des Luftzugs beiträgt, doppelten Einfluss ausübt, wenn die Höhe wächst und der Durchmesser abnimmt. Uebrigens ist auch hier der

Preisunterschied, wenn auch nicht so gross wie bei den Rauchfängen aus Backsteinen, immerhin sehr bedeutend.

Wir wollen annehmen, ein Rauchfang aus Eisenblech habe eine Höhe von 10 Meter und sein Durchmesser sei = 1 Meter. Die Oberfläche des Querschnitts beträgt mithin 78,54 Kubikdecimeter und sein Umfang 3,143 M., während die äussere Oberfläche 31,43 Quadratmeter gross ist. Nach einer weiter oben aufgestellten Regel wird die Dicke oben 4 Millimeter, unten aber 6,5 Millimeter betragen, und also einen mittlern Werth von 5,25 Millimeter haben. Man ersieht nun aus den hierauf bezüglichen Tafeln, dass ein Quadratmeter Eisenblech, welches $5\frac{1}{4}$ Millimeter dick ist, ungefähr 41 Kilogramm wiegt, und man kann mithin annehmen, wenn man auch die Bedeckungen in Anschlag bringt, dass das Gesamtgewicht des Eisenblechs sich annähernd auf 1300 K. beläuft.

Wenn man den Querschnitt auf die Hälfte, also auf 39,27 Quadratdecimeter reducirte und um denselben Luftzug zu erhalten die Höhe viermal grösser macht, dieselbe also 40 M. beträgt, so wird der Durchmesser des Querschnitts = 0,707 M., der Umfang = 2,221 M. und die Oberfläche des Rauchfangs = $40 \times 2,221$ oder 88,84 Quadratmeter sein. Da nun die obere Dicke 4 Millimeter beträgt, so wird die untere Dicke $= 4 + \frac{1}{4} \times 40$ oder = 14 Millimeter, mithin der mittlere Werth der Dicke $= \frac{14 + 4}{2}$ oder 9 Millimeter sein. Für diese Dicke beträgt das Gewicht eines Quadratmeters 70 Kilogramm. Das Gewicht des Rauchfangs ist also = 6500 K., mithin fünfmal so gross wie das des ersten. Auch werden beim ersten weit weniger Nietnägeln verwendet, die Krümmung ist nicht so bedeutend und also die darauf zu verwendende Arbeit geringer, und es kann derselbe mit weit grösserer Sorgfalt construirt werden.

Die Rauchfänge von Eisenblech werden mittelst starker Bolzen auf eine grosse Platte von Gusseisen festgemacht, welche man ebenfalls mit Bolzen an den Fundamenten befestigt. Diese Fundamente brauchen nicht so stark zu sein wie die der Rauchfänge aus Backsteinen, die bei weitem schwerer sind als die Rauchfänge von Eisenblech.

Man thut wohl daran, die Rauchfänge, die aus Backsteinen sowol wie die aus Eisenblech, auf einem Sockel von sehr starkem Mauerwerk zu errichten, zu welchem die Rauchkanäle hinführen und an dem eine Oeffnung angebracht ist, die man mit einem Mauerwerke schliesst, welches nur die Dicke einer halben Backsteinlänge hat und dazu dient, behufs der Reinigung und vorzunehmenden Reparaturen ins Innere des Rauchfangs zu gelangen.

Dieser Sockel muss auf einem sehr starken Fundamente ruhen, besonders wenn der Rauchfang mit Backsteinen gebaut ist. Man kann den Rauchfang, von dem Fig. 6, Pl. 2 eine Zeichnung gegeben ist, als ein Muster hierin betrachten. Dieser Rauchfang ist nach einem von R. Stephenson entworfenen Plane für die Kessel von zwei feststehenden Dampfmaschinen auf der Eisenbahn zwischen London und Birmingham bei der schiefen Ebene von Hampstead erbaut worden. Die Stärke der Maschinen beträgt für beide zusammen 120 Pferdekkräfte. Das Fundament A besteht aus einer Grundmauer von Quadersteinen, deren Seite 7,20 M. und deren Dicke 1,80 M. beträgt. Diese Mauer trägt eine Pyramide aus Backsteinen und diese ein Prisma ebenfalls aus Backsteinen, auf dem der Rauchfang ruht. Man sieht, dass die Dimensionen des Rauchfangs nicht zu knapp berechnet sind, denn er hat eine Höhe von ungefähr 40 M. und die Oberfläche seines Durchschnitts am obern Ende misst 120 Quadratdecimeter, d. h. ebenso viel als man durch die Regel d'Arcet's für eine Höhe von 10 M. finden würde.

Auf dem Rauchfange muss ein Capital von Hau-

steinen oder Gusseisen angebracht werden, das dazu dient, das Regenwasser am Eindringen ins Mauerwerk zu verhindern, und das zugleich auch eine Zierde ist. Wenn man dasselbe aus Backsteinen macht, so kann es nur zur Zierde dienen, wenn es nicht mit einer Platte von Eisenblech bedeckt wird. Jedenfalls darf es nicht zu schwer sein, weil dies bei den sehr starken Schwankungen, denen bei starkem Winde grosse Rauchfänge ausgesetzt sind, gefährlich sein könnte.

Es ist rathsamer, über dem Capitäl des Rauchfangs eine Platte von Gusseisen anzubringen, die etwas breiter ist als dessen Mündung und auf Füßen ruht, die in das Capitäl festgelöthet sind (siehe die Fig. 2, 3, 4, 5, Pl. 2).

Wenn man diesen Füßen eine Höhe gibt, die gleich der Hälfte der Seite oder des Durchmessers der obern Oeffnung des Rauchfangs ist, so kann man sicher sein, dass die Platte dem Aufsteigen des Rauchs kein fühlbares Hinderniss darbietet. Sie hat übrigens zwei sehr nützliche Wirkungen: 1) verhindert sie, dass es in den Rauchfang regnet, was dem Luftzug sehr hinderlich sein würde; 2) verhindert sie auch den Einfluss des Windes auf den Luftzug; denn man kann beweisen, dass der Wind nur dann auf den Luftzug hinderlich einwirkt, wenn er vertical von oben nach unten bläst. ¹⁾ Wenn

1) Um den Einfluss des Windes auf den Luftzug im Rauchfange zu bestimmen, zerlegt man die Geschwindigkeit desselben in zwei andere, von denen die eine horizontal und die andere vertical ist. Die horizontale Geschwindigkeit kann, dem Principe der gleichzeitigen Geschwindigkeiten zufolge, der verticalen des Rauchs nicht schaden. Ein Körpertheilchen, welches mit einer verticalen Geschwindigkeit v aus dem Rauchfange herauskommt und vom Winde die Geschwindigkeit v' empfängt, nimmt eine Geschwindigkeit an, die in Bezug auf Richtung und auf Grösse der Diagonale des Rechtecks gleich ist, dessen anliegende Seiten den Geschwindigkeiten v und v' entsprechen. Hieraus geht hervor, dass die Rauchcolumnne, die in einer Secunde aus dem Rauchfange

er eine horizontale Richtung hat, so vermehrt er die Geschwindigkeit der Strömung des Rauchs, während dieser eine schiefe Richtung annimmt, sodass die Rauchcolumnne, die in einer Secunde aus dem Rauchfange hervorquillt, nicht mehr ein gerades, sondern ein schiefes Prisma ist, aber gleiche Basis und gleiche Höhe behält. Wenn der Wind von unten nach oben in verticaler Richtung bläst, so kann derselbe offenbar nur die Stärke des Luftzugs vermehren, und er wird diesen nur dann hindern, wenn er von oben nach unten, also gerade dem Luftzuge entgegenwirkt. Ist seine Richtung nach unten eine schräge, so übt er nur theilweise eine hinderliche Wirkung aus, die man berechnen kann, wenn man die in schiefer Richtung wirkende Geschwindigkeit in zwei andere zerlegt, deren eine horizontal und ohne Einfluss, die andere vertical und allein hinderlich ist.

Welches nun auch die Richtung des Windes sein mag, so wird die neben der Oeffnung des Rauchfangs befindliche horizontale Platte jeden Einfluss desselben auf den Luftzug aufheben, und man muss sich sehr darüber wundern, dass eine so einfache Vorrichtung nicht allgemein angewendet wird, wodurch häufig eine Kohlenersparniss erzielt wird, die weit grösser ist, als bei manchen andern weit weniger einfachen Vorrichtungen.

Wir werden die vielerlei Vorrichtungen, die dazu dienen sollen, die Einwirkung des Windes zu bekämpfen, als da sind Capitäle, Schornsteinhauben, Windfahnen u. s. w. hier nicht näher besprechen, da diese Erfindungen ohne alle reelle Wichtigkeit sind und allenfalls zur Kurzweil an den Schornsteinen der Wohnungen angebracht werden können.

kommt, statt ein gerades Prisma zu sein, dessen Basis die obere Oeffnung des Rauchfangs und dessen Höhe gleich v ist, ein schiefes Prisma sein wird, das gleiche Basis und Höhe mit dem ersten hat, der Wind bringt also in horizontaler Richtung keine störende Einwirkung hervor, und man hat nur gegen die verticale Richtung desselben sich vorzusehen.

Man sieht zuweilen neben den Rauchfängen der Feuerherde Platten von Gusseisen, die man mittelst zur Erde herabhängender Ketten höher oder niedriger stellen kann. Diese Platten dienen zu Registern, mittelst deren der Luftzug gemässigt werden kann. Man wendet sie nur noch bei den Rauchfängen der Locomotiven an. Eine einfachere Vorrichtung besteht in einer verticalen Platte (Fig. 7, 8, Pl. 2), welche durch ein Gegengewicht im Gleichgewicht gehalten wird, das zwischen zwei Fugen in einem der Kanäle des Rauchfangs herabhängt, der sich fast immer unmittelbar vor dem Rauchfang befindet. Die beiden Fugen, in denen sich die Platte bewegt, befinden sich fast immer in einem eisernen Rahmen, der in den Rauchfang eingemauert ist. Man kann auf diese Weise den Rauchfang vollkommen schliessen, wenn man das Feuer ganz auslöschen will.

Zuweilen bringt man im Rauchfang ein horizontales Register an, welches aber weit schwieriger zu manövriren ist (siehe Fig. 9, 10, Pl. 2).

Wenn man kein Register anbringen kann, wendet man eine bewegliche Valve an, die mittelst einer Kurbel oder eines Hebels bewegt wird (siehe Fig. 11, Pl. 2). Diese Vorrichtung ist weniger gut, indem man nicht so vollständig den Rauchfang schliessen kann, weil man etwas Spielraum lassen muss, um zu verhüten, dass die Bewegung sehr bald durch die sich in den Feuerkanälen anhäufende Asche unmöglich gemacht werde. Uebrigens ist leicht zu begreifen, dass sich die Zapfen sehr schnell abnutzen müssen.

9. Abwärts führende Rauchfänge.

Der grosse Wärmeverlust, welcher durch die Rauchfänge verursacht wird, hat Veranlassung gegeben, auf Mittel zu denken, einen ökonomischen Luftzug zu erlangen. Wir werden hier nur drei dieser Mittel angeben, nämlich: abwärts führende Rauchfänge, Ventilatoren und die An-

wendung von Dampfingüssen. Die abwärts gehenden Rauchfänge beruhen auf einem merkwürdigen Principe, dem, dass der kalt gewordene Rauch schwerer ist wie kalte Luft. Man denke sich, dass ein gewöhnlicher Rauchfang in einen Kanal einmündet, durch den erkaltender Rauch hindurchströmt, der dann in einen zweiten abwärts führenden Rauchfang gelangt. Man sieht, dass dies System einen Heber bildet, der aus drei Theilen besteht, von denen einer horizontal und die beiden andern vertical sind. Die Producte der Verbrennung steigen in dem ersten Theile in Folge ihrer geringern Dichtigkeit aufwärts, die eine Folge ihrer hohen Temperatur ist. Sie verlieren diese Temperatur im horizontalen Theile und kommen bereits kalt geworden in den abwärts führenden Theil. Hier ist ihre Dichtigkeit grösser wie die der äussern Luft, weil sie grossentheils aus einem schweren Gase, der Kohlensäure, bestehen, und in Folge ihrer grössern Schwere werden sie fallen. Der Luftzug wird also durch zwei Ursachen hervorgebracht, die in demselben Sinne wirken: das Uebermass der Dichtigkeit der äussern Luft über die Wärme in dem aufwärts gehenden Rauchfange, und das Uebermass der Colonne der erkalteten Gase über die der äussern Luft, in dem abwärts gehenden Rauchfange. Eine genaue Analyse der stattfindenden Bewegung¹⁾ zeigt, dass solche

1) Es ist leicht, die Bewegungshöhe in einem auf- und abwärts gehenden Rauchfange zu berechnen; da man einen solchen als einen wahren Heber betrachten kann, in dessen erstem (aufwärts gerichtetem) Theile die Temperatur der Luft T ist und mithin die Dichtigkeit

$$\frac{d}{1 + a T},$$

während in dem andern (niederwärts gehenden) Theile die Temperatur T' ist und die Dichtigkeit

$$\frac{d}{1 + a T'}.$$

In beiden Formeln bedeutet d die Dichtigkeit des Gases bei

Rauchfänge niemals einen Luftzug haben können, welcher dem eines einfachen Rauchfangs gleich käme, es müsste denn möglich sein, die vollständige Erkaltung der Gase zu bewirken.

Wenn wir annehmen, dass die Luft noch eine Temperatur von 100° in dem abwärts führenden Theile des Rauchfangs behält, während die Temperatur in dem aufwärts führenden Theile 300° ist, so würde der Theorie nach der Luftzug auf $\frac{3}{4}$ von demjenigen reducirt sein, den

einer Temperatur von 0° . Der Luftdruck braucht nicht in Rechnung gebracht zu werden, da derselbe für die Endpunkte beider Röhren derselbe ist.

Statt anzunehmen, dass der niederwärts gehende Theil des Rauchfangs mit dem aufwärts gehenden gleiche Höhe H hat und ein schwereres Gas enthält, kann man annehmen, dass das darin enthaltene Gas dieselbe Dichtigkeit $\frac{d}{1 + a T}$ hat, dass aber seine

Höhe $H \frac{1 + a T}{1 + a T'}$ ist. Dann ist der Werth der bewegenden Kraft

$$H \cdot \frac{1 + a T}{1 + a T'} - H$$

oder
$$H \cdot \frac{a (T - T')}{1 + a T'},$$

und der Werth der Geschwindigkeit des Herausströmens

$$v' = \sqrt{2 g H a \frac{(T - T')}{1 + a T'}}.$$

Für den aufwärts gehenden Theil allein wäre die Geschwindigkeit, wie wir bereits gesehen haben:

$$v = \sqrt{\frac{2 g H a (T - t)}{1 + a t}},$$

wenn t die äussere Temperatur bezeichnet.

V' wird gleich v wenn $T' = t$ ist, d. h. wenn man die Temperatur des Rauchs durch Erkaltung derjenigen der äussern Luft gleich gemacht hat, was selten möglich ist, ohne dass die Hindernisse sehr vermehrt würden.

Nimmt man an t sei $= 12^{\circ}$, welches die mittlere Temperatur in unserm Klima ist, und $T' = 100$, wie dies leicht möglich, so

findet man $v' = \frac{3}{4} v$.

man durch einen einfachen verticalen Rauchfang erhalten würde. Diese Reduction ist nicht bedeutend und könnte leicht compensirt werden, indem man den Durchschnitt des Rauchfangs grösser machte, oder die erhitzte Luft mit einer hohen Temperatur in den aufwärts führenden Theil aufnähme, was nicht nachtheilig wäre, da die Wärme benutzt würde.

Diese Art von Rauchfängen ist mehrmals mit Erfolg in Anwendung gebracht worden, aber eine bedeutende Schwierigkeit beschränkt den Gebrauch derselben; es ist durchaus nöthig den kalten Rauch fortschaffen zu können. Der günstigste Umstand ist der, wo man ein fliessendes Wasser hat, auf dessen Oberfläche man den Rauch aus dem abwärts gehenden Theile leiten kann, und dessen Bewegung den Luftzug bedeutend befördert. Andererseits muss man Mittel finden, auf einfache Weise die Wärme des horizontalen obern Theils des Rauchfangs nützlich zu verwenden. Bei vielen Gewerbszweigen könnte diese Wärme dazu dienen, einen Raum zum Trocknen zu heizen, Wasser zu wärmen u. s. w.

Im ganzen genommen kann man die Anwendung der abwärts gehenden Rauchfänge nicht allgemein empfehlen, es kann dieselbe aber in Fällen, wie in den angeführten und ähnlichen, sehr vortheilhaft sein.

10. Luftzug mittelst Dampfeingusses.

Dieses Mittel scheint den Alten bekannt gewesen zu sein und hat durch seine Anwendung bei Locomotiven in unserer Zeit eine grosse Wichtigkeit erlangt. Die Wirkung desselben ist ausserordentlich energisch. Bei den Locomotiven ist dies leicht erklärlich, da hier die Dampfcolonne mit einer grossen Geschwindigkeit ausströmt, indem sie den ganzen Rauchfang anfüllt und so den Effect eines sich von unten nach oben fortbewegenden Kolbens hervorbringt. Es ist aber nicht nöthig,

dass der Dampfstrom den ganzen Rauchfang ausfülle, und die Erfahrung beweist, dass ein Dampfstrom, selbst wenn er sich in der freien Luft bewegt, nach seiner Richtung hin einen starken Luftzug veranlasst. Man kann deshalb den Luftzug eines Herdes stärker machen, indem man einen Dampfstrom entweder in den Rauchfang oder in den Aschenherd unter dem Feuerherde führt. Im ersten Falle hat dieser Strom die Wirkung einer Saugmaschine, im andern aber die eines Blasebalgs. In beiden Fällen ist es gut, wenn der Dampf durch mehrere Oeffnungen hereindringt, damit er sich um so mehr in die Breite ausdehnt. Man kann z. B. eine Röhre mit vier offenen Endröhren anwenden. Es ist dies ein vorzügliches Mittel, das einfachste, welches man anwenden kann, wenn der Luftzug eines Rauchfangs unzureichend ist. Was die hierdurch veranlassten Ausgaben betrifft, so glaube ich nicht, dass man schon jetzt darüber ein begründetes Urtheil fällen könnte, indem noch Erfahrungen hierüber gesammelt werden müssen. Man weiss indessen, dass bei den Locomotiven der Luftzug sehr theuer ist, was aber allerdings grösstentheils daher rührt, dass man unter ungünstigen Umständen eines sehr starken Luftzugs bedarf. Um dem ausserordentlichen Verbräuche dieser Maschinen zu genügen, muss man durch eine grosse Anzahl von engen Röhren eine sehr bedeutende Luftmasse herbeiführen, die durch einen niedrigen und nicht weiten Rauchfang ausströmen muss. Um dies möglich zu machen, ist man genöthigt, den Dampf zu zwingen mit einer grossen Geschwindigkeit durch die verengerte Oeffnung der Abführungsröhre herauszuströmen. Hierdurch entsteht ein Gegendruck in den Cylindern, der sich bis zu 30% des Drucks erheben kann. Man begreift leicht, welch bedeutender Verlust an Arbeit und Brennmaterial hierdurch entsteht.

Man darf bei der Untersuchung der Mittel, den Luftzug zu befördern, ein Princip nie aus den Augen verlieren, nämlich, dass nur durch die Benutzung der Wärme

des Rauchs ein Vorthail erzielt werden kann. Der Luftzug ist nicht möglich, ohne dass ein gewisses Wärmequantum durch den Rauch entführt würde. Wenn man nun irgendein Mittel findet, die Bewegung der Luft im Herde hervorzubringen, und diese Luft erst dann ausströmen zu lassen, wenn man ihr wieder alle die Wärme entzogen hat, welche sie durch die Verbrennung empfangen, so hat man noch zu untersuchen, ob die durch die angewendete Vorrichtung veranlassten Ausgaben höher oder niedriger sind, als der Verlust, den man durch die Nichtbenutzung des gewonnenen Wärmequantums erleiden würde. Es ist ersichtlich, dass wenn bei dieser Vorrichtung man die warme Luft mit der Temperatur, die sie in unsern Rauchfängen hat, entweichen lässt, die Ausgabe für die Beförderung des Luftzugs einfach zum Wärmeverluste durch den Rauchfang hinzuzufügen sein wird. Dies ist der Fall bei den Locomotiven.

Die Beförderung des Luftzugs durch Dampfinguss bei den Locomotiven darf man nicht als eine Ersparniss bezweckend ansehen, sondern als ein Mittel, unter hindernden Umständen einen starken Luftzug zu erhalten, was es auch kosten mag.

Ein Hinderniss stellt sich der Beurtheilung der Verwendung eines Dampfingusses zur Beförderung des Luftzugs in Bezug auf Ersparniss entgegen, nämlich der Umstand, dass man dies Mittel nur in den Fällen in Anwendung gebracht hat, wo es schwer gewesen wäre, sich einen hinreichenden Luftzug durch den Rauchfang zu verschaffen, wie z. B. auf den Dampfschiffen. Es fragt sich nun, ob unter günstigen Umständen und bei Anwendung von Dampfkesseln, denen man eine Heizfläche geben könnte, die gross genug wäre, um die Wärme der Gase zu benutzen, man nicht mit Vorthail, in Bezug auf Oekonomie, einen hinreichenden Luftzug durch Einguss von Dampf erlangen könnte. Wahrscheinlich würde die Beantwortung der Frage bejahend ausfallen, wenn

man den Dampf dazu verwenden könnte, der bei den Maschinen ohne Condensation verloren geht.

11. Mechanische Vorrichtungen zur Beförderung des Luftzugs.

Wir haben es hier nicht mit den verschiedenen Maschinen zum Einblasen der Luft zu thun, die entweder vorgeschlagen oder in Anwendung gebracht worden sind. Bei den Herden der Dampfmaschinen hat man nur eine einzige Art von solchen Apparaten gebraucht, nämlich Luftzieher. Die Continuität ihrer Wirkung, die Einfachheit ihrer Einrichtung und die Leichtigkeit Reparaturen an denselben vorzunehmen, empfehlen diese Apparate zu einer beständigen Verwendung. Wir können weder hier alle in Vorschlag gebrachten Ventilatoren beschreiben, noch über deren Werth ein Urtheil fällen, sondern wir müssen uns darauf beschränken, die einfachste und am häufigsten in Anwendung gebrachte Vorrichtung zu besprechen, indem wir die Bemerkung hinzufügen, dass die andern zusammengesetzten Vorrichtungen keine solchen Vortheile darbieten, dass man denselben eine grosse Wichtigkeit beilegen sollte, besonders in Bezug auf den Punkt, um den es sich hier besonders handelt.

Man weiss, dass die Windtrommeln dadurch wirken, dass sie durch schnelle Umdrehung um ihre Achse der Luft eine starke Centrifugalkraft mittheilen. Die von uns Fig. 12 und 13, Pl. 2 dargestellte Windtrommel ist ganz einfach eine mit Schaufeln versehene Achse, der man vermittelt einer Rolle und eines Riemens eine rasche Bewegung um sich selbst mittheilen kann, sodass sie sich in einer Minute 1500—1800 mal umdreht. Die Schaufeln drehen sich in einer Trommel, deren ebene Seiten neben der Achse mit grossen Oeffnungen versehen sind. An einem Punkte der cylinderförmigen Oberfläche befindet sich die Oeffnung einer weiten Röhre, deren Quer-

schnitt viereckig zu sein pflegt. Die Schaufeln reissen bei ihrer Umdrehung die Luft mit sich fort, und die Centrifugalkraft, welche diese erlangt, treibt sie nach dem äussern Ende der Schaufeln hin und von der Achse weg. In der Nähe von dieser tritt hierdurch eine beständige Verdünnung der Luft ein, was die Herbeiströmung der äussern Luft durch die Oeffnungen veranlasst.

Der Nutzeffect dieser Maschinen ist nur schwach, d. h. die Luftmasse, welche durch dieselben in Bewegung gesetzt wird, entspricht nicht dem Arbeitsquantum, das dieselben erheischen, und es würde ein Gebläse unter Verbrauch desselben Arbeitsquantums weit wirksamer sein. Aber dieser Vortheil wird durch die Nothwendigkeit einer sorgfältigern Construction und die Reparaturen an den Ventilen und den Kolben aufgewogen, besonders in dem Falle, um den es sich hier handelt.

Alle Vorrichtungen, die man erdacht hat, um den Nutzeffect der Ventilatoren zu erhöhen, haben nur schwache Resultate gegeben. Eine der besten dieser Vorrichtungen ist die Excentricität der Achse in Bezug auf die Backen der Trommel, wie sie in Fig. 12 angedeutet ist.

Die Windtrommeln können als Saugmaschinen und als Blasemaschinen wirken. Die erste dieser Wirkungsarten ist die vorzüglichere für die Feuerherde der Dampfmaschinen, und um sie in Anwendung zu bringen, brauchte man nur die Oeffnung des einen Backens der Trommel (der andere Backen ist nothwendigerweise geschlossen) neben das Ende des letzten Feuerkanals zu setzen und das Rohr mit einem Abführungskanale in Verbindung zu bringen. Noch müssen wir in Erinnerung bringen, dass der Rauch soviel wie möglich kalt entweichen muss, wenn man durch Anwendung der Windtrommel einen ökonomischen Luftzug erlangen will.

Im Falle, wo diese Bedingung wirklich erfüllt wird, führt die Anwendung dieses Apparats zu einer sehr bedeutenden Oekonomie. In einem der Bäder von Vigier in Paris wird der Rauch, nachdem er durch enge Röh-

ren geleitet worden, die durch zu wärmendes Wasser führen, und so kalt geworden ist, durch eine Windtrommel ausgesogen und in den Rauchfang abgeführt. Der Apparat drehte sich in einer Minute nur 40 mal um seine Achse, wurde durch einen einzigen Arbeiter gedreht, und war doch wirksam genug, um in einer Stunde die Verbrennung von 85 K. Holz und mithin von 42,5 K. Kohlen zu bewirken. Bekanntlich wird doppelt so viel Luft zur Verbrennung von einem Kilogramm Kohlen als zur Verbrennung von einem Kilogramm Holz erfordert. Da nun eine Pferdekraft siebenmal so viel Arbeit ausrichtet als ein Mann, so ersieht man, dass man mit einer Pferdekraft vermittelst einer Windtrommel so viel Luft aufsaugt als zur Verbrennung von $7 \times 42 = 297,5$ oder ungefähr 300 Kilogramm Kohlen in einer Stunde nothwendig ist. Bei einer guten Dampfmaschine kostet eine Pferdekraft in einer Stunde 3 K. Kohlen. Man erlangt also durch Anwendung der Windtrommel vermittelst 3 K. Kohlen den Luftzug, dessen man zur Verbrennung von 300 Kilogramm Kohlen bedarf; der Luftzug kostet mithin 1% des verbrannten Materials, während der Luftzug der einfachen Rauchfänge 25% kostet.

Ich will noch einen andern Fall mittheilen, der um so bemerkenswerther ist, als die Anwendung in einem grossen Massstabe stattfindet: In einer Bierbrauerei in Löwen reicht eine Windtrommel dazu hin, um die Verbrennung von 1000 K. Kohlen in einer Stunde möglich zu machen. Diese Trommel verwendet 6 Pferdekräfte, was bei einer guten Maschine 15—20 K. Kohlen in einer Stunde erfordert. Hier kostet also der Luftzug nur $1\frac{1}{2} - 2\%$ per Stunde. Ein gewöhnlicher Rauchfang hätte in derselben Zeit einen Verlust von 250 K. Kohlen veranlasst, also jeden Tag von 12 Arbeitsstunden einen Verlust von 3000 Kilogramm. Da nun die Windtrommel nur 240 K. Kohlen täglich verbrennt, so wird, falls die Wärme des Rauchs vor seiner Abführung gänz-

lich hat benutzt werden können, eine Kohlenersparniss von 2700 Kilogramm täglich erzielt.

Es ist schwer zu begreifen, warum so günstige Resultate nicht häufigere Versuche, Windtrommeln zur Beförderung des Luftzugs zu benutzen, veranlasst haben. Ich bin davon überzeugt, dass auf diesem Wege grosse Wahrscheinlichkeit eines günstigen Erfolgs zu hoffen ist, und dass man denselben nur deshalb nicht häufiger einschlägt, weil bei einem ausgedehnten Etablissement alle Theile desselben Ganzen einer von dem andern abhängen und nicht vereinzelt vervollkommenet werden können. So hat man nicht den Versuch machen können, den Wärmeverlust durch die Rauchfänge zu vermindern, solange man nicht ein einfaches Mittel gefunden hatte, welches erlaubte ohne praktische Uebelstände die Wärme der Gase der Feuerherde vollständig zu benutzen. Heutzutage hat die immer allgemeiner werdende Anwendung der Tubularkessel die erwähnte Aufgabe theilweise gelöst, und es bleibt nur noch wenig zu thun, um zur vollständigen Lösung zu gelangen.

12. Der Herd.

Der eigentliche Herd ist derjenige Theil des Feuerungsapparats, wo die Verbrennung stattfindet. Bei den meisten Dampferzeugungsapparaten befindet sich der Herd unter dem Kessel selbst (Fig. 1, Pl. 3): die Kohlen werden durch die Thüre P auf den Rost G gelegt, und seitwärts durch die Seitenwände des Herdes, durch die äussere Wand, in welcher sich die Thüre befindet, und durch die Feuerbrücke A, die eine Art von Treppenstufe im hintern Theile des Herdes ist, zurückgehalten. Unter dem Roste befindet sich ein leerer Raum, der Aschenherd, der die Asche, welche zwischen den Stäben des Rostes herabfällt, aufnimmt, und durch den die zur Verbrennung nöthige Luft in den Herd kommt. Der für eine gute und wohlfeile Verbrennung

wichtigste Theil des Herdes ist der Rost. Uebrigens hängen von seinen Dimensionen die des Herdes ab und aus diesem Grunde haben wir uns zunächst mit der Einrichtung desselben zu beschäftigen.

Der Rost eines Feuerherdes besteht insgemein aus Stäben von Gusseisen, zuweilen auch von geschmiedetem Eisen, welche nebeneinander liegen und in einer kurzen, in ihrer ganzen Länge gleichen Entfernung voneinander angebracht sind, die dadurch entsteht, dass ihre Enden etwas dicker sind als der Rest. Zuweilen ist auch die Mitte der Stäbe so dick wie die Endpunkte (Fig. 1, 2, 3, Pl. 3). Die Entfernung der Stäbe des Rostes ist natürlich doppelt so weit wie die Vorsprünge an den Endpunkten, wie dies aus Fig. 2 ersichtlich ist, die den Grundriss zweier Stäbe enthält. Wenn die Entfernung der Stäbe ein Viertel der Dicke derselben beträgt, so wird die Summe der Zwischenräume sämtlicher Stäbe ein Viertel der Summe der Dicken derselben ausmachen, mithin den fünften Theil der Summe der Dicken und der Zwischenräume. Mit andern Worten, wenn man den kleinen Raum nicht berücksichtigt, den die Vorsprünge an den Enden einnehmen, so macht der freie Raum des Rostes, durch welchen die Luft in den Herd kommt, ein Viertel des vollen Raums und ein Fünftel der Gesamtfläche des Rostes aus. Haben die Stäbe an ihren Enden eine Breite von 25 Millimetern und im übrigen Theile ihrer Länge eine Breite von 20 Mm. und sind dieselben also um 5 Mm. voneinander entfernt, so ist die Summe der leeren Räume gleich einem Fünftel der Summe der Breite an den Enden, also der ganzen Breite des Rostes.

Man sieht leicht ein, dass ein gewisses Verhältniss zwischen den Oeffnungen des Rostes, durch welche die Luft in den Herd dringt, und der Oeffnung des Rauchfangs, durch welchen sie wegströmt, bestehen muss. Gewöhnlich schreibt man vor, dass beide Oeffnungen gleich gross sein sollen. Einstweilen wollen wir diese Regel,

die wir bald näher besprechen und als sehr passend erkennen werden, als richtig annehmen.

Hiernach muss die Oberfläche des Rostes 4, 5 oder 6 mal so gross sein als der Querschnitt des Rauchfangs, je nachdem die Entfernung der Stäbe des Rostes voneinander $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ von ihrer Breite beträgt. Wenn man also die Oberfläche des Querschnittes des Rauchfangs nach der von d'Arcet gegebenen Regel bestimmt (S. 48), so wird die Oberfläche des Rostes 4—6 Quadratdecimeter für jede Pferdekraft betragen oder vielmehr für je 3 K. Kohlen, die in einer Stunde verbrennen sollen. Es muss also für eine Maschine von 30 Pferdekraften der Rost des Herdes eine Oberfläche von 120—180 Quadratdecimeter haben, mithin eine Breite von 1 Meter und eine Länge von 1,20 bis 1,80 M. Wir werden sehen, dass diese letztere Grösse bei weitem die vorzüglichere ist.

Die Dicke und die Entfernungen der Stäbe sind übrigens sehr verschieden. Insgemein sind die Stäbe 30—35 Millimeter dick und 5—10 Mm. voneinander entfernt. Heutiges Tags gibt man häufig den Stäben 20—25 Mm. Breite und 5 Mm. Dicke.

Man schlägt selbst vor, den Stäben nur eine Dicke von 10—15 Mm. zu geben, mit Zwischenräumen von 2—3 Mm. Solche Stäbe müssen natürlich sehr kurz sein, um nicht zu schwach zu werden, und es bedarf daher einer grossen Anzahl derselben zu einem Roste. Es ist dies eben kein grosser Uebelstand, und ich sehe wirklich nicht ein, was man gegen die Anwendung solcher Stäbe für begründete Einwendungen machen könnte; ich kenne aber auch keinen Grund, der diese Anwendung besonders empfehlenswerth erscheinen liesse. Man sagt, dass sie den Vorthail darboten würden, dass man dünne Kohlen von mittelmässiger Güte brennen könnte, weil wegen der geringen Zwischenräume zwischen den Stäben die dünnen Kohlen nicht durch den Rost hindurchfallen könnten, und, da die Stäbe und mithin auch die

Zwischenräume sehr zahlreich wären, die Luft an so vielen Orten durch den Rost in den Herd strömen würde, dass ungeachtet der geringen Entfernung der Stäbe voneinander, es möglich wäre, auch schlechtere Kohlen zu brennen.

Ich zweifle nicht an der Richtigkeit dieser Behauptung, aber ich zweifle ebenso wenig daran, dass man dasselbe Resultat mit Stäben erlangen kann, die 20—25 Mm. dick und 5 Mm. voneinander entfernt sind. Ich habe gesehen, dass man auf Rosten, deren Stäbe wenigstens so viel Zwischenraum hatten und 30 Mm. breit waren, dünne Kohlen brannte, von denen zu Lüttich 100 K. 70 Centimes kosteten, d. h. die Hälfte weniger wie gewöhnliche gute Kohlen.

Unserer Ansicht nach ist es am besten, die Stäbe eines Rostes 20—25 Mm. dick zu machen und dieselben in Zwischenräumen von je 5 Mm. voneinander anzubringen. Auf diese Weise sind die Stäbe stark genug, um eine ziemliche Länge (einen Meter und selbst mehr) bekommen zu können, was stets vortheilhaft für die Zurichtung und die Reparatur des Rostes ist und besonders für das Schüren des Feuers.

Man kann übrigens ohne irgendeinen Uebelstand die Stärke der Stäbe vermehren, indem man ihnen die Fig. 1 angedeutete Form gibt.

Die dreieckige Form des Querschnittes erleichtert die Reinigung des Rostes und verhindert, dass Schlacken im Roste stecken bleiben und ein Hinderniss für den Durchzug der Luft werden.

Man gibt diese Form nur Stäben von Gusseisen; geschmiedete Stäbe haben gewöhnlich einen viereckigen Querschnitt und liegen auf ihrer schmalen Seite. Uebrigens verwendet man diese letztere Art von Stäben gewöhnlich nicht bei den Feuerherden der Dampfkessel. Nur in den Oefen, wo eine sehr hohe Temperatur nöthig ist, wie z. B. in Flammöfen, ist es nöthig, solche Stäbe anzubringen.

Wir werden etwas später verschiedene Vorrichtungen näher besprechen, die man für Roste ersonnen hat, um eine wohlfeile und ohne Rauch stattfindende Verbrennung zu erlangen. Zunächst werden wir uns nur mit den gewöhnlichen Herden beschäftigen, und es bleibt uns in Bezug auf die Roste noch eine wichtige Frage zu untersuchen übrig, nämlich die der Lage in Bezug auf den Kessel; die anzustellende Untersuchung wird uns zu der die Grösse des Rostes betreffenden zurückführen, mit der wir uns bereits beschäftigt haben.

Es ist ersichtlich, dass der Kessel oder die Siederöhren sich in einer gewissen passenden Entfernung vom Feuer befinden müssen. Wäre diese zu gross, so würde die Wärme nicht gehörig benutzt werden; wäre sie aber zu gering, so wäre dies der Verbrennung hinderlich. Wo liegt nun die richtige Mitte? Die Maschinenbauer lassen gewöhnlich eine Entfernung von 30—40 Centimeter zwischen dem Boden des Kessels oder der Siederöhren und dem Roste. Hat man aber eine hinreichende Anzahl entscheidender Experimente angestellt, um diese Entfernung feststellen zu können? Ich glaube, dass noch niemand sich die Mühe gegeben hat, solche Versuche vorzunehmen; und doch glaube man ja nicht, dass diese Frage nur eine geringe Wichtigkeit habe! Herr Peclet erwähnt einer von Herrn von Valcourt berichteten Thatsache: Ein mit Holz geheizter Kessel versorgte eine Maschine, die zwei mechanische Sägemühlen leicht und schnell trieb; der Rost befand sich $3\frac{1}{2}$ Fuss unter dem Kessel. Man verringerte diese Entfernung um 6 Zoll und infolge davon war die Maschine ausser Stand, selbst bei der stärksten Feuerung, mehr als eine der beiden Sägemühlen zu treiben. Sobald man aber die frühere Entfernung wiederhergestellt hatte, konnten auch beide Sägemühlen wieder gleichzeitig arbeiten. Es wäre zu wünschen, dass auch mit Herden, wo Kohlenfeuerung stattfindet, ähnliche Versuche angestellt würden. Die Entfernung des Kessels vom Roste muss sich gleichzeitig mit der Natur des Brennmaterials, mit der Dicke

desselben und also auch mit der Ausdehnung des Rostes ändern. Für Backkohlen mit langer Flamme wird die Entfernung grösser sein müssen als für Kohlen mit kurzer Flamme. Man kann diesem Umstande leicht Rechnung tragen, denn man weiss fast immer, welche Kohlsorte an dem Orte gebrannt zu werden pflegt, wo man einen Dampfkessel einrichten will. Die Dicke der Kohlschicht hängt von der Qualität der Kohlen und ganz besonders, ich wiederhole dies, von der Grösse des Rostes ab. Wir wollen z. B. eine Maschine von 30 Pferdekraften nehmen, die in einer Stunde 90 K. gute Kohlen verbrennt, also etwa einen Hektoliter. Wenn man nun, wie wir dies S. 30 gesagt haben, von Viertelstunde zu Viertelstunde jedesmal 20—25 K. frische Kohlen auflegt, so wird jede dieser Ladungen, wenn sie auf dem Roste ausgebreitet ist, in einer desto kleinern Schicht liegen, je grösser der Rost ist. Die äussersten Grenzen bei der Berechnung der Ausdehnung des Rostes sind 1 Quadratdecimeter für 1,5 K. Kohlen per Stunde und 0,5 Qdm. für 0,5 K. In unserm gegenwärtigen Falle muss der Rost also $\frac{90}{1,5}$ oder 60 Qdm. bis $\frac{90}{1,5}$ oder 180 Qdm.

gross sein. Breitet man einen Viertelhektoliter Kohlen auf einem solchen Roste aus, so wird die Kohlschicht $\frac{25 \text{ Kubikdecim.}}{60 \text{ Quadratdecim.}} = 42 \text{ Mm.}$, oder $\frac{25 \text{ Kdm.}}{180 \text{ Qdm.}} = 14 \text{ Mm.}$

dick sein. Da nun jede Ladung nur den vierten Theil der Kohlen, die im Herde sind, betragen darf, wenn man ein einigermaßen regelmässig brennendes Feuer erhalten will, so wird im ersten Falle die totale Dicke der Kohlschicht 168 Mm. und im zweiten Falle 56 Mm. betragen. Jeder Heizer weiss aber, dass die erstere Dicke viel zu stark ist und dass schon die Hälfte zu einem guten Feuer hinreicht. Mit einem so kleinen Roste, wie er unserer Annahme nach ist und wie er in der Wirklichkeit nur zu oft vorkommt, wird es unmöglich sein, diese zu grosse Dicke zu vermeiden, wenn man nicht bei jeder Ladung die Hälfte der Kohlschicht

erneuert und dieser nur noch ein Volumen von einem halben Hektoliter lässt. Bei diesem Verfahren könnte man unmöglich auf eine beständige gleichmässige und unveränderliche Thätigkeit des Herdes zählen, denn es ist nicht zweifelhaft, dass bei jeder neuen Ladung der Druck des Dampfes in fühlbarer Weise abnehmen würde.

Es wird ebenso schwierig sein, auf einem kleinen Roste eine gute Verbrennung zu erlangen. Die jedesmal aufgelegten Kohlen finden, um zu verbrennen, nur die Wärmemasse vor, die eine gleiche brennende Kohlenschicht entwickelt; wenn nämlich jedesmal die Hälfte der Kohlen erneuert wird. Findet hingegen die Erneuerung per Viertel statt, so wird es an der nöthigen Luft fehlen, weil die dicke Kohlenschicht, die auf dem Roste liegt, dem Durchgange der Luft Hindernisse entgegengesetzt.

Bei dem grossen Roste wäre die Dicke von 56 Mm. eher zu gering wie zu stark. Man kann nicht nur bei jeder Ladung ein Viertel der Kohlenschicht erneuern, sondern man kann selbst diese Erneuerung sechstelweise vornehmen und die Kohlenschicht auf dem Roste eine Höhe von 84 Mm., die für die meisten Kohlsorten passt, erreichen lassen. Bei dem kleinen Roste hätten wir, um keine grössere Dicke zu haben, die Kohlen hälfteweise auflegen müssen. Mit dem grössern Roste findet nun das Brennmaterial, wenn es aufgelegt ist, zugleich mehr Luft und mehr Wärme vor; denn was die Luft betrifft, so wird der Widerstand kein grösserer und es ist eine grössere Menge von Oeffnungen vorhanden, und in Betreff der Wärme findet die Kohlenladung die Wärmemasse vor, die von einer fünfmal grössern Kohlenmasse entwickelt wird.

Wenn wir die Dauer der Verbrennung ins Auge fassen, welches Resultat ergibt sich? Bei dem kleinen Roste müssen wir jede Viertelstunde die Hälfte der Kohlen erneuern; es bleibt also jeder Viertelhektoliter eine halbe Stunde im Herde. Bei dem grossen Roste hat dasselbe Quantum zu seiner Verbrennung anderthalb

Stunden, und es ist nicht zweifelhaft, dass die Verbrennung weit vollständiger stattfindet. Wir haben bereits diese Frage weiter oben (S. 28) besprochen; wir glauben aber darauf zurückkommen und ein grosses Gewicht darauf legen zu müssen, weil dieselbe selbst in guten Werken als Nebensache behandelt wird. So sagen z. B. Herr Peclet in seinem Werke über die Wärme, und Herr Claudel in seiner Sammlung von Formeln und Tafeln, dass Roste, deren Grösse zwischen 1 Kdm. für 2 K. Kohlen pro Stunde bis 1 Kdm. für 0,3 K. beträgt, fast denselben Effect hervorbringen. Diese Herren überschreiten noch die von uns angegebenen Grenzen, und ich weiss wahrlich nicht, worauf sie ihre Behauptung stützen wollen. Wir haben früher gesagt, dass zufolge den Versuchen des Herrn Cavé das Kohlenquantum, welches per Quadratdecimeter der Oberfläche des Rostes verbrannt wird, bis zum Doppelten variiren kann, ohne eine sehr fühlbare und constante Veränderung in der Dampfproduction herbeizuführen. Betrachtet man indessen die mittlern Werthe der Versuche, die unter denselben Umständen angestellt worden sind, so stösst man auf Resultate, die sehr bedeutungsvoll sind. Wir haben die wichtigsten dieser Resultate in der nachfolgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt und werden uns wiederholt bei unserer Untersuchung auf dieselbe stützen. Die mit den Buchstaben *A, B, C, D, E* bezeichneten Kessel hatten folgende Einrichtung:

A. Kessel ohne Siederöhren, 8 M. lang und mit einem Durchmesser von 1 M. Die Flamme und der Rauch ziehen nach dem hintern Theile des Herdes, während sie in Berührung mit der Hälfte der Oberfläche des Bodens und der Seitenfläche des Kessels sind, kommen dann nach vorn in Berührung mit der zweiten Hälfte der Oberfläche und ziehen alsdann durch einen isolirten Kanal, in welchem sich eine Heizröhre befindet, deren Durchmesser 0,30 M. beträgt und deren von der Wärme berührte Oberfläche eine Länge von 6,25 M. hat. Der Kessel ist zuerst mit kaltem Wasser angefüllt

und dann durch das Wasser der Heizröhre gespeist worden.

B. Derselbe Kessel ohne Siederöhren und Rauchrückgang. Man hat die Scheidewand, die sich zwischen den beiden Feuerkanälen befand, weggenommen und den Kanal, in welchem die Heizröhre war, geschlossen, sodass die Flamme und der Rauch direct in den Rauchfang treten, nachdem sie längs der ganzen Heizfläche hingezogen sind.

C. Kessel, 8,30 M. lang, mit einem Durchmesser von 1 M.; mit zwei Siederöhren von 0,40 im Durchmesser. Die Flamme zieht nach hinten, während sie die Bodenfläche und zwei Drittel der Oberfläche der Siederöhren berührt, zieht dann in Berührung mit dem Reste der Heizfläche nach vorn und geht endlich durch den Kanal mit der Heizröhre in den Rauchfang. Die Speisung ist auch hier zuerst mit kaltem Wasser und dann mit dem Wasser der Heizröhre bewerkstelligt worden.

D. Kessel von 6,88 M. Länge, mit einem Durchmesser von 0,80 M. nebst zwei Siederöhren von 0,40 M. im Durchmesser, ohne Rauchrückgang. Die Flamme und der Rauch ziehen direct in den Rauchfang, indem sie zugleich die ganze Oberfläche der Siederöhren und die Hälfte der Oberfläche des Kessels heizen.

E. Derselbe Kessel mit Rauchrückgang. Infolge einer Abänderung in der Disposition der Feuerkanäle kommen die Flamme und der Rauch auf beiden Seiten des Kessels zurück und ziehen dann durch den Kanal, in dem sich die Heizröhre befindet, in den Rauchfang. Wir haben einige der von Herrn Cavé angeführten Resultate unberücksichtigt gelassen, weil dieselben uns nicht geeignet schienen zu einem Schlusse zu führen; auch haben wir in der letzten Colonne der Tabelle die Zahl der Experimente angegeben, nach denen die verzeichnete Mittlere bestimmt worden, um auf diese Weise den Leser besser in den Stand zu setzen, zu

erkennen, welcher Werth jedem der von uns mitgetheilten Resultate beizulegen.

Bezeichnung des Kessels und der Art der Speisung.	Heizfläche.	Oberfläche des Rostes.	Kohlenquantum, das per Stunde und per Quadratdecimeter der Oberfläche des Rostes verbrannt worden.	Entwickel- tes Dampf- quantum		Kohlensorten.	Anzahl der Experimente.
	Qm.	Qdm.	K.	K.	K.		
A. Mit kal- tem Wasser.	12,50	165	0,24	25,6	8,09	Gaillette von Denain	3
	12,50	82	0,48	24,2	7,67	" " "	3
	12,50	82	0,39	16,4	6,45	" " "	1
	12,50	82	0,70	28,8	6,30	" " "	1
A. Wasser aus dem Heizrohre.	12,50	82	0,47	22,2	7,15	Gaillette von Denain	
	12,50	66	0,57	23,0	8,34	" " "	7
	12,50	66	0,60	22,8	7,20	dicke Gaillette von Denain	2
	12,50	66	0,60	22,0	6,32	durchgesiebte Gaillette von Denain	1
	12,50	66	0,60	24,3	7,70	unreine Gaillette von Denain	1
	12,50	66	0,60	21,1	6,70	Geries von Denain	1
B. Kaltes Wasser.	12,50	165	0,44	36,2	6,28	Fast reine Kohlen	5
	12,50	82	0,80	28,5	5,61	von St.-Etienne	5
C. Kaltes Wasser.	32,18	165	0,24	8,9	7,44	Gaillette von Denain	5
C. Warmes Wasser.	23,18	165	0,24	8,3	6,90	Gaillette von Denain	1
	32,18	165	0,35	12,0	6,82	" " "	1
D. Kaltes Wasser.	21,36	165	0,41	21,0	6,57	Tout-venant von St.- Etienne und Denain	7
	21,36	82	0,55	12,9	6,08		3
	21,36	82	0,77	17,5	5,92		2
E. Warmes Wasser.	21,36	165	0,44	21,2	6,23	Tout-venant und Denain	2
	21,36	165	0,44	22,9	6,76	Gaillette und Denain.	2

Es ist zu bedauern, dass Herr Cavé seine Versuche nicht mit mehr Ordnung vorgenommen hat; auch wäre zu wünschen, dass er es vermieden hätte, dieselben unter aufs Gerathewohl verschiedenen Umständen anzustellen. So z. B. sind mehrere seiner Resultate mit verschiedenen Kohlensorten oder mit solchen, die er nicht genau bezeichnet hat, vorgenommen worden. Auch wäre es Herrn Cavé leicht gewesen, seine Experimente in grösserer Anzahl vorzunehmen; denn die Abänderungen an den Herden und die Einrichtung der Kessel kosteten gerade am meisten Zeit und Geld. Durch die Vervielfältigung der Versuche hätte man gewisse Anomalien vermeiden oder erklären können, die man beim ersten Blick auf die Tabelle erkennt. So ist es schwer, den Experimenten der zweiten Gruppe (*A* mit Wasser aus der Heizröhre) einiges Zutrauen zu schenken, mit Ausnahme der sieben ersten. Wie ist es in der That nur denkbar, dass man mit den gewöhnlichen feinen Kohlen (*gaillette*) von Denain unter denselben Umständen 8,34 K. Dampf per Kilogramm Kohlen erlangt habe, und mit den dickern Kohlen (*grosse gaillette*) nur 7,20 K., d. h. ungefähr 15% weniger? Ferner, dass die gesiebten feinen Kohlen 6,32 K., also 25% weniger Dampf liefern als die erstern; dass die unreinen feinen Kohlen 7,70 K., oder 18% mehr als die letztern, und dass endlich die ganz feinen Kohlen (*menu de Denain*), die zuerst gesiebt worden, 6,70 K., mithin 6% mehr liefern als die kleinstückigen Kohlen (*gaillette*), die ebenfalls gesiebt worden? Diese Resultate widersprechen geradezu den Erfahrungen aller Heizer über die Eigenschaften derselben Kohlensorte bei verschiedener Dicke der Stücke.

Was man mit einiger Sicherheit aus den eben angeführten Resultaten schliessen kann, besteht darin, dass man solche Experimente in grosser Anzahl vornehmen muss, um einigermassen sichere Folgerungen daraus ableiten zu können, und dass ein einzelner Versuch ganz werthlos ist.

Um nun zum Gegenstande, der uns hier beschäftigt, nämlich der Grösse der Roste, zurückzukehren, wollen wir nur die Resultate einer hinreichenden Anzahl unter sich vergleichbarer Experimente ins Auge fassen. Aus diesen ergibt sich was folgt:

1. In der ersten Gruppe (*A*, kaltes Wasser) 8,09 K. Dampf auf 1 K. Kohlen, mit einem Roste, wo 1 Qdm. Oberfläche auf 0,24 K. in einer Stunde zu verbrennender Kohlen kommt, und 7,67 K. Dampf mit einem um die Hälfte kleinern Roste. Hier betrüge nun die durch Anwendung des grossen Rostes erlangte Ersparniss 5%.

2. In der dritten Gruppe (*B*, kaltes Wasser) hat man auf 1 Qdm. des Rostes für 0,44 K. in einer Stunde zu verbrennender Kohlen 6,28 K. Dampf auf 1 K. Brennmaterial erlangt, und mit einem um die Hälfte kleinern Roste 5,61 K. Dampf. Der Unterschied oder die durch Anwendung des grössern Rostes erzielte Ersparniss beträgt über 10%. In der sechsten Gruppe (*D*, kaltes Wasser) hat man ebenfalls bei Anwendung des grössern Rostes eine Ersparniss und zwar von 9—10% constatirt.

Diese Resultate sind ziemlich übereinstimmend, jedoch kann man verschiedene Einwürfe dagegen machen. So widersprechen denselben die Resultate der zweiten Gruppe; wir haben aber bereits gesagt, dass wir dieselben nicht als zulässig betrachten. In der ersten Gruppe erscheinen die beiden letzten Resultate anomalisch, indem man mit 0,39 K. und mit 0,70 K. per Quadratdecimeter der Rostfläche dasselbe Resultat bekommen hat und dieses Resultat bedeutend geringer ist wie das der drei vorhergehenden Experimente mit 0,44 Mm. Wahrscheinlich ist dieser Umstand einer nicht gehörigen Leitung der Feuerung zuzuschreiben, oder vielmehr noch mag die Dicke der Kohlenschichten auf dem Roste, wenn man 0,39 K. oder 0,70 K. per Quadratdecimeter und per Stunde auflegt, nicht so passend sein, um einen guten Gang der Feuerung hervorzubringen, als dies bei 0,44 K.

der Fall ist. Wie dem nun auch sein mag, diese Resultate unterstützen die, welche wir betrachten, und wenn man sie zu denen der drei unmittelbar vorhergehenden Experimente hinzufügt, so findet man auch hier, dass, wie bei den andern Gruppen, der grosse Rost zu einer Ersparniss von 10% führt.

Der stärkste Einwurf, den man gegen die gefundenen Zahlen erheben kann, ist der, dass die Unterschiede derselben ganz derselben Art sind mit denen, welche identische Versuche geliefert haben, sodass man veranlasst ist sich zu fragen, ob die sich herausstellende Kohlenersparniss, die wir zu Gunsten der grossen Roste constatirt haben, nicht einem Zufalle zugeschrieben werden muss. Ich glaube nicht, dass dies der Fall sein kann, da die Uebereinstimmung der Resultate zu bedeutend ist.

Ferner ist zu bemerken, dass die Dimensionen der von Herrn Cavé angewendeten Roste sämmtlich ziemlich bedeutend sind. Wir haben als Grenzwerthe 0,5 und 1,5 K. Kohlen angegeben, die per Quadratdecimeter des Rostes in einer Stunde zu verbrennen waren; wir finden aber hier bis 0,25 K., und der kleinste relative Dimensionswerth beträgt auf 0,80 K. einen Quadratdecimeter. Dieses Minimum der Ausdehnung ist noch immer ziemlich bedeutend, und doch ist man zu bemerken veranlasst, dass jedesmal, wenn man demselben nahe kam, die einem Kilogramm Kohlen entsprechende Dampfproduction merklich abnahm, und man darf voraussetzen, dass dies in noch höherm Grade geschehen wäre, wenn man bis zu 1,5 K. Kohlen per Quadratdecimeter des Rostes gegangen wäre. Es ist sehr zu bedauern, dass nicht Herr Cavé bis zu dieser Grenze und noch darüber hinausgegangen ist; denn eben dadurch gelangt man zu sichern Resultaten, dass die Grenzen der Beobachtungen weit gesteckt werden und man bei den Objecten, deren Einfluss ermittelt werden soll, etwas übertreibt.

Wir beeilen uns, hier die Erklärung abzugeben, dass wir, indem wir die Unvollkommenheiten der Experimente

des Herrn Cavé andeuten, nichtsdestoweniger den Werth derselben vollkommen anerkennen. Nur sehr wenige Personen besitzen zugleich den guten Willen, die nöthige Intelligenz und die erforderlichen Geldmittel, um solche Beobachtungen zu unternehmen; aber eben weil diese so selten und doch für die Industrie von so grosser Wichtigkeit sind, bedauern wir gar sehr, sie unvollständig zu finden.

Die grösste von Herrn Cavé angewendete Dimension des Rostes, ein Quadratdecimeter auf 0,24 K. Kohlen per Stunde, scheint mir zu stark, um allgemein angewendet werden zu können, und zwar aus folgendem Grunde: Die Breite des Rostes ist durch die Ausdehnung des Kessels bedingt, der durch die gesetzlichen Bestimmungen über die Dampfmaschinen gewisse Grenzen vorgeschrieben sind. Nur sehr selten wird man einen Rost mehr als einen Meter breit machen können, und man kann deshalb nur dadurch dem Roste ein grosse Oberfläche geben, dass man ihn sehr lang macht; die Länge kann aber nicht über gewisse Grenzen hinausgehen, ohne die Vorrichtungen des Heizers sehr zu erschweren. Wer je den Versuch gemacht hat, die langen Schürhaken der Heizer zu handhaben, deren sich diese bedienen, um die Kohlen auf dem Roste auszubreiten und das Feuer zu reinigen, weiss wie schwierig diese Arbeit wird, wenn es sich darum handelt, dieselbe am äussersten Ende eines langen Rostes vorzunehmen. Ich glaube nicht, dass man den Schürhaken länger als 1,80 M. machen könnte, ohne befürchten zu müssen, dass der Heizer, wenn er nicht ganz ungewöhnlich diensteifrig und stark ist, seine Arbeit nicht gut verrichten und es vernachlässigen würde, das Ende des Rostes gehörig mit Kohlen zu bedecken oder dasselbe zu reinigen. Geschieht dies aber, so wird der hintere Theil des Rostes unnütz oder gar schädlich: unnütz, wenn der Heizer denselben mit der Asche der bereits verbrannten Kohlen bedeckt lässt;

schädlich, wenn er denselben nicht mit Kohlen versieht und eine Oeffnung für einen Strom kalter Luft lässt.

Wir wollen annehmen, ein Rost sei 1 M. breit und 1,80 M. lang: die Oberfläche desselben misst 1,80 Quadratmeter oder 180 Quadratdecimeter. Wenn wir nun darauf rechnen, dass in einer Stunde 0,5 K. Kohlen auf einem Quadratdecimeter des Rostes verbrannt werden sollen, so kann man in einer Stunde 90 K. Kohlen verbrennen, was bei einer guten Dampfmaschine 30 Pferdekraften entspricht. Der grosse Rost wird also dazu dienen, eine Maschine von nur 30 Pferdekraften zu heizen, wenn man in einer Stunde nur 0,5 K. Kohlen auf jeden Quadratdecimeter verbrennen will. Wenn man nur auf 0,5 K., wie bei mehreren Versuchen des Herrn Cavé, rechnete, so könnte der Rost nur eine Maschine von 15 Pferdekraften heizen.

Meine Ansicht ist, dass eine gute Grösse für die Roste einem Verbrauch von 0,5 K. Kohlen in einer Stunde auf jeden Quadratdecimeter des Rostes entspricht, so oft man diesen Verbrauch erzielen kann, ohne dem Roste eine grössere Länge als 1,80 M. zu geben. Es ist unnöthig, grössere Roste zu machen und man sollte sie nur dann kleiner machen, wenn man dazu gezwungen ist, sei es durch die Einrichtung und die Grösse der Kessel, sei es durch die Beschaffenheit des Brennmaterials.

Ich könnte hier noch verschiedene Beispiele anführen, wo bedeutende Ersparnisse an Brennmaterial dadurch erzielt worden sind, dass man dem Roste eine grössere Ausdehnung gab; aber es ist wirklich unnöthig, länger bei einer Frage zu verweilen, die heutiges Tags allgemein in demselben Sinne aufgefasst wird, wie wir dies gethan haben.

Ueber die Dimensionen des Aschenherdes ist nur wenig zu sagen; die einzige Bedingung, die sie erfüllen müssen, ist die, einer hinreichenden Luftmenge den Zutritt zu verstatten, und dieser Bedingung wird immer voll-

kommen genügt. In der That braucht ja der Durchschnitt des Aschenherdes nur dieselbe Grösse zu haben, wie die Summe der Oeffnungen des Rostes, und dies ist immer der Fall, da man allgemein den Aschenherd ebenso breit wie den Rost zu machen pflegt und der Horizontaldurchschnitt desselben also wenigstens viermal so gross wie die Totalöffnung des Rostes ist. Um die Arbeit des Heizers zu erleichtern, gibt man dem Aschenherde immer wenigstens eine Höhe von 0,60 M., also wenigstens ein Drittel der grössten Länge, die der Rost haben darf, und der Verticaldurchschnitt des Aschenherdes ist mithin immer wenigstens den $\frac{4}{3}$ der Oeffnung des Rostes gleich.

Gewöhnlich bringt man auf dem Boden des Aschenherdes einen Wasserbehälter an. Man gibt als Grund hierfür an, dass der Dampf, der durch das Herabfallen der Schlacken entsteht, die Kohlen heller brennen macht und dass übrigens, da der Aschenherd sich nicht erhitzt, der kalte Luftstrom, der zum Roste gelangt, die Stäbe desselben abkühlt und auf diese Weise seine schnelle Aufnutzung verhindert. Hiergegen wird eingewendet, dass das Einströmen eines bereits durch die Asche erwärmten Luftstroms eine Oekonomie darbietet. Ich bin der Ansicht, dass die angeführten Gründe für und wider ein geringes Gewicht haben und dass der erwähnte Gebrauch einer von denen ist, die weder nutzen noch schaden. Man kann diesen Punkt dem Gutdünken des Heizers überlassen.

Die Aschenherde sind insgemein ganz offen. Es ist dies sehr verkehrt, da nichts leichter wäre als daran eine Thür mit zwei Flügeln anzubringen, die als Register dienen könnten. Diese Flügel würden dem Heizer, der sie gerade vor sich hätte und dieselben leicht öffnen und schliessen könnte, ein bequemes und einfaches Mittel zur Regulirung des Feuers darbieten. Uebrigens schlosse die Anwendung solcher Thüren keineswegs die eines Registers aus.

Wir werden hier nicht näher auf die Seitenwände des Herdes und der Feuerbrücke eingehen. Es ist evident, dass dieselben mit feuerbeständigen Backsteinen gebaut werden müssen. Die Bestimmung der Höhe und der Form der Feuerbrücke ist von Wichtigkeit und wir werden bald diesen Punkt näher untersuchen, wenn wir von den Proportionen des Herdes und der Feuerkanäle handeln werden.

Man könnte glauben, es sei überflüssig, auf die Thür des Herdes besondere Rücksicht zu nehmen, und doch haben wir mehrere wichtige Andeutungen darüber zu geben.

Die Thüren der Herde sind von Gusseisen und hängen in einem Rahmen von Gusseisen, der durch starke Bolzen an dem Mauerwerk befestigt ist. Diese Thüren werden entweder durch einen eisernen Riegel geschlossen gehalten oder auch nur durch ihr Beharrungsvermögen und durch die Reibung auf ihren Angeln. Letztere Weise ist unvollkommener wie die erstere, reicht aber doch hin, weil, wie wir sehen werden, das Eindringen eines schwachen Luftstroms in den Herd keinen Uebelstand darbietet.

Die Thüren der Herde sind im allgemeinen 0,30 — 0,35 M. hoch und 0,40 — 0,50 M. breit. Sie befinden sich am Eingange eines gemauerten Kanals, in einer Entfernung von 0,40—0,50 M. vom Rost und mithin auch vom Feuer, dessen zerstörende Einwirkung ohne diese Vorsichtsmassregel gar zu schnell fühlbar würde. Ungeachtet der Entfernung, in der die Thüren vom Roste sind, sieht man sehr oft Thüren von sehr dickem Gusseisen rothglühend. Es ist dies nicht nur eine Ursache, wodurch die Thüren schnell zerstört werden, sondern auch eine Veranlassung zu einem fortwährenden Wärmeverlust. Man begegnet diesem Uebelstande sehr einfach, indem man auf der Thür vermittelt vier Bolzen eine dicke Platte von Gusseisen befestigt, welche einen grossen Theil der Wärme aufhält und die

man leicht durch eine neue ersetzen kann. Auch kann man die Thür inwendig mit einem Rahmen versehen, den man mit feuerbeständigen Backsteinen ausfüllt. Es ist so leicht diese Vorrichtungen anzubringen, dass man nicht umhin kann, eine Herdthür, die nur aus einer einfachen Eisenplatte besteht, als eine schlechte Thür und einen Beweis von Nachlässigkeit anzusehen. Ungeachtet der inwendig angebrachten Platte wird die Thür zuweilen noch so stark erhitzt, dass durch dieselbe zwar kein grosser Wärmeverlust hervorgebracht wird, aber der Heizer eine grosse Unbequemlichkeit erleidet. Dies ist besonders der Fall, wo der Raum beschränkt ist. In diesem Falle entfernt man den bezeichneten Uebelstand, indem man vor die Thür des Herdes eine Platte von Eisenblech hängt, die man bei der Besorgung des Feuers leicht wegschieben kann. Diese Vorsichtsmassregel ist ganz besonders nothwendig, wenn die Thür nur aus einer einzigen Platte besteht. Ein Beweis davon ist der Umstand, dass ich Fälle gesehen habe, wo schon nach wenigen Monaten eine solche Platte durch eine andere ersetzt werden musste.

Eine andere Vorsichtsmassregel, die ich für besonders nützlich halte, hat zum Zweck, das Eindringen eines kalten Luftstroms in den Herd bei Oeffnung der Thür zu verhindern. Sie besteht darin, dass das Gegengewicht des Registers des Rauchfangs gerade vor der Thür des Herdes hängt, sodass der Heizer genöthigt ist, dasselbe erst in die Höhe zu heben und dadurch das Register zu schliessen, wenn er Kohlen auflegen will. Auf diese Weise findet kein Luftzug statt im Augenblicke, wo die Thür geöffnet wird, und man hat nicht zu befürchten, dass ein heftiger Luftstrom plötzlich in den Herd dringe, dessen Wirkung doppelt nachtheilig wäre, sowol in ökonomischer Beziehung als auch in Bezug auf die Dauer des Kessels, der hierdurch plötzlichen und höchst schädlichen Zusammenziehungen ausgesetzt würde. Die angegebene Vorrichtung ist so einfach und so nützlich, dass

man sich billig wundern muss, dieselbe nicht häufiger in Anwendung gebracht zu sehen.

Wir werden bald, bei Gelegenheit der rauchverzehrenden Apparate, einer Thür erwähnen, deren höchst merkwürdige Einrichtung von Herrn Prideaux erfunden worden ist. Für jetzt wollen wir den Schluss von dem, was wir von den einfachen Herden zu sagen haben, dadurch machen, dass wir untersuchen, in welchem Verhältniss die Grösse des Herdes, die der Feuerkanäle und des Rauchfangs am besten zueinander stehen.

Man sieht leicht ein, dass eine gewisse gegenseitige Abhängigkeit zwischen allen den Theilen stattfinden muss, durch welche der Luftzug die durch die Verbrennung entwickelten Gase führt. Die gewöhnliche praktische Regel schreibt vor, dass allen diesen Theilen gleiche Querschnitte gegeben werden sollen, dass man also die Feuerkanäle ebenso weit machen soll als den Rauchfang und die Oberfläche des Rostes.

Worauf beruht nun diese Regel? Ich vermöchte nicht diese Frage zu beantworten, es sei denn, indem ich annehme, dass die Regel willkürlich erdacht und ihrer grossen Einfachheit halber angenommen worden. Weder die Erfahrung, noch eine vernünftige theoretische Untersuchung können dazu führen. Die Herren Grouvelle und Jaunez stellen in ihrem *Guide du chauffeur* (Führer des Heizers) den Grundsatz auf, dass der Querschnitt der Räume, welche der Rauch durchzieht, um so grösser sein muss, je kälter der Rauch wird. Dies Princip ist in Bezug auf die Kessel der Flammöfen u. s. w. aufgestellt worden und mag für diesen besondern Fall ganz anwendbar erscheinen, weil es hier sehr nothwendig ist, den Luftzug, dessen ein solcher Ofen bedarf, nicht in fühlbarer Weise zu vermindern, und man überdies durch die Vergrösserung der Querschnitte der Rauchkanäle die Hindernisse, die der Luftzug zu überwinden hat, vermindert. Aber die von den Herren Grouvelle und Jaunez aufgestellte Regel ist ersichtlich unrichtig. Indem diese

Herren sagen: «Je weiter eine Flamme von dem Herde, wo sie entstanden, entfernt ist, je mehr sie gewirkt und je kälter sie mithin geworden, desto weiter müssen die Feuerkanäle werden, um die Verminderung der Geschwindigkeit durch eine vergrößerte Weite des Kanals zu compensiren und so denselben Luftzug zu erhalten», vergessen diese Herren, dass die Temperatur des Rauchs in den Rauchkanälen nur einen sehr geringen Einfluss auf die Geschwindigkeit hat, dass nicht in den Kanälen der Luftzug gebildet wird und dass diese nur dazu dienen, dem nach dem Rauchfange gerichteten Luftstromen einen Durchgang zu bieten. Der Rauchfang allein bringt den Luftzug hervor und veranlasst, dass in jeder Secunde eine gewisse Anzahl von Kilogrammen Luft durch den ganzen Herd strömt. Durch die Erweiterung der Feuerkanäle wird man keineswegs bewirken, dass mehr oder weniger Luft hindurchströmt, sondern man wird nur in der Geschwindigkeit der Luft, die in einer bestimmten Zeit hindurchzieht, eine Aenderung hervorbringen.

Aus Gründen, die ich für richtig halte, gelange ich zu einem Resultat, welches dem der Herren Grouvelle und Jaunez geradezu entgegengesetzt ist.

Es ist besonders deshalb von Wichtigkeit, dass eine gewisse Proportion zwischen der Weite der Kanäle, die derselbe Luftstrom zu durchziehen hat, stattfindet, weil die Geschwindigkeit der Strömung in den verschiedenen Punkten ihres Wegs regulirt werden muss. Im allgemeinen muss man es vermeiden, in den verschiedenen Theilen einer sich bewegenden Flüssigkeit ungleiche Geschwindigkeiten zu haben, weil dadurch Stösse, Wirbel u. s. w. hervorgebracht werden. Bei tropfbaren Flüssigkeiten ist das Gewicht desselben Volumens fast immer dasselbe, und es ist hinreichend, wenn die Grösse des Querschnitts in allen Punkten ihres Wegs gleichbleibt. Wäre die Grösse der Querschnitte verschieden, so würden die Geschwindigkeiten ebenfalls verschieden sein und zueinander im umgekehrten Verhältniss wie die Grössen

der Querschnitte stehen. So muss z. B. ein Liter Wasser, um durch eine Oeffnung von einem Quadratcentimeter wegzufliessen, eine zehnmal grössere Geschwindigkeit haben, als wenn es in derselben Zeit durch eine Oeffnung von zehn Quadratcentimeter fliessen sollte. Sollte mithin eine tropfbare Flüssigkeit oder auch eine luftförmige, die überall dieselbe Dichtigkeit hätte, durch die verschiedenen Theile des Herdes, also durch den Aschenherd, den Rost, die Feuerkanäle und den Rauchfang hindurchströmen, so müsste man allen diesen Theilen gleichen Durchschnitt geben. Dieser Fall ist aber nicht der unsere. Wenn wir selbst von den Aenderungen, die in den verschiedenen Theilen des Herdes die Gasmasse erleidet, abstrahiren, so haben wir wohl zu beachten, dass diese Gase beständig ihre Dichtigkeit verändern, sowie sie wärmer oder kälter werden. Nicht dasselbe Volumen muss nun jeden Augenblick durch die verschiedenen Theile des Herdes hindurchgehen, sondern dieselbe Gewichtsmasse. So z. B., wenn wir gleich extreme Fälle betrachten, nehme ich an, dass in jeder Secunde ein Kubikmeter kalter Luft durch den Rost strömt und dass in jeder Secunde ein Kubikmeter warmer Luft aus dem Rauchfange austritt. Der Kubikmeter der einströmenden Luft wiegt 1,3 K. und der der herausströmenden, bei einer Temperatur von 300° , wiegt nur etwa 0,6 K. Was ist nun aus den 0,7 K. geworden, die nicht herausgeströmt sind? Es ist ersichtlich, dass man nicht die Volumen, sondern das Gewicht in Anschlag bringen muss: wenn in einer Secunde 1 K. Luft durch den Rost einströmt, so muss in derselben Zeit auch 1 K. Luft durch den Rauchfang entleert werden, sonst würde irgendwie im Innern eine Zusammenhäufung von Luft oder ein leerer Raum vorhanden sein, was unmöglich ist, da sich an den beiden Enden eine Oeffnung befindet. Was von dem obern Ende des Rauchfangs gilt, gilt auch für den Durchschnitt in irgendeinem Punkte der Kanäle, durch die der Luftstrom zieht. Wenn sich nicht vor oder hinter

diesem Schnitt ein leerer Raum bilden soll, muss das Gewicht des in einer Secunde durchströmenden Gases dem Gewicht von der Gasmasse gleich sein, die in derselben Zeit durch irgendeine der vorwärts oder hinterwärts liegenden Schnitte zieht.

Die Gleichheit des Gewichts der Gasmassen, die in derselben Zeit durch alle Querschnitte der Passage hindurchgehen, ist eine Bedingung, zu der man mit Nothwendigkeit gelangt. Wenn noch überdies die Geschwindigkeit überall dieselbe sein soll, so darf man nicht die Querschnitte überall gleichmachen, sondern es müssen dieselben dem Volumen proportionirt sein, das dieselbe Gewichtsmasse Luft einnimmt. Nehmen wir nun an, die Temperatur der Luft unter dem Roste sei $= 0^\circ$; in dem Herde am Eingange des Feuerkanals, der längs dem Kessel geht $= 1200^\circ$ (Fig. 1—4, Pl. 1); am Eingange des Seitenkanals $C' = 900^\circ$, am Eingange des zweiten Seitenkanals $C'' = 600^\circ$ und am untern Ende D des Rauchfangs $= 300^\circ$. Es wiegt aber ein Kubikmeter Luft bei einer Temperatur von 0° 1,3 K.

"	"	"	"	300°	1,3 : 2,1 K.
"	"	"	"	600°	1,3 : 3,2 "
"	"	"	"	900°	1,3 : 4,3 "
"	"	"	"	1200°	1,3 : 5,5 "

Damit nun eine gleiche Gewichtsmasse, z. B. 1,3 K., gleichzeitig durch die Punkte C, C', C'', D strömen kann, so müssen, während 1 Kubikmeter durch den Rost zieht, durch C 5,4 Km., durch C' 4,3 Km., durch C'' 3,2 Km. und durch D 2,1 Km. hindurchgehen, und es müssen die Querschnitte in denselben Verhältnissen wie die angeführten Zahlen zueinander stehen. ¹⁾ Man sieht, dass

1) Es seien v die Geschwindigkeit, s die Grösse des Querschnitts und T die Temperatur in einem gegebenen Punkte des Ofens, so beträgt das Gewicht der in einer Secunde hindurchströmenden Gase

$$s \cdot v \cdot \frac{1,3}{1 + 0,00367 T} \text{ K.}$$

wir von einer Gleichheit der Durchschnitte sehr weit entfernt sind. Die aufgestellten Werthe sind jedoch keineswegs massgebend, weil die Temperaturen in verschiedenen Punkten des Herdes ganz hypothetisch angenommen worden und je nach den verschiedenen Herden auch sehr verschieden sind. Man könnte höchstens für jedes besondere System von Herden besondere Regeln aufstellen, und dies könnte nur infolge zahlreicher Versuche geschehen. Bisjetzt weiss man nur, dass, sobald die Dimensionen der Feuerkanäle hinreichend gross sind, die Weite derselben zwischen ziemlich entfernten Grenzen genommen werden kann, ohne dass dies einen fühlbaren Einfluss ausübte.

Bei obiger Berechnung hatten wir keinen andern Zweck als den, darzuthun, dass gewisse, allgemein für richtig gehaltene Regeln durchaus auf keinem vernünftigen Grunde beruhen und dass es vortheilhaft ist, nach einer gewissen Richtung davon abzugehen. Wir erkennen auch die Nothwendigkeit, die Querschnitte der Kanäle, durch die der Rauch zieht, von dem obern Ende des Rauchfangs ab immer weiter zu machen. Besonders für einen Theil des Feuerungsapparats scheint es uns rathsam, von den gewöhnlich befolgten Regeln abzugehen, nämlich bei dem unter dem Kessel liegenden Feuerkanal, der gewöhnlich zu eng gemacht wird. Ein Beispiel wird dies augenscheinlich machen:

Betrachten wir einen Kessel für eine Maschine von 30 Pferdekraften, der 1 M. im Durchmesser hat und bei dem die Hälfte des Bodens direct geheizt wird. Ist, wie dies gewöhnlich geschieht, die Oberfläche des unter

Soll nun diese Quantität in allen Punkten der Rauchkanäle und auch die Geschwindigkeit constant bleiben, so darf

$$\frac{s}{1 + 0,00367 \cdot T}$$

seinen Werth nicht ändern, d. h. s muss überall in demselben Verhältniss zu $1,00367 T$ bleiben.

dem Kessel befindlichen Mauerwerks cylinderförmig, der Wölbung des Kessels parallel und von derselben 0,10 M. entfernt, so ist der Querschnitt des Feuerkanals annähernd gleich dem Producte aus der Hälfte des Umfangs des Kessels durch die angegebene Entfernung, also $\frac{3,14}{2} \times 0,10 \text{ Qm.}$ oder 0,1570 Qm. Nun ist aber nach

d'Arcet's Regel die obere Oeffnung des Rauchfangs für eine Maschine von 30 Pferdekraften, wenn man auf die Verbrennung von 3 K. Kohlen per Pferdekraft und per Stunde rechnet, gleich 30 Qdm., also doppelt so gross wie der Durchschnitt des Feuerkanals. Die Entfernung des Kessels von der Feuerbrücke wäre also um die Hälfte zu klein, selbst wenn wir die praktische Regel der Gleichheit der Querschnitte aller Theile zum Massstabe wählen wollten; nach unserer Berechnung aber müsste die Entfernung acht- bis zehnmal grösser sein.

Eine Entfernung von 0,80—1 M. des Kessels von der Feuerbrücke erscheint viel zu gross, obgleich wir bei der Beschreibung der rauchverzehrenden Herde ein Beispiel von einer solchen aufzuführen haben werden. Auch begreife ich wol, dass man vor einer so grossen Abweichung von den gebräuchlichen Proportionen zurückschreckt; man kann aber jedenfalls vernünftiger Dimensionen bekommen, wenn man sich auch nur wenig von dem Gebräuchlichen entfernt. Wenn man die gebräuchliche Entfernung von 0,35—0,40 M. des Bodens des Kessels von dem Roste beibehält, kann man dem Feuerkanale eine Höhe von 0,25—0,30 M. geben, wenn die Feuerbrücke nur 0,10 M. hoch ist. Diese Höhe ist hinlänglich, da die Kohlenschicht im Herde nicht höher sein soll; auch wäre es kein bedeutender Uebelstand, wenn einige Kohlen jenseits der Feuerbrücke fielen. Uebrigens könnte man dem Mauerwerk unter dem Kessel eine leichte Senkung nach vorn geben, sodass im hintern Theile der Durchgang für die schon weniger heisse Flamme etwas enger würde. In den Figuren 8 und 9,

Pl. 3, ist der untere Feuerkanal nach obigen Angaben dargestellt.

Verschiedene Gründe verlangen, dass ein Feuerkanal einen möglichst grossen Durchschnitt bekomme. Macht man denselben zu eng, und es ist nur zu häufig der Fall, dass er nur gleich der Hälfte oder dem Drittel der obern Oeffnung des Rauchfangs ist, so schlägt die Flamme mit einer ungeheuern Geschwindigkeit hinein, die durch die grosse Verengung des Wegs und die grosse Expansion der Gase im Herde veranlasst wird. Man kann ohne alle Uebertreibung behaupten, dass in manchen Herden die Flamme bei der Feuerbrücke eine Geschwindigkeit von 30—40 M., d. h. die Geschwindigkeit eines Orkans hat. Wie zerstörend aber ein solcher Flammenstrom, der in einen engen Kanal eingeklemmt ist, wirken muss, ist leicht begreiflich; auch sieht man leicht ein, wie wenig nützliche Wirkung von der Wärme dieses Stroms erlangt wird. Hierdurch wird uns die hohe Temperatur erklärlich, welche die Flamme und der Rauch oft dann noch behalten, wenn sie schon durch mehrere Feuerkanäle hindurchgegangen sind. Man würde offenbar eine merkliche Vergrösserung des Querschnittes des ersten Feuerkanals erhalten, wenn man die Feuerbrücke eben machte und dadurch zugleich eine schädliche Concentration der Flamme an gewissen Punkten der Kesselfläche verhindern. Uebrigens kostete dies weniger. Es gibt wirklich keinen einzigen vernünftigen Grund für die Beibehaltung der gebräuchlichen cylindrischen Form; denn man irrt sich, wenn man sich gewissermassen instinctmässig einbildet, durch diese Form eine bessere Heizung des Kessels zu erzielen. Sobald der geheizte Umfang und die Temperatur der Flamme unverändert bleiben, kann es nur von Nutzen sein, die Geschwindigkeit von dieser zu vermindern und die Dauer der Berührung des Kessels durch dieselbe zu verlängern. Eine Vermehrung der Weite bringt aber diese Wirkung hervor.

Indem wir das von uns über die gewöhnlichen Feuerherde Gesagte kurz zusammenfassen, geben wir den Rath:

1) Den Roststäben eine Dicke von 20 Mm. zu geben und einen Zwischenraum von 5 Mm. zu lassen.

2) Die Gesamtoberfläche des Rostes so gross zu machen, dass 1 Quadratdecimeter auf jedes in einer Stunde zu verbrennende Kilogramm Kohlen kommt, wenn dies möglich ist, ohne den Rost länger als 1,80 M. zu machen.

3) Die Thüren der Herde mit einer doppelten Platte zu versehen und das Gegengewicht des Registers der Rauchkanäle davor herabhängen zu lassen, sodass man die Thüre nicht öffnen kann, ohne zugleich das betreffende Register zu schliessen.

4) Die Feuerbrücke so niedrig zu machen, als es die Dicke der Kohlenschicht erlaubt, damit der Feuerkanal unter dem Kessel einen möglichst grossen Querschnitt erhalte.

5) Den Kanälen für die Flamme und den Rauch eine um so grössere Weite zu geben, je höher die Temperatur in denselben ist, und deshalb continuirlich die Querschnitte von 1 Quadratdecimeter per Pferdekraft am obern Ende des Rauchfangs bis zu 4 Qdm. beim Herde zunehmen zu lassen.

Wir wiederholen hier, dass die Befolgung dieser letztern Regel oft sehr schwer ist, was uns auch veranlasst, gewisse Einrichtungen der Dampferzeugungsapparate, die wir in der Folge angeben werden, als besonders vortheilhaft anzusehen, weil durch dieselben die Befolgung der Regel möglich wird.

13. Rauchverzehrende Herde.

Die von uns beschriebenen Feuerherde datiren sozusagen von der Zeit der Erfindung der Dampfmaschinen, und doch hat man sehr viele Versuche gemacht, um

sie zu vervollkommen. Man hat unter dem Namen von rauchverzehrenden Herden eine so grosse Menge verschiedenartiger Einrichtungen erdacht, die fast alle erfolglos waren, dass schon der blosse Name derselben das Misstrauen der Gewerbtreibenden erregt.

Wie es der Name andeutet, ist ein rauchverzehrender Herd ein solcher, der keinen Rauch ausströmt. Der Rauch ist zu allen Zeiten eine grosse Unbequemlichkeit und eine Veranlassung zu Processen gewesen. Zuweilen waren die durch denselben verursachten Uebelstände so bedeutend, dass in gewissen Städten die Behörden einschreiten mussten. So ist zuerst in London, dann auch in Paris die Verordnung ergangen, dass aus den Rauchfängen der Maschinen kein merklicher Dampf aufsteigen darf. Man begreift leicht, dass diese Verordnungen den Eifer der Erfinder von dampfverzehrenden Herden angestachelt haben, und doch wäre es schwer, alle diejenigen Erfindungen aufzuzählen, die schon vorher erdacht worden waren. Von jeher hatte man, oft mit Unrecht, in der Vermeidung des Rauchs ein Mittel zur Kohlenersparniss gesehen, und diese zu erlangen ist immer angestrebt worden.

Es gibt zwei grosse Klassen von rauchverzehrenden Herden: 1) diejenigen, in denen Rauch erzeugt wird, den man alsdann verbrennt, ehe er in den Rauchfang gelangt; 2) diejenigen, wo die Erzeugung des Rauchs verhindert wird. Wir haben erkannt, dass der Rauch daher rührt, dass die in den Herd kommenden Kohlen nicht genug Luft und Wärme vorfinden, um vollständig zu verbrennen, und deshalb einer theilweisen Destillation unterliegen. Wenn man nun den erzeugten Rauch verbrennen will, so muss man demselben Wärme oder Luft, oder noch besser beides zuführen. Will man aber die Erzeugung des Rauchs verhindern, so muss man Sorge dafür tragen, dass das Brennmaterial, welches aufgelegt wird, sogleich eine hinreichende Menge von Wärme und Luft vorfindet, um zu verbrennen, ohne destillirt zu

werden. Um diesen Zweck zu erreichen, hat man continuirlich Kohlen in den Herd gebracht, d. h. sehr kleine Ladungen aufgelegt, die sich augenblicklich ganz entzündeten, sowie sie in den Herd kamen. Aus diesem Grunde wird die zweite Klasse von Herden mit dem Namen Herde mit continuirlicher Speisung benannt.

Zur ersten Klasse gehören:

- 1) Die Herde mit doppeltem Roste.
- 2) Die Herde mit umgekehrter Flamme.
- 3) Die Herde, die von unten gespeist werden.
- 4) Die Herde mit besonderer Zuführung von Luft.
- 5) Die Herde, in denen Gas erzeugt wird, das man alsdann verbrennt.

Wir werden diese verschiedenen Systeme kurz beschreiben, von denen nur einige anwendbar befunden worden sind, und uns hierbei darauf beschränken, die Principien, auf denen ihre Construction beruht, auseinanderzusetzen und die Richtungen anzugeben, in denen die Versuche so vieler Erfinder angestellt worden sind. Unser Zweck ist, wie wir bereits gesagt haben, die Industriellen soviel wie möglich in den Stand zu setzen, die neuen Apparate zu beurtheilen, die ihnen täglich vorgeschlagen werden, und vorläufig zu erkennen, inwieweit sie Zutrauen zu denselben haben können, bis wirklich angestellte Versuche über deren Brauchbarkeit entschieden haben. Wir könnten hinzufügen: damit die Industriellen annähernd den Grad von Uebertreibung, der immer den Anpreisungen der erlangten Resultate anhaftet, erkennen können.

14. Herde mit doppeltem Roste.

Der berühmte James Watt hat, behufs der Verbrennung des Rauchs, zwei Roste übereinander angebracht, von denen der untere in der gewöhnlichen Weise mit Kohlen, der obere aber mit Coaks beladen wurde.

Dieses letztere Brennmaterial erzeugte viel Wärme und da dasselbe dem Durchzuge der Luft nur einen geringen Widerstand entgegenstellte, so verbrannte der von dem untern Roste aufsteigende Rauch auf dem zweiten Roste. Das angewandte Mittel war sehr zweckdienlich; aber der hohe Preis der Coaks macht heutiges Tags die Anwendung desselben unmöglich.

Man hat vorgeschlagen dieselbe Vorrichtung beizubehalten, aber auf den obern Rost das bereits glühende Brennmaterial, welches vom ersten Roste in diesem Zustande zurückgezogen worden, zu verbrennen. Diese Einrichtung käme ganz darauf hinaus, die brennenden Kohlen auf den hintern Theil eines langen Rostes zurückzustossen und die frische Ladung nur auf den vordern Theil des Rostes zu legen, wie dies jeder gute Heizer ohnedies zu thun pflegt.

Man schlägt vor, zur Erleichterung dieser Manipulation und damit dieselbe gewissermassen von selbst vor sich gehe, nach hinten geneigte Roste anzuwenden, auf deren hintern Theile die glühenden Kohlen sich von selbst anhäufen würden. Zu diesem geneigten Roste fügte man einen horizontalen hinzu (Fig. 5 u. 6, Pl. 3). Diese von Herrn Witty erdachte Einrichtung ist durch Herrn Chanter, welchem Herr Witty sein Erfindungspatent abgetreten hatte, mehrfach verbessert worden. Diese Erfinder bezweckten in den Herden der Locomotiven die Verbrennung der Kohlen ohne Raucherzeugung zu bewerkstelligen. Herr Chanter scheint dies Ziel wirklich dadurch erreicht zu haben, dass er zu der erwähnten Vorrichtung noch andere Vorrichtungen hinzufügte, von denen bald die Rede sein wird.

Eine der vorigen ähnliche Vorrichtung ist die der Treppenroste. Diese Roste bestehen aus Stufen von Gusseisen. Unter denselben liegt ein gewöhnlicher Rost. Man stösst die Kohlen, welche zuerst auf die höchste Stufe geladen werden, nach und nach auf die untern Stufen. Diese Art von Rosten ist schon

seit langer Zeit, besonders in Deutschland, im Gebrauch, und dient dazu, sehr feine Brennmaterialien zu verbrennen, oder solche, die verknistern und in Staub zerfallen, wie gewisse Sorten von Braunkohlen und von magern Kohlen. In der That können die feinem Theile nicht durch den Rost hindurchfallen, wie bei gewöhnlichen Rosten, da an denselben keine horizontalen Oeffnungen vorhanden sind und die Luft durch verticale Oeffnungen zuströmt. Die Grösse von diesen berechnet man, indem man die Länge einer Stufe durch die verticale Entfernung zweier unmittelbar aufeinander folgenden Stufen multiplicirt, und nichts hindert daran, diese Entfernung hinreichend gross zu machen, indem man jede Platte etwas über die unmittelbar darunter befindliche hinausrückt, damit die Kohlen eine kleine, längliche Böschung bilden können. Die Treppenroste bieten also den Vortheil dar, dass man die feinsten Kohlen darauf verbrennen kann und dabei für das Herbeiströmen der Luft weite Oeffnungen lässt.

Diese Vorrichtungen begünstigen offenbar das Verbrennen des Rauchs. Dem Herrn von Marsilly, welcher sie angewendet hat, ist es gelungen mit sehr wenig Rauch im Augenblicke des Auflegens Kohlen zu verbrennen, die dessen am meisten erzeugen (Kohlen von Mons und von Denain). Dieselben Kohlensorten mit $\frac{1}{5}$ magern Kohlen von Charleroi oder von Fresnes gemischt, und um so mehr magere Kohlen allein, gaben selbst im Augenblicke des Auflegens gar keinen Rauch. Wir müssen übrigens die Bemerkung machen, dass diese Art von Herden wenig für magere Kohlen passt, weil bei diesen Herden die Entfernung des Rostes vom Kessel nothwendigerweise sehr gross ist und mithin bei Verwendung von Kohlen, die nur eine kurze Flamme geben, die Erzeugung des Dampfes nicht schnell genug erfolgt.

Folgendes waren die Dimensionen des Herdes einer Dampfmaschine des Herrn von Marsilly von 30 Pferdekraften:

Länge der Platten des Treppenrostes	1,00 M.
Breite	0,20 M.
Breite des Theils, um den eine Platte über die nächst untere hervorsteht	0,05 M.
Dicke der Platten	0,03 M.
Verticale Entfernung	0,03 M.
Entfernung der ersten Platte von dem Kessel oder von den Siederöhren	0,32 M.
Entfernung der letzten Platte	0,62 M.
Dicke der Stäbe des horizontalen Rostes	0,03 M.
Entfernung derselben voneinander	0,008 M.
Zahl der Stäbe	5.

Nach diesen Angaben beträgt die Breite des horizontalen Rostes 0,19 M., die der Horizontalprojection des geneigten Rostes 0,95 M.; die Horizontalprojection der Gesamtheit des Rostes, oder was dasselbe ist, der Fläche, die mit Kohlen belastet ist, hat also eine Tiefe von 1,14 M. und die Stäbe derselben sind 1 M. lang, sodass die Oberfläche 1,4 Quadratmeter misst. Die Summe der Zwischenräume ist $= 5 \times 0,03 + 5 \times 0,008 \text{ M.} = 0,26 \text{ M.}$ Die Oeffnungen des Rostes sind dem vierten Theile der mit Kohlen belegten Oberfläche gleich. Dies Verhältniss findet zuweilen bei den gewöhnlichen Rosten statt. Man ist mithin zu sagen berechtigt, dass Herr Marsilly nicht in dem Grade, wie ihm dies möglich gewesen wäre, die Einrichtungen des Treppenrostes benutzt hat, um das Quantum der herbeiströmenden Luft zu vermehren. Er erkennt dies selbst an und gibt den Rath, mehr Zwischenraum zwischen den Stufen zu lassen. Man braucht nur die Dicke der Platten auf 0,02 M. zu reduciren und dieselben 0,04 M. voneinander zu entfernen, wie dies Fig. 5 angedeutet ist. Durch den von uns beschriebenen Herd wurde 6,1 K. Dampf per Kilogramm Kohlen erzeugt, was schon ein befriedigendes Resultat ist.

Ganz besonders hat die Anwendung der Treppenroste bei Locomotiven schöne Resultate geliefert. Diese

Anwendung, die durch die Herren Marsilly und Chobrzinsky mit Locomotiven der Nordbahn versucht wurde, hat sich schnell allgemein verbreitet, und gegenwärtig sind auf der Nordbahn und der Bahn von Orleans mehr als 200 Locomotiven mit Treppenrosten versehen. In Uebereinstimmung mit dem oben ausgesprochenen Wunsche sind die Entfernungen der Stufen voneinander wie auch die Zahl derselben vergrössert und ist die Dicke derselben vermindert worden. Je nach der Stärke der Locomotiven hat sich die Zahl der Plattenstäbe auf 8—9 belaufen, die Dicke derselben beträgt 0,02 M. und ihre Entfernung voneinander 0,04 M. Die Oeffnungen für den Luftzug betragen $\frac{1}{3}$ der Horizontalfläche des Rostes. Die erzielten Resultate sind äusserst bemerkenswerth, da man auf diesen Rosten reine Kohlen hat brennen können, ohne einen Rauch hervorzubringen, der den Reisenden lästig geworden wäre, und auf diese Weise eine bedeutende Oekonomie realisirt hat.

Schon früher war oft der Versuch gemacht worden, statt Coaks Kohlen anzuwenden, aber alle diese Versuche waren erfolglos gewesen und in mehreren Fällen hatte diese Substitution eine Mehrausgabe veranlasst, weil das Gewicht der Kohlen, die man verbrannte, so bedeutend das der Coaks überstieg, dass dadurch der Preisunterschied mehr als aufgewogen wurde. Durch Anwendung des Treppenrostes ist man dazu gelangt, eine Ersparniss zu machen, die zuweilen bis zu 27% gestiegen ist und selten weniger als 12% betragen hat. Man hat berechnet, dass die durch die Anwendung dieser Art von Rosten auf 62 Locomotiven, die während des Monats December 1855 auf der Nordbahn mit Kohlen geheizt worden sind, ersparte Summe nicht weniger als 36000 Francs betrug.

Verschiedene Kohlensorten führen zu ungünstigen Resultaten, weil dieselben überhaupt nicht für die Heizung der Kessel von Locomotiven passen oder den Rost zu schmutzig machen. Es ist leicht begreiflich, dass die-

ser letztere Uebelstand sehr bedeutend bei den Herden von Locomotiven ist, die vorn geschlossen sind. Die Herren von Marsilly und Chobrzinsky haben, um die Reinigung zu erleichtern und es dem Maschinisten möglich zu machen, schnell sein Feuer wegzuschaffen, den horizontalen Theil des Rostes so eingerichtet, dass er mittelst eines Hebels umgeklappt werden kann.¹⁾ Aber diese Ingenieure haben erkannt, dass jene Vorrichtung unzureichend ist, weil es bei unreinen Kohlen schwer wird, das Feuer mit dem Schüreisen wegzustossen und es von Schlacken zu befreien. Dies hat sie dazu veranlasst, den Rost aus einer oder aus zwei Platten zu construiren (Fig. 7, Pl. 3), die sich am obern Theile befinden und mit Luftöffnungen versehen sind; dann aus ihrer Länge nach schräg liegenden Stäben und endlich aus dem beweglichen horizontalen Theile. Die Destillation der Kohlen, die auf den obern Platten liegen, geht so langsam vor sich, dass der Rauch fast ganz verbrannt wird.

Diese Einrichtung ist nicht sehr von der der schrägen Roste und selbst der gewöhnlichen Roste verschieden, und man begreift kaum den guten Effect derselben, besonders bei der starken Kohlenladung, die sie zu tragen haben. Die Resultate sind aber zu merkwürdig und zu allgemein, um in Zweifel gezogen zu werden; die Anwendung von Kohlen hat in den Jahren 1855 und 1856 auf der französischen Nordbahn zu einer Ersparniss von 450000 Francs geführt. Wir wollen die Richtigkeit dieser Angabe nicht bestreiten, müssen es aber sehr seltsam finden, dass das System der Treppenroste, welches zu einem so günstigen Resultate geführt hatte, gänzlich aufgegeben und durch Vorrichtungen ersetzt worden, die ältern, ohne Erfolg versuchten ähnlich sind. Sollen wir etwa voraussetzen, dass die ersten Versuche

1) Nähere Angaben hierüber findet man in: «Annales des Mines», 1856, IX, 55 und X, 343.

nicht gehörig angestellt worden waren, oder in dem Vorzuge, der dem schrägen Roste vor dem Treppenroste eingeräumt worden, nur ein Beispiel sehen, dass, wie dies nur zu oft geschieht, ein gutes Princip wegen einer Schwierigkeit in der Ausführung aufgeopfert wird?

Wie dem nun auch sei, es ist jedenfalls zu bedauern, dass nicht genug Versuche gemacht worden sind, die Treppenroste bei feststehenden Maschinen anzuwenden; denn hier wäre es leichter, die Schwierigkeit der Reinigung zu überwinden und dem Roste passende Dimensionen zu geben. Keine Vorrichtung bietet dem Zutritte der Luft einen so weiten Raum dar, wie die Treppenroste, und schon deshalb verdienen sie mit Sorgfalt und unter günstigen Umständen näher studirt zu werden. Man kann sich nicht denken, dass ein System, das in der Praxis in gewissen Fällen sehr günstige Erfolge gehabt hat, nicht auch in andern Fällen, wo seine Anwendung leichter wäre, zu eben solchen Erfolgen führen sollte.

Die Herren Combes und Péligot geben in ihrem Berichte über den Herd des Herrn von Marsilly einige Abänderungen an, um den Effect desselben zu erhöhen. Meiner Ueberzeugung nach wäre es aber weit besser, diesen Herd zu vereinfachen, anstatt ihn zu compliciren. So glaube ich z. B., dass, statt an den Seitenwänden des Herdes Luftröhren anzubringen, man eher den Kanal, den Herr von Marsilly zu diesem Zwecke angebracht hatte und den man nur im Augenblicke des Auflegens öffnete, weglassen sollte. Man könnte unter dem Kessel einen breiten, 0,50 M. tiefen Feuerkanal lassen, der eine leichte Neigung hätte, wie Fig. 5 zeigt. Dieser Kanal würde mit dem Herde einen grossen Raum für die Verbrennung bilden. Vielleicht wäre es auch vortheilhaft, wie dies von den Herren Combes und Péligot vorgeschlagen wird, ein kleines Mauerwerk wider den Kessel aufzuführen, wodurch der Eingang des Feuerkanals etwas verengt und der sich von den obern Stufen erhebende Rauch gezwungen würde, näher bei den bren-

nenden Kohlen der untern Stufen vorbeizuziehen. In der That kann man mit Recht die Bemerkung machen, dass die Treppenroste dem Zwecke, den man erreichen will, dadurch entgegenwirken, dass sie die Producte der Destillation des frischen Brennmaterials von den brennenden Kohlen entfernen. Diese Roste sind aber, wie die Erfahrung ganz unwiderleglich beweist,* rauchverzehrend; wir müssen mithin annehmen, dass der erwähnte Einwurf ungegründet ist, dass die Verbrennung des Rauchs keiner so unmittelbaren Berührung mit den brennenden Kohlen bedarf und dass die rauchverzehrende Eigenschaft der Treppenroste nur von der Art wie die Ladung stattfindet, wie auch von der Grösse und vielleicht von der Richtung der Luftöffnungen bedingt wird. Aus diesen Gründen halte ich es nicht für rathsam, die Einrichtung zu compliciren.

Wir unterscheiden von den Herden mit doppeltem Roste eine Art von Herden, die auf demselben Principe beruhen und die wir doppelte Herde nennen werden. Es gibt mehrere Arten derselben und unter diesen eine sehr einfache und sehr gute, die wir für die beste Art aller bekannten rauchverzehrenden Herde halten. Ein Blick auf die Figuren 8, 9, 10 und 11, Pl. 3, reicht hin, um die Einrichtung derselben zu begreifen: A und B sind zwei nebeneinander liegende Herde, die nur in ihrem untern Theile und in einer gewissen Länge durch die gusseiserne Platte D voneinander geschieden werden. Jenseit dieser Platte bilden die beiden Herde einen einzigen; sie haben denselben Rost, dieselben Feuerkanäle u. s. w. Jeder Herd hat seine besondere Thüre, sodass man abwechselnd auf jeden derselben Kohlen aufladen kann. Der Rauch nun, der auf dem Roste des einen Herdes, im Augenblicke wo eine frische Ladung aufgelegt wird, sich entwickelt, zieht über die brennenden Kohlen, die sich auf dem gemeinschaftlichen Roste jenseit der Scheidewand D befinden und vermengt sich mit den Producten der Combustion in dem andern

Herde. Wenn nun die Dimensionen gut gewählt sind, so enthalten die Producte der Verbrennung eines Herdes, der schon seit einiger Zeit brennt, keinen Rauch mehr, aber sie enthalten genug Luft, um die Verbrennung der Producte des frisch beladenen Herdes zu vollenden. Der Heizer muss natürlich im Augenblicke, wo er auflegt, jedesmal die brennenden Kohlen des vordern Herdes nach hinten auf den gemeinschaftlichen Rost schieben und darf niemals die frischen Kohlen über die Scheidewand D hinauslegen. Hierdurch erlangt man eine gute und wohlfeile Verbrennung ohne Rauch.

Es ist leicht, den Heizer dazu zu zwingen, beim Auflegen Sorgfalt anzuwenden, man braucht nur den Rost in zwei Theile zu theilen; im ersten Theile liegen die Stäbe sehr nahe aneinander, während die Stäbe des zweiten Theils wenigstens 10 Mm. voneinander entfernt sind, weil auf diesen Theil nur Kohlen kommen, die durch ihre theilweise Verbrennung aneinander gebackt sind. Auf diese Weise wird die Reinigung des hintern Rostes weit leichter wie die des vordern, und der Heizer ist gezwungen, um diesen letztern Theil rein zu erhalten, beständig die brennenden Kohlen nach hinten zu schieben und die neue Ladung vorn aufzulegen. Wir haben bereits gesehen, dass diese Leichtigkeit der Ladung einer der Vortheile ist, welche die Treppenroste und die schrägen Roste darbieten.

Der doppelte Herd, den die Figuren 8, 9, 10 und 11 vorstellen, kann als ein vollkommenes Muster angesehen werden. Seine Dimensionen sind für den Kessel mit Siederöhren einer Maschine von 25 Pferdekräften berechnet worden. Der Kessel liegt in der mit vollen Linien gezeichneten Figur direct über dem Feuer, während die punktirten Linien dem Falle entsprechen, wo die Siederöhren im Feuer liegen.

Die doppelten Herde, die wir als unnöthigerweise complicirt zur Seite gelassen haben, sind so eingerichtet, dass der Rauch des einen Herdes über den Rost

des andern hinwegziehen muss, ehe er in den Rauchfang gelangt, was durch zwei Register bewirkt wird, die abwechselnd dem Rauche den Zutritt in einen der Rauchfänge verschliessen und den Zutritt in den andern offen lassen. So oft nun der Heizer Kohlen in einen der Herde bringt, muss er die Stellung der Register verändern. Dieser Zuwachs an Arbeit kann oft eine Veranlassung dazu sein, dass der Heizer die Feuerung nicht gehörig besorgt. Uebrigens wurden die in mehreren Herden dieser Art angebrachten Register sehr schnell abgenutzt.¹⁾

15. Herde mit umgekehrter Flamme.

Seit langer Zeit wendet man bei verschiedenen Industriezweigen und für die Heizung der Dampfkessel Herde an, die unglücklicherweise nur bei Holzfeuerung gute Resultate liefern, nämlich Herde mit umgekehrter Flamme. Die einfachsten Herde dieser Art bestehen aus einem gemauerten Kanale (Fig. 12) von quadratischem Querschnitte, dessen unteres Ende sich unter dem Kessel befindet. Das in möglichst gleiche Scheite, deren Länge der Breite des Kanals gleich ist, gespaltete Holz wird zuerst unten angezündet. Das Feuer verbreitet sich allmählich und der sich bildende Rauch wird durch den Luftzug beständig durch die brennende Schichte hindurchgeführt. Man legt immer von oben zu in dem Masse, wie die Holzmasse sich senkt. Es bedarf keines Aschenherdes, da die geringe Quantität Asche, die sich bildet, durch den Luftzug weggeführt wird.

Diese Einrichtung, welche insofern gerade das Ge-

1) Näheres hierüber findet man: «Bulletin de la Société d'Encouragement», Janvier, p. 9, Foyers de M. Fairbairn. — Ib. Août 1830, XLIX, 389, Fourneau de M. de Buzonnière. — Génie industriel, VIII, 21, Fourneau de M. Numa Grard.

gentheil von der Einrichtung der gewöhnlichen Herde ist, als der Luftzug vom frischen Brennmaterial zum brennenden geht, ist ganz sicher vernunftgemässer, muss sehr rauchverzehrend sein und scheint eine vollständige Verbrennung zu bewirken. Jedoch hat man sich versichert, dass die Verbrennung des Holzes in diesen Herden keine bessern Resultate liefert als die, welche beim Gebrauche grosser Roste immer stattfinden. Es kommt sehr oft vor, dass zu kurze oder schlecht liegende Holz-scheite einem zu starken Luftzuge Raum geben, durch den eine bedeutende Menge von Wärme verloren geht. Uebrigens verhindern verschiedene Ursachen die Anwendung von Kohlen in solchen Herden. Erstens können Kohlen nicht so einander tragen wie Holz-scheite, man müsste mithin, um dieselben zurückzuhalten, am untern Ende des Herdes einen Rost anbringen, und dieser Rost, durch den beständig Flammen hindurch-schlugen, würde in kurzer Zeit zerstört sein. Auch wäre die Reinigung des Feuers bei einer solchen Vorrichtung sehr schwierig. Die zweite Schwierigkeit ist noch weit grösser als die erste und besteht darin, dass Kohlen weit schwerer wie Holz Feuer fangen, mit Ausnahme sehr fetter Kohlen, und diese würden gar nicht für die Herde, um die es sich hier handelt, passen, selbst wenn sie nicht so theuer wären; denn die Stücke derselben bilden durch ihr Zusammenbacken dicke und compacte Massen, die den Herd versperren würden. Auch zweifle ich sehr an der Möglichkeit, dass selbst die fettesten Kohlen durch den blossen Contact nach unten mit der brennenden Masse, während sie von oben durch einen Luftzug beständig abgekühlt würden, sich entzünden könnten oder mindestens, dass sie schnell genug verbrennen würden, um eine gute Verdampfung hervorzubringen und zu unterhalten.

Ich werde die Mittel, die vorgeschlagen worden sind, um die angegebenen Schwierigkeiten zu beseitigen, nicht näher besprechen; denn keins derselben hat sich durch

die Erfahrung als passend bewährt. Ungeachtet der durch Herrn Ebelmen, einen Mann der ohne Zweifel am fähigsten dazu war, die Lösung ähnlicher Fragen glücklich zu Ende zu führen, unternommenen Arbeiten, muss die Anwendung der Herde mit umgekehrter Flamme auf die Kohlenfeuerung, als auch um keinen einzigen Schritt gefördert angesehen werden. Ich bin indessen überzeugt, dass auf diesem Wege schöne Resultate erzielt werden können, weil, ich wiederhole dies, es weit vernunftgemässer ist, den Luftzug vom frischen Brennmaterial zum bereits brennenden zu führen, als umgekehrt, und es ist schwer anzunehmen, dass die brennbaren Gase mit einer hinreichenden Luftmasse untermengt durch die brennende Kohlenmasse hindurchgehen könnten, ohne vollständig zu verbrennen, während es leicht begreiflich ist, dass, wenn der Luftzug von unten durch den Rost in den Herd tritt, wie bei den gewöhnlichen Herden, derselbe beim Durchgange durch die brennenden Kohlen einen Theil seines Sauerstoffs verliert und nicht mehr genug übrig behält, um die Verbrennung der frischen Kohlen zu bewirken. Auf diese Weise werden Gase gebildet, die durch eine des Sauerstoffs verlustige Atmosphäre fortgeführt werden und nicht verbrennen.

16. Herde, die von unten geheizt werden.

Das Princip der Herde mit umgekehrter Flamme findet auch bei einer andern Art von Herden seine Anwendung, nämlich bei den von unten geheizten Herden. Es ist ersichtlich, dass man denselben Effect hervorbringt, wenn, anstatt die frischen Kohlen auf die brennenden zu legen und die Einrichtung so zu treffen, dass die Flamme abwärts steigen muss, man die frischen Kohlen unter die brennenden bringt und die Flamme aufwärts steigen lässt. In beiden Fällen erreicht man dasselbe Ziel, nämlich die von den frischen Kohlen ent-

wickelten Gase durch die brennenden Kohlen hindurchzuführen.

Dieser Art von Herden gehören die Herde der Herren Arnott, Foard und Duméry an.

In den beiden ersten wird der Herd durch die Kohlen gespeist, die sich unter dem Roste in einem Kasten befinden, den man nach oben drückt, um die Kohlen zwischen den Oeffnungen des Rostes hindurch in den Herd zu bringen. Der Apparat ist häufig bei Herden, die sich in Wohnzimmern befinden, mit Erfolg angewendet worden. Der Apparat des Herrn Foard ist durchaus unbekannt. Beide scheinen grosse Schwierigkeiten in ihrer Handhabung darzubieten.

Der Herd des Herrn Duméry ist sehr wohl erdacht und verdient um so mehr beachtet zu werden, als die Akademie der Wissenschaften in Paris ihn der Belohnung würdig erachtet hat, die sie den besten Erfindungen, die sich auf die der Gesundheit nachtheiligen Gewerbe beziehen, zuzugestehen pflegt.

Herr Duméry reducirt den horizontalen Theil des Rostes auf zwei oder drei Stäbe, die in der Mitte des Herdes, in gleicher Richtung mit dessen Länge, liegen. Auf beiden Seiten liegt das Brennmaterial in zwei Hörnchen (Fig. 1, Pl. 4), deren unterer Theil mit Spalten versehen ist, die einen wahren Rost daraus machen. Diese Röhrchen stehen in der ganzen Länge des Rostes aus dem Herde heraus. Man beladet sie mit Kohlen, die man in den Ofen mittelst einer Art von Kolben bringt, welche eine den Hörnchen ähnliche Form haben. Die Luft gelangt durch den Rost, die offene Seite der Hörnchen und durch die frisch aufgelegten Kohlen in den Herd, wie bei den Herden mit umgekehrter Flamme. Der Boden kann herabgeklappt werden, um das Feuer zu entfernen, die Kolben werden durch gezahnte Sektoren manövriert, welche durch Schrauben ohne Ende in Bewegung gesetzt werden, diese sind an einer Welle angebracht, die der Heizer mittelst einer Kurbel herumdreht.

Man hat mehrere Versuche mit diesem Herde angestellt, die zu günstigen Resultaten geführt haben. In dem Berichte der Commission der Akademie, die mit der Untersuchung des Apparats beauftragt war, wird indessen bloß erklärt, dass derselbe die Aufgabe der Rauchverzehung gut erfüllt, ohne eine Vermehrung in dem zur Feuerung nöthigen Kohlenquantum zu erheischen. Es war also keineswegs von einer Ersparniss die Rede und man schrieb das Nichtvorhandensein einer solchen theilweise der grossen Wärmemasse, die der Herd nach aussen hin ausstrahlte, zu. Dem Heizer verursachte diese Strahlung eine grosse Unbequemlichkeit.

Seitdem hat man bessere Resultate erlangt. So haben von zwei möglichst vollkommen gleichen Kesseln, der eine mit einem gewöhnlichen Herde, 4,75 K. Dampf per Kilogramm Kohlen, der andere mit dem Herde des Herrn Duméry 6 K. erzeugt. Die Ersparniss belief sich also auf 21%. Bei einem andern Versuche hat man mit einem gewöhnlichen Herde 5,20 K. Dampf per Kilogramm Kohlen erzeugt, und mit dem Herde Duméry's 7 K., also eine Ersparniss von 25% erzielt.

Solche Ersparnisse sind recht gut, aber man kann mit Recht den Einwurf machen, dass 6 und 7 K. Dampf mit guten gewöhnlichen Herden erzeugt werden und dass Herr Duméry, um zu diesen Resultaten zu gelangen, seinen Herd mit nicht gut eingerichteten Herden verglichen hat. Jedenfalls kann dem Herde des Herrn Duméry nicht der Vortheil bestritten werden, dass er den Rauch gut verzehrt.

17. Herde mit Zuführung von Luft.

Die meisten Versuche, die Verbrennung des Rauchs durch eine besondere Einrichtung des Herdes zu erlangen, beruhen auf der Lösung folgender Aufgabe: Es

werde in den Herd, jenseit des Punktes, wo sich der Rauch bildet, ein zu dessen Verbrennung hinreichendes Luftquantum geleitet. Das einfachste der vorgeschlagenen Mittel bestand darin, die spaltenförmige Oeffnung eines Luftkanals im hintern Theile des Herdes, jenseit der Feuerbrücke, anzubringen. Diese Einrichtung bot einen sehr grossen Uebelstand dar: der Luftzug trieb einen sehr lebhaften Flammenstrahl auf den Kessel, welcher Strahl sehr verderblich wirkte.

Man hat diesen grossen Uebelstand dadurch zu beseitigen gesucht, dass man auf verschiedene Weise den eindringenden Luftstrom zertheilte. Eine der besten Vorrichtungen der Art war die des Herrn Wye Williams, von der sich in der Notiz der Herren Violet und Combes über die rauchverzehrenden Herde eine Beschreibung befindet. Unmittelbar hinter der Feuerbrücke liegt eine Luftkammer, d. h. ein in dem Mauerwerk angebrachter leerer Raum. An der verticalen Seitenwand, die nach dem Herde zu liegt, ist ein Mantel, der durch gusseiserne, mit Löchern versehene Platten gebildet wird, angebracht, und ein Luftrohr führt die äussere Luft in diesen Mantel. Die Luft strömt nun durch die zahlreichen kleinen Oeffnungen der Platten in der Richtung des Rauchstroms heraus, mit dem sie sich vermischt und dessen vollständige Verbrennung sie bewirkt.

Nachdem Herr Combes die Anwendung einer ähnlichen Vorrichtung versucht hatte, erkannte er, dass man zu demselben Resultate gelangt, wenn man die Oeffnungen zweier Kanäle jenseit der Feuerbrücke in den Seitenwänden des Herdes anbringt und durch dieselben in der Art Luft einströmen lässt, dass die Richtung des Luftstroms eine horizontale ist und nicht nach dem Kessel hin wirkt. Man hat durch Gucklöcher, die man zu diesem Zwecke angebracht hatte, erkannt, dass, wenn die Oeffnungen der Kanäle geschlossen waren und eine frische Ladung aufs Feuer gekommen, jenseit der Feuerbrücke sich ein dichter Rauch bildete, und dass, so-

bald die Kanäle geöffnet worden, dieser Rauch sich entzündete und nur noch eine glänzende Flamme im hintern Theile des Herdes zu sehen war. Zu gleicher Zeit hörte der Rauch auf, aus dem Rauchfange aufzusteigen.

Man erlangt mithin ohne Mühe die Verbrennung des Rauchs, indem man durch die Seitenwände des Herdes Luft herbeiführt; aber unglücklicherweise wird hierbei keine Kohlenersparniss erzielt; wahrscheinlich, weil das Uebermass der zugeführten Luft die Wärme wegnimmt, die durch die vollständigere Verbrennung gewonnen wird.

Herr Amory von Boston scheint zu einem bessern Resultate gelangt zu sein, indem er jenseit der Feuerbrücke (Fig. 2, Pl. 4) eine oder mehrere Verbrennungskammern anlegte, deren Wände von Gusseisen und hohl sind. In diese dringt die Luft und erhitzt sich durch ihre Berührung mit dem Gusseisen, das immer, infolge seines Contactes mit der Flamme, eine hohe Temperatur hat. Diese warme Luft tritt nun in zwei Richtungen in die Verbrennungskammern, nämlich in gleicher Richtung mit dem Luftzuge des Herdes und in entgegengesetzter; sodass die durch die Verbrennung gebildeten Gase zwischen zwei Luftströmungen kommen, herumwirbeln, sich mit der Luft vermischen und sich entzünden. Die Erweiterung des Querschnittes, die durch die Verbrennungskammern entsteht, trägt übrigens dazu bei, die Geschwindigkeit der Bewegung der Gase zu verringern und die vollständige Verbrennung derselben zu erleichtern. Zugleich findet eine bessere Mittheilung der Wärme durch die Wände des Kessels statt. Die Anwendung der Erfindung des Herrn Amory bei einem Kessel der Kanongießerei in Lüttich hat eine Ersparniss von 20% zur Folge gehabt. Herr Amory versichert, dass er eine weit bedeutendere erzielt hat; aber 20% sind schon sehr befriedigend, und es ist zu wünschen, dass anderweitige

Versuche die Richtigkeit dieses Resultats bestätigen mögen.

Wir sind der Herdthür des Herrn Prideaux (Fig. 3 und 4) eine besondere Erwähnung schuldig, da deren Anwendung bei gewöhnlichen Herden sehr günstige Resultate in Bezug auf Rauchverzehrung geliefert hat. Diese sehr scharfsinnig erdachte Thür besteht aus zwei Theilen: der vordere Theil ist einem Sommerladen ähnlich und mit beweglichen Platten aus Gusseisen oder Eisenblech versehen. Die Stange b, die zum Oeffnen der Thür dient, steht in der Art mit diesen Platten in Verbindung, dass, wenn man dieselbe hebt, um die Thür zu öffnen und frische Kohlen aufzulegen, man zugleich alle Platten öffnet. Wenn die Thür wieder zugemacht ist, schliessen sich die Platten nur langsam, weil die Stange b beim Herabsteigen einen Kolben p, der sich in einem verticalen Cylinder voll Wasser bewegt, herabdrücken muss. Der obere und der untere Theil des Cylinders stehen durch einen Kanal c miteinander in Verbindung. Das Gewicht des Hebels, der Eisenplatten u. s. w. drücken den Kolben herab, indem sie das Wasser aus dem untern Theile des Cylinders in den obern Theil steigen machen. Man kann die Geschwindigkeit dieser Bewegung und mithin das allmähliche Zugehen der Platten durch eine Schraube v reguliren, die die untere Oeffnung des Kanals c mehr oder minder verengt. Man sieht, dass durch diesen Mechanismus man im Augenblicke der Ladung der Luft den Zutritt durch eine Oeffnung freilässt, die sich in den darauffolgenden Momenten, wo eine grosse Masse von Rauch erzeugt wird, erst allmählich schliesst. Es könnte nun die hierdurch ermöglichte Fortdauer des Luftzutritts einen ernstlichen Uebelstand darbieten, wenn nicht der zweite Theil der Thür die hereindringende Luft stark erhitzte, ehe dieselbe in den Herd kommt. Dieser zweite Theil besteht aus zwei bis drei Systemen unbeweglicher Eisenplatten,

die an dem Rahmen des vordern Theils befestigt sind. Diese Platten werden durch die von den brennenden Kohlen ausgestrahlte Wärme stark erhitzt und erhitzen wieder die Luft, die zwischen denselben hindurchzieht. Man gibt einem jeden Plattensystem eine andere Richtung, damit die Wärmestrahlen um so besser aufgehalten werden. Dieser Zweck wird so vollständig erreicht, dass ein vor eine derartige Thür gestelltes Thermometer nur auf 18° stieg, während die Thür eines benachbarten Herdes glühend roth war.

Der Mechanismus dieser Thür erscheint complicirt, jedoch ist zu bemerken, dass er nicht bedeutend erhitzt wird und mithin keiner schnellen Zerstörung ausgesetzt ist. Man muss erkennen, dass die Prideaux'sche Thür eine der besten Einrichtungen ist, die für gewöhnliche Herde vorgeschlagen worden, und die Anwendung derselben verdient empfohlen zu werden, selbst wenn dieselbe keine andere Wirkung hervorbrächte als die, den Wärmeverlust, welcher durch Ausstrahlung durch die Thür entsteht, zu vermeiden und die theilweise Verbrennung des Rauchs, der im Augenblicke des Auflegens entsteht, zu veranlassen. Die Januarlieferung von 1859 des *«Practical mechanic's Magazine»* enthält eine Beschreibung einer Herdthür von Herrn H. Rawson, die der des Herrn Prideaux ähnlich ist, aber meiner Ansicht nach derselben bedeutend nachsteht; denn sie ermangelt des wichtigsten Theils der Prideaux'schen Thür, nämlich des Systems von Eisenplatten, wodurch die Luft vor ihrem Eintritt in den Herd erhitzt und die Ausstrahlung verhütet wird.

Ehe wir zur Untersuchung einer andern Art von Herden übergehen, müssen wir den stärksten Einwurf mittheilen, den man gegen das Princip der Einführung von Luft in die Herde gemacht hat. Man behauptet, dass die aus dem Gemisch von Gas und Luft, wenn dies in zu grosser Menge vorhanden ist, erzeugte Flamme

stark oxydirt und mithin zerstörend auf die Kessel einwirkt. Die Erfahrung hat nur zu oft bewiesen, dass der Einwurf gegründet ist, und dies ist wahrscheinlich die Veranlassung gewesen, Vorrichtungen, die in anderer Beziehung sehr zweckmässig wären, nicht mehr anzuwenden. Man kann allerdings die schädliche Einwirkung der Luft im Herde dadurch vermindern, dass man die Zulassung derselben in passender Weise regulirt. Aber wie soll man das zuzulassende Quantum bestimmen? Soll man warten, bis der Kessel offenbare Spuren von Alteration zeigt? Gewiss nicht, um so weniger, als man durch dieses unangenehme Experiment nicht gefördert wäre. Man wüsste nur, dass zu viel Luft eingeführt worden, aber nicht wieviel zu viel. Meines Erachtens kann man nichts anderes thun, um sich einigermassen sicher zu stellen, als das Quantum der herbeigeführten Luft auf das Minimum zu reduciren, welches unumgänglich nothwendig ist. Zuweilen wird dies Minimum unzureichend sein und der Herd rauchen, besser aber ein wenig Rauch, als beständig den Kessel zu verbrennen.

Ich kann nicht umhin, hier die Bemerkung hinzuzufügen, dass man unmöglich als ein gutes Princip ein solches betrachten kann, dessen Anwendung beständig beschränkt werden muss, um Uebelstände zu vermeiden, die mit demselben innig verknüpft sind. Man muss sich deshalb darüber wundern, dass die meisten rauchverzehrenden Herde auf dem Princip der Zuführung der Luft beruhen, dessen gute Anwendung am meisten Schwierigkeiten darbietet. Was mich betrifft, so hege ich die Ueberzeugung, dass man zu bessern Resultaten gelangt, wenn man von dem Princip der doppelten Herde oder von dem der umgekehrten Flamme ausgeht.

18. Herde mit Gaserzeugern.

Man macht gegenwärtig viel Erhebens von einem neuen System von Herden, dessen Anwendung wol schon

früher Gegenstand einiger Versuche gewesen war, aber niemals ernstlich in Anwendung gekommen ist. Das neue System, welches den Dr. Beaufumé zum Erfinder hat, soll erstaunliche Resultate hervorgebracht haben, daneben aber auch unglücklicherweise sehr wenig befriedigende.

Der Haupttheil des Beaufumé'schen Systems besteht in einem besondern gasbereitenden Apparate, in dem die Kohlen, da sie nicht genug Luft zu ihrer Verbrennung finden, sich in brennbares Gas verwandeln, welches durch eine Röhre unter den Kessel geleitet wird, dort in Berührung mit einem hinreichend starken Luftzuge tritt und sich entzündet. Die Figuren 4 und 5 (Pl. 4) stellen diesen Apparat vor: A ist der Gaserzeuger; er besteht aus einem Kasten von Eisenblech, dessen Boden ein Rost G ist und der sich in einem zweiten Kasten oder Mantel C C' C'' befindet. Dieser letztere ist bis zu einer gewissen, durch den Anzeiger n angegebenen Höhe mit Wasser angefüllt. Indem dieses Wasser die Wärme der Wände des Gaserzeugers absorbiert, verhindert es deren Verbrennung und wird in Dampf verwandelt, der durch die Röhre t zum Kessel hingeleitet wird oder dazu dient, einen Ventilator in Bewegung zu setzen, durch welchen der Verbrennung Luft zugeführt wird. Ein Theil der Luft gelangt in den ummauerten Raum F und von dort durch die Röhren F' und F'' unter den Rost G, um dort die unvollkommene Verbrennung im Gaserzeuger zu unterhalten. Der grössere Theil der vom Ventilator gelieferten Luft zieht durch den Kanal T T' T'', der sich soviel wie möglich im Mauerwerk hin- und herschlängelt, um die Luft zu erwärmen, die alsdann durch die Oeffnung T''' ausströmt. B und B' sind die Einlader. Sie bestehen jeder aus einer weiten Röhre mit beweglichem Boden und Deckel. Man öffnet diesen Deckel und füllt die Einlader mit Kohlen an, schliesst dieselben und öffnet alsdann vermittelst eines

von aussen in Bewegung gesetzten Mechanismus die Böden, um die Kohlen in den Gaserzeuger fallen zu lassen, ohne dass Luft in denselben einströme.

Die Luftmenge, die durch den Rost G kommt, reicht gerade dazu hin, im Gaserzeuger eine hohe Temperatur zu unterhalten, nicht aber, um die in denselben gebrachten Kohlen gänzlich zu verbrennen. Durch diese unvollständige Verbrennung werden brennbare Gase entwickelt, die durch die Röhre HH' strömen und zu einem System M von Oeffnungen gelangen (Fig. 7), die unter dem Kessel einen breiten Gasbrenner bilden. Die Oeffnungen dieses Brenners haben die Form eines Rechtecks und wechseln mit ähnlichen Oeffnungen ab, durch welche die durch die Röhren T, T', T'', T''' zugeführte Luft ausströmt. Die auf solche Weise mit Luft vermischten Gase verbrennen vollständig.

Dies ist die Einrichtung der Haupttheile des Systems; andere Theile bezwecken die Erleichterung der Inthätigkeitsetzung des Apparats. Dieser kann in der That erst dann regelmässig wirken, wenn die Verbrennung im Gaserzeuger bis zu einem gewissen Punkte gediehen ist. Auch wäre die jedenfalls mit den Theilen des Apparats, die wir bisjetzt beschrieben haben, sehr schwierige Anzündung des Feuers fast unmöglich, in dem sich häufig ereignenden Falle, wo der Ventilator, welcher die Luft zur Verbrennung liefert, nur durch die Dampfmaschine selbst, zu welcher der zu heizende Kessel gehört, oder durch eine kleine, durch den Dampf des Mantels des Gaserzeugers getriebene Maschine in Bewegung gesetzt wird.

Um diesen Uebelstand zu vermeiden, bringt man auf der Röhre HH', in der Nähe ihres Endes, eine senkrechte Röhre I an, die Entleerer genannt wird und als Rauchfang wirkt. Durch zwei Valven I und J kann die Röhre HH' geschlossen werden, um die Gase durch die Röhre L entweichen zu lassen, oder der Entleerer L,

um die Gase durch die Leitungsröhre zum Verbrennen zu führen.

Man schliesst zuerst die Valve I, öffnet zugleich J und legt durch die Thür O Holz in den Gaserzeuger (Fig. 6); zugleich öffnet man die Thüren Q, die auch zur Reinigung des Aschenherdes und der Kammer F dienen. Während nun die Röhre L als Rauchfang wirkt, entzündet sich das Feuer, wie in einem gewöhnlichen Herde. Durch P, P, P kann man den Gang der Operation überwachen. Die Einlader B und B' werden erst gebraucht, wenn die Verbrennung gut im Gange ist. Sobald sich genug Dampf entwickelt, um den Ventilator zu treiben, schliesst man die Valve J des Entleerers und öffnet die Valve I; zugleich schliesst man vollkommen alle Thüren O und Q, und es bleibt nur noch übrig, den Gaserzeuger mit Kohlen und dessen Mantel mit Wasser zu versehen.

Wir haben bereits gesagt, dass das Beaufumé'sche System erstaunliche Resultate geliefert hat, so ausserordentliche Resultate, dass wir Anstand nehmen würden, dieselben anzuführen, wenn nicht ausgezeichnete Techniker, wie der Herr Ingenieur Grouvelle, der sowol durch seine Schriften wie durch die von ihm ausgeführten Arbeiten berühmt ist, und die Herren Cail, Besitzer einer der grössten Maschinenfabriken, die gegenwärtig existiren, dieselben bezeugten.

Die ersten, zu Chaillot durch Herrn Grouvelle mit dem mit Siederöhren versehenen Kessel einer Maschine von 24 Pferdekraften ausgeführten Experimente, haben 10 K. Dampf per Kilogramm Kohlen geliefert. Der Dampferzeuger des Mantels war mit Hochdruck.

Ein zu Denain bei den Herren J. Cail und Comp. befindlicher Apparat hat nur 6,93 K. geliefert. Hier war der Dampferzeuger des Gaserzeugers mit Niederdruck.

Man hat zu Denain noch andere Experimente vorgenommen, indem man dieselbe Arbeit, nämlich das Hämmern von 1000 K. Eisen durch zwei Maschinen aus-

führen liess, deren eine mit einem gewöhnlichen Herde, die andere aber mit einem Herde nach dem System Beaufumé versehen war. Diese letztere hat eine Ersparniss von 51% dargeboten, die gewisse Berichtigungen noch auf 58% steigern. Endlich hat ein zweiter Apparat nach dem System Beaufumé zu Denain 10 K. Dampf per Kilogramm Kohlen geliefert, wie bei den zu Chaillot angestellten Experimenten. Wir haben früher gesagt, dass man in den Kesseln, die durch gute gewöhnliche Herde geheizt werden, selten mehr als 6 K. und häufig nur 5 K. Dampf erzeugt. Der Beaufumé'sche Apparat böte hiernach eine Ersparniss von 40—50%.

Wir sahen oben, dass man zu Denain selbst 51% oder genauer 58% erlangt hatte. Dieses Resultat ist noch glänzender, aber man könnte auch mit 50% und selbst mit 40% sehr zufrieden sein.

Ein ausgezeichneter Ingenieur sagte mir eines Tags, dass er von den Erfindungen, die eine Oekonomie von 50% erzielen sollen, durchaus keine hohe Meinung habe, weil alle Erfinder eine solche versprechen. Ich theile seine Ansicht, weil ich weit lieber an kleine und allmähliche Fortschritte glaube, als an Riesenschritte. Zwar sind diese nicht unmöglich, wie Watt bewiesen hat; denn die Ersparniss an Kohlen, die durch seine Vervollkommnung der Einrichtungen der Dampfmaschinen herbeigeführt wurde, belief sich auf mehr als 50%; dieser Fortschritt war aber auch ein glänzendes Phänomen auf dem Gebiete der Industrie. Es ist bekannt, dass Watt und Bulton für ihre mächtigen Dampfmaschinen keine andere Bezahlung verlangten als ein Drittel der Kohlenersparniss, die sie bewirkten, und dass sie überdies die alten Maschinen zum Ankaufspreise übernahmen.

Die zur Ausbeutung des Patents des Herrn Beaufumé gebildete Gesellschaft verlangt auch als Zins ein Drittel der zu bewirkenden Ersparniss; anstatt aber ihre Apparate gratis zu liefern, verkauft sie dieselben zu einem so hohen Preise, dass der hierdurch erzielte Gewinn sie

wol in den Stand setzte, auf die Entrichtung eines Zinses zu verzichten.

Weit besser wäre es, wenn die Entrichtung eines Zinses die Vorabnahme eines Gewinnes unnöthig machte. Man behaupte ja nicht, dass dieser Vorwurf ungegründet sei! Zu einer Zeit, wo die Mittel, Brennmaterial zu ersparen, eine der wichtigsten Fragen ausmachen, die den Geist der Industriellen beschäftigen, wo ein bedeutender Fortschritt hierin zur Ersparniss von Millionen allein in unserm kleinen Belgien führen würde; zu einer Zeit, wo die Macht der Association es erlaubt, grosse Speculationen auszuführen, die ehemals nur dem mit Vermögen gepaarten Genie zur Industrie möglich waren; wo Gesellschaften an die Stelle der Bulton getreten sind: zu einer solchen Zeit muss man gerechte Zweifel gegen die Anerbietungen von Gesellschaften hegen, die blaue Wunder versprechen, ohne irgendeine Garantie zu übernehmen oder sich der Möglichkeit eines Verlustes auszusetzen.

Ich finde es sehr begreiflich, wenn ein Industrieller sich die Mühe gibt, mit Aufmerksamkeit die Erfindung eines gediegenen Mannes, dem es an Mitteln zur Ausführung mangelt, zu untersuchen und alle zu einem Versuch nöthigen Ausgaben übernimmt. Er beweist hierdurch, dass er Intelligenz besitzt und den Fortschritt liebt. Er gibt aber ebenfalls einen Beweis von Intelligenz, wenn er ohne weiteres jeden Vorschlag von reichen Erfindern und um so mehr von reichen Gesellschaften zurückweist, wenn ihm diese nicht erklären: der Apparat kostet so und so viel und bringt das und das Resultat hervor; wir lassen Ihnen denselben auf Probe während so und so viel Zeit. Wenn er Ihnen nicht zusagt, so nehmen wir ihn wieder zurück. Ihr Interesse bietet uns eine Garantie für das unsere.

Wie kann man in der That verlangen, dass ein Gewerbtreibender mehr Zutrauen in eine Erfindung habe als derjenige, der sie gemacht hat oder dieselbe aus-

beutet? Oder wie wäre es begreiflich, dass diese keinerlei Verantwortlichkeit übernehmen wollten, wenn ihre Vermögensverhältnisse sie in den Stand setzten, dies zu thun und sie volles Zutrauen zu dem Erfolg hätten?

Es kann sich allerdings der Fall ereignen, dass ein Industrieller sich gedrungen fühlt, eine Erfindung anzuwenden, deren dauerhafter Erfolg ihm nicht garantirt werden kann, und dass dann der Erfinder sich weigert, auf seine Gefahr, unter den Bedingungen, die ihm auferlegt werden, einen Versuch mit deren Ausführung zu machen. Aber hier ist dies keineswegs der Fall; denn der Beaufumé'sche Apparat macht ein vollständiges System aus, das von den äussern Umständen seiner Anwendung ganz unabhängig ist und dessen Resultate stets dieselben sein sollten. Dies hat mich zu den vorstehenden Bemerkungen veranlasst, die dem von mir behandelten Gegenstand durchaus nicht fremd sind. Ich kann dieselben in folgender Weise kurz zusammenfassen: Die Art und Weise, wie einem Industriellen eine Erfindung angetragen wird, und die Garantien, die man ihm darbietet, müssen auf das von ihm über deren Werth zu fällende Urtheil einen grossen Einfluss ausüben.

Wir haben bereits gesagt, dass die Gesellschaft, die das Patent des Herrn Beaufumé ausbeutet, keine von den Garantien übernimmt, die man zu verlangen berechtigt wäre und die sie ganz unbedenklich bieten müsste, wenn man die glänzenden Erfolge der Erfindung, die von der Gesellschaft gemachten schönen Versprechen und die von ihr gestellten Forderungen berücksichtigt. Neben den Erfolgen haben sich aber auch wenig befriedigende Resultate ergeben. Unter den von uns mitgetheilten Resultaten findet sich die Dampfproduction für einen Fall auf 6,9 K. angegeben, und wir fanden dieselbe schon sehr befriedigend. Vergleichen wir diese Zahl mit der, welche der Dampfproduction eines Kessels mit gewöhnlichem Herde entspricht und 6 K. beträgt,

so stellt sich noch immer eine Ersparniss von 15% heraus, mit der wir uns schon begnügen würden. Herr Grouvelle versichert, dass der Kessel, welcher 6,93 K. Dampf erzeugte, mit einem gewöhnlichen Herde nie mehr als 4,50 K. gegeben hätte. Die Ersparniss betrüge mithin auch hier noch mehr als die unvermeidlichen 50%. Wir wollen hier nicht fragen, ob die Zahl 6,93 neben den 10 K. der andern Versuche nicht etwas bescheiden erscheint, und wir wollen zugeben, dass dieses schwächere Ergebniss daher rührt, dass, wie Herr Grouvelle versichert, die Dampferzeugung in dem Mantel des Gaserzeugers mit Niederdruck und nicht mit Hochdruck stattfand. Aber noch andere für die Praxis sehr unbefriedigende Resultate können angeführt werden, nämlich die auf der Ausstellung in Paris im Jahre 1855. In Bezug auf Oekonomie nimmt der durch das Beaufumé'sche System geheizte Kessel unter den sieben Kesseln, deren Dampfproduction untersucht worden ist, den fünften Rang ein. Auch haben häufige Reparaturen mit dem Gaserzeuger vorgenommen werden müssen, was mehrmals eine Unterbrechung in dem Gange des Apparats herbeigeführt hat. Dieser Uebelstand ist von grosser Wichtigkeit; man kann denselben allerdings durch Vervollkommnung in der Construction vermindern; wird man aber jemals dazu gelangen, ihn ganz zu beseitigen und dadurch den Beaufumé'schen Apparat zu einem ununterbrochen wirkenden und praktisch anwendbaren zu machen? Die bisher gemachten Versuche lassen auf diese Frage keineswegs eine bejahende Beantwortung zu.

Bisjetzt wissen wir also, dass der Beaufumé'sche Apparat theuer ist, dass man grosse Versprechungen von ihm macht, keine Garantie bietet und dass dieser Apparat häufiger Reparaturen bedarf und dadurch häufige Unterbrechungen in der Thätigkeit der Maschine herbeiführt.

Dies sind die Einwürfe, die sich uns bisjetzt gegen einen Apparat ergeben, über den wir noch manches zu

sagen haben. Wir sind der Ansicht, dass die Kritik desto strenger sein muss, je übertriebener die Anpreisungen sind, und dass eine solche Uebertreibung hier stattfindet, wollen wir beweisen. Zu diesem Zweck wollen wir näher auf eine Angabe eingehen, die der Tabelle über die Resultate der zu Denain gemachten Experimente entnommen ist. Wir finden, dass bei einem von diesen Experimenten das erzeugte Dampfquantum 11,4 K. bei einem Druck von 4 Atmosphären betrug, während das Wasser zur Speisung eine Temperatur von 50° hatte. Die Physik lehrt uns nun, dass eine solche Dampfproduction 11,4 $(606,5 + 0,305 \times 144) - 50$ oder 6840 Wärmeeinheiten erforderte. Andererseits lehrt sie uns, dass gute Kohlen, von besserer Qualität als die Sorten, welche bei uns und im nördlichen Theile Frankreichs verwendet werden, ein Wärmevermögen von 7050 Einheiten besitzen, d. h. dass die vollständige Verbrennung von 1 K. solcher Kohlen, wenn sie von einem Physiker in dem Apparate eines Laboratoriums so vorgenommen wird, dass sehr wenig Wärme verloren gehen kann, 7050 Wärmeeinheiten liefert. Diese Zahl ist nur um $\frac{3}{100}$ grösser als die Zahl 6840, die durch einen Heizer mit dem Beau-fumé'schen Apparat erlangt wurde; mithin hat man bei dem Experiment, um das es sich hier handelt, 97% der Wärme des Brennmaterials nützlich verwendet. Es findet aber Wärmeverlust statt: 1) durch Ausstrahlung durch den Mantel des Gaserzeugers; 2) dadurch, dass nicht vollständig verbrannte Kohlen in den Aschenherd fallen; 3) durch Ausstrahlung durch die Oberflächen der Leitungsröhre und des Entleerers, deren Valven übrigens niemals vollkommen schliessen; 4) durch Absorption durch das Mauerwerk des Kessels; 5) durch Gasströme, die aus dem Herde entweichen, ohne vollständig erkaltet zu sein. Dieser letztere Verlust würde allein schon 6% in dem Falle betragen, wo man die Temperatur der Gase bei ihrer Entweichung auf 100° herabgebracht hätte, was sehr schwer zu bewerkstelligen ist. Mit einem Worte,

wenn man ernstlich auf diese Frage eingeht, muss man höchlichst über das angekündigte Resultat erstaunen und man muss die Reduction aller Wärmeverluste auf 3%, wie sie durch das Beaufumé'sche System erlangt worden sein soll, als ein wahres Wunder betrachten.

Die Erzeugung von 10 K. Dampf auf 1 Kilogramm Kohlen ist weniger absonderlich und könnte als möglich betrachtet werden. Aber die Unmöglichkeit eines der angekündigten Resultate macht alle andern zweifelhaft, selbst wenn sie möglich sind, und wir müssen annehmen, dass dieselben die Einwirkung einiger einflussreichen Quellen von Irrthümern erlitten haben, wie die, deren wir §. 2 erwähnt haben und die auf das Mass der Dampfproduction eines Kessels einwirken können.

Was ist übrigens im Grunde genommen der Beaufumé'sche Apparat? Nichts anderes als ein sehr schlechter Herd mit hinzugefügter Herbeileitung von Luft. Der Gaserzeuger ist in der That ein Herd, in dem man absichtlich möglichst viel Rauch entwickelt, und der Verbrenner ist ganz den Apparaten analog, die zur Verbrennung des Rauchs mittelst der Herbeileitung von Luft an einen Punkt, der jenseit des Ortes liegt, wo der Rauch entsteht, vorgeschlagen worden sind. Will man diesen Vergleich noch deutlicher machen, so denke man sich eine Locomotive, deren Rost verstopft ist, ferner eine Kammer, die am Ende eines Theils der Röhren liegt und durch einen Ventilator Luft zugeführt erhält: welcher andere Unterschied wird zwischen dieser Vorrichtung und denen des Beaufumé'schen Apparats stattfinden, als der, dass die Wärme, die der erkaltende Rauch auf seinem Wege vom Gaserzeuger zum Verbrenner fahren lässt, benutzt wird, anstatt verloren zu gehen? Wer würde nun vorschlagen wollen, ein solches System bei Locomotiven in Anwendung zu bringen?

Wir können noch weiter gehen und behaupten, dass das Beaufumé'sche System eine Uebertreibung des Systems der Herbeileitung von Luft ist, und zwar der

schlimmsten Seiten desselben. In der That besteht, wie wir früher gesagt haben, der Hauptübelstand dieses Systems in dem zerstörenden Effect, welcher durch die oxydirende Einwirkung der Flamme, die viele nicht des Sauerstoffs beraubte Luft enthält, ausgeübt wird. Auch haben wir gesehen, dass, um diesen Effect zu beschränken, man die Luftmasse, die herbeigeleitet wird, auf das zur Verbrennung der Gase unentbehrliche Minimum reduciren, mithin der Rauch selbst möglichst gering sein müsse. Hier aber macht man es umgekehrt: man bringt möglichst viel Rauch hervor und leitet unter den Kessel ein grosses Luftquantum. Es wäre interessant zu erfahren, was aus den nach dem Beaufumé'schen System geheizten Kesseln würde. Ich verspreche mir durchaus nichts von diesem System, weder für die Gegenwart, noch für die Zukunft.

19. Herde mit continuirlicher Ladung.

Das Princip des continuirlichen Ladens der Herde ist sicherlich sehr vernunftgemäss. Die Continuität ist im allgemeinen etwas sehr Wünschenswerthes bei einer Operation, und die meisten Maschinen, welche dazu dienen, Rohstoffe zu verarbeiten, empfangen continuirlich diese Stoffe. Warum sollte dies nicht auch bei unsern Herden der Fall sein, die doch nichts anderes sind als Maschinen zur Verwandlung der Brennmaterialien in heisse Gase? Ein Hinderniss erlaubt dies nicht: die Maschinen, die continuirlich die zu verarbeitenden Stoffe empfangen, führen diese selbst herbei und verarbeiten dieselben entweder ohne Ueberbleibsel, oder sie schaffen die etwaigen Abfälle selbst weg. Unsere Herde schaffen aber nicht selbst die aufzuladenden Kohlen herbei und entfernen nicht selbst die Ueberbleibsel der Verbrennung. Um sie also continuirlich zu speisen, hat man sie mit Apparaten versehen müssen, die geeignet waren, unaufhörlich Kohlen aufzulegen, während dem Heizer die

Sorge überlassen blieb, alles was nicht verbrannt worden, aus dem Herde wegzuschaffen; oder man hat an dem Rost eine Vorrichtung anbringen müssen, mittelst deren die Kohlen in den Herd gebracht und die Abfälle der Verbrennung entfernt werden. Es gibt deshalb zweierlei Arten von Herden mit continuirlicher Ladung: Herde mit festem Roste und Speisungsapparaten und Herde mit beweglichem Roste.

Die einfachste Einrichtung von Herden mit feststehendem Roste und continuirlicher Speisung ist die gewisser amerikanischer Herde, wo Kohlenblende gebrannt wird. Die Kohlenblende kommt durch eine im obern Theile des Herdes angebrachte Oeffnung in denselben, über welcher ein grosser Trichter angebracht ist. Sie bildet auf dem Roste einen kegelförmigen Haufen, der sich, sowie er verbrennt, unter dem Drucke des frischen Brennmaterials, das sich darüber befindet, ausbreitet. Diese Einrichtung ist bei unsern Herden noch nicht angewendet worden; vielleicht könnte sie von Nutzen sein.

Der Apparat des Herrn Collier, welcher einen gewissen Ruf erlangt hatte und den man jetzt fast nicht mehr anwendet, war am Eingange des Herdes angebracht. Ein Trichter war mit Kohlen angefüllt, die durch zwei cannelirte, durch einen ausserhalb befindlichen Mechanismus in Bewegung gesetzte Cylinder zerdrückt wurden. Beim Herabfallen gelangten die Kohlen auf die vier Flügel einer verticalen Achse, die sich um sich selbst herumdrehte. Durch die Bewegung der Flügel wurden die Kohlen in den Herd geschleudert. Man machte gegen diesen Apparat den Einwurf, dass er häufig in Unordnung gerieth und die Kohlen auf dem Roste ungleich vertheilte, indem dieselben sich zu sehr auf beiden Seiten des Rostes anhäuften.

Was die Herde mit beweglichem Roste betrifft, so hat man zuerst Herde mit rundem, sich um sich herum-drehendem Roste angewendet. Um sich eine Vorstellung

davon zu machen, denke man sich ein horizontales Rad, das sich um seine verticale Achse bewegt und dessen Radian, die einen Rost bilden, die Kohlen aufnehmen, die aus einem über dem Herde angebrachten Trichter herabfallen. Der Rost wird auf diese Weise sehr gleichmässig mit kleinen Kohlenquanten beladen, sodass die Verbrennung sehr regelmässig vor sich geht. Man begreift aber, dass dieser Apparat sehr leicht in Unordnung kommen muss; die Einwirkung einer starken Hitze auf die Bewegungsorgane, die Schlacken, die auf diese oder zwischen die Peripherie des Rostes und die Wände des Herdes fallen, werden sehr bald der Bewegung hinderlich. Aus diesem Grunde sind die sich herumdrehenden Roste wenig angewendet worden. Es wäre unnöthig länger bei ihrer Einrichtung zu verweilen.

Wir werden uns länger mit einem andern Herde mit beweglichem Roste beschäftigen, der ungeachtet der Mängel, die wir daran nachweisen werden, als der beste unter den Herden mit continuirlicher Speisung, die bis jetzt versucht worden sind, betrachtet werden kann. Ich will hier von dem beweglichen Roste von Juckes mit der von Herrn Taillefer angebrachten Vervollkommnung reden, der durch Herrn Taillefer in Frankreich eingeführt worden ist. Da dieser Apparat eine grosse Wichtigkeit erlangt hat und wir noch in keinem Werke eine vollständige Zeichnung davon gefunden haben, die mit der Ausführung in der Wirklichkeit ganz übereinstimmte, so haben wir mit möglichster Sorgfalt einen solchen Apparat gezeichnet, der bei einer Maschine von 30 Pferdekraften angebracht ist. (Siehe die Figuren 1, 2, 3, 4, 5 u. 6, Pl. 5.)

Aus Fig. 3 geht hervor, dass der Rost von Juckes eine Art von Kette ohne Ende ist, die aus artikulirten kleinen Stangen besteht und durch die Umdrehung der Rollen R, R bewegt wird, deren Oberflächen mit 5 Zähnen versehen sind; die in die Stangen wie in die Glieder einer Kette eingreifen.

Der Rost rückt sehr langsam um 1, 2 – 3 Centi-

meter in einer Minute vor. Diese sehr langsame Bewegung wird durch eine Schraube ohne Ende v hervorgebracht, die das gezahnte Rad e treibt, welches direct auf der Achse $j j'$ eines der Systeme von Rollen R sitzt, die sich zugleich mit dem Rade umdrehen. Die andern, im hintern Theile des Herdes angebrachten Rollen, dienen nur zur Leitung der Bewegung, wie auch die Rollen b, b''' .

Die Schraube ohne Ende wird durch die kegelförmigen Treibräder $g g'$ in Bewegung gesetzt, die auf der Achse der Rolle Q sitzen. Dieser wird durch einen Riemen die Bewegung einer horizontalen Welle mitgetheilt, die längs der vordern Seite des Herdes liegt und ihrerseits entweder durch die Hauptmaschine, resp. durch den Kessel getrieben wird oder auch oft durch eine besondere kleine Dampfmaschine, die sehr schnell zu wirken anfängt, weil von einem Tag zum andern immer Dampf im Kessel bleibt und man diesen nur kurze Zeit zu heizen braucht, ohne den Rost in Bewegung zu setzen, um einen hinreichenden Druck zu erlangen. Uebrigens kann, wo dies für nöthig gehalten wird, der Rost durch das Schwungrad V herumbewegt werden.

Das ganze System ruht auf einem Gestelle, welches aus zwei Seitenbacken von Gusseisen $B B' B''$ besteht, die durch die Stangen $b, b', b'', b''', b^{iv}, b^v$ zusammengehalten werden. Der Theil B' ist ein Ansatzstück, das es möglich macht, für B und B'' dieselben Modelle beizubehalten, wie gross auch die Länge des Rostes sein mag. Das ganze Gestell ruht auf zwei Räderpaaren $z z'$ und bildet so eine Art von Wagen, den man auf zwei Schienen, die auf dem Boden des Aschenherdes liegen, hin- und herbewegen kann.

Die in kleine Stücke geschlagenen Kohlen kommen in einen Trichter, der durch die Backen B des beweglichen Gestells, durch eine blecheiserne Platte U und durch die Thüre P gebildet wird, welche letztere aus einem mit feuerbeständigen Backsteinen ausgefüllten Rah-

men besteht. Diese Thüre P, welche an Ketten hängt, die um die Rollen p, p gehen, kann man herablassen und sie nach Gefallen mittelst eines Sperrkegels festsetzen, der in ein Sperrrad greift, das auf der Achse der Rollen sitzt.

Die Kohlen werden durch die Bewegung des Rostes, der unter dem Boden des Trichters weggeht, mitgenommen und man regulirt das mitgenommene Quantum, mithin auch die Ladung des Herdes, indem man die Thüre P mehr oder minder zumacht. Da die Kohlen auf diese Weise continuirlich in kleinen Quanten auf den Rost kommen, so finden sie immer genug Luft und Wärme vor, um ohne Rauch zu verbrennen, und die Bewegung des Rostes ist so langsam, dass die daraufliegenden Kohlen verbrannt sind, ehe sie ans Ende des Rostes gelangen. Bis dorthin kommt nur die Asche, die dann von selbst auf die Platte u fällt, durch welche sie unter den Rost geführt wird. Dieser Rost entlastet sich von selbst und reinigt sich auch von selbst, weil die kleinen Stangen sich stark voneinander entfernen, wenn sie in der Nähe der Enden des Rostes sind, wo sich die Kette um die Rollen herumrollt.

Die Figuren 4, 5 und 6 beziehen sich auf einzelne Theile des Rostes. Man sieht wie die kleinen Stangen miteinander abwechselnd in den aufeinander folgenden runden Platten stecken. Diese sinnreiche Construction bewirkt nothwendigerweise eine grosse Geschmeidigkeit und hinreichende Festigkeit. Die Zusammensetzung ist übrigens sehr einfach und kann in sehr kurzer Zeit bewerkstelligt werden. Sobald man, während die Kette noch nicht angezogen ist, die letzte Stange eingesetzt hat, die zu derselben gehört, kann man die Kette dadurch straff spannen, dass man mittelst der Schraube h, deren Schraubenmutter festsitzt, die Träger der Achse der Rollen R und mithin diese Achse selbst zurückschraubt.

Um die Bewegung zu erleichtern, sind die Stangen,

durch welche die kleinen Barren des Rostes gehen, mit Laufrädchen versehen, die längs den Leisten l, l laufen. Der Rand m m' der Seitenbacken beschützt den Lauf dieser Rädchen gegen herabfallende halbverbrannte Kohlen.

Man muss eingestehen, dass die Einrichtung des Juckes'schen Rostes ganz besonders sinnreich und wohl erdacht ist. Zahlreiche Anwendungen haben Gelegenheit geboten, die bedeutenden Vortheile, die er bietet, und auch die grossen wesentlichen Uebelstände, die er veranlasst, zu erkennen.

In gewissen Fällen hat man zugleich eine vollkommene Verzehrung des Rauchs und eine bedeutende Ersparniss an Kohlen erlangt, die entweder von einer Verminderung des Verbrauchs oder daher rührte, dass es möglich war, sehr wohlfeiles Gries zu verbrennen. Aus einem unverdächtigen Berichte des Herrn Delezenne geht hervor, dass mehrere Herde dieser Art, die zu Lille etablirt sind, eine Ersparniss von 18% dargeboten haben. Unglücklicherweise sind diese Resultate nicht constant und es hat sich oft der Fall ereignet, dass, nachdem ein Rost nach dem Systeme Juckes an die Stelle eines gewöhnlichen Rostes gekommen war, nicht nur der Kohlenverbrauch stieg, sondern man selbst nicht mehr das nöthige Dampfquantum erzeugen konnte. Dieser Fall hat sich sowol bei Rosten ereignet, die durch Herrn Juckes selbst eingerichtet worden, als auch bei Rosten, wie Herr Taillefer sie jetzt construirt, unter anderm bei solchen wie der ist, den wir gezeichnet haben.

Eine der hauptsächlichsten Ursachen dieses ungünstigen Resultats besteht in der Bildung von Schlacken, die sich an den Wänden des Herdes festsetzen und an der Feuerbrücke sitzen bleiben, wodurch sehr bald die wirksame Oberfläche des Herdes bedeutend verringert wird. Der Heizer ist dann gezwungen, die Thüre zu öffnen, um die ganze Masse herauszunehmen. Hierbei werden auch noch nicht völlig verbrannte Kohlen mit herausgerissen und wird das Feuer gänzlich gestört.

Ich habe gesehen, dass diese Operation an einem und demselben Tage häufig wiederholt werden musste.

Um das Festsetzen der Schlacken zu vermeiden, hatte man unter einem der Kessel einen hohlen Rahmen von zusammengenieteten Eisenblechstücken angebracht, der mit Wasser angefüllt war, mit dem Kessel in Verbindung stand und dessen Wände die Stelle der Wände des Herdes vertraten. Man hoffte, dass sich keine Schlacken an diese Metallfläche setzen würden, deren Temperatur keine grosse Höhe erreichen konnte. Dieser Zweck wurde theilweise erreicht, aber der so schwer anzufertigende Rahmen wurde bald leck, und es war ernstliche Gefahr vorhanden, dass derselbe platzen würde; man war deshalb gezwungen, ihn wieder wegzunehmen. Mir scheint es, als wäre es besser, auf beiden Seiten des Rostes, den man weniger breit wie den Herd machte, zwei eiserne Platten anzubringen, die man herabklappen könnte. Auch würde am hintern Ende eine ähnliche Platte angebracht und die Feuerbrücke müsste höher über den Rost hervorstehen, wie dies in der Zeichnung angegeben ist; damit die Schlacken bis zur beweglichen Platte gelangen könnten, die man von Zeit zu Zeit herumklappte, um diese Schlacken wegzuschaffen. Wir müssen hinzufügen, dass die Bildung von Schlacken bedeutend vermindert wird, wenn man nur recht trockene Kohlen in den Herd bringt.

Ferner macht man gegen diesen Rost den Einwurf, dass er nicht erlaubt, ein so starkes Feuer wie auf den gewöhnlichen Rosten zu machen. Ich glaube aber, dass dies bloss daher kommt, dass man um feinere Kohlen brennen zu können, zwischen den Roststangen nicht genug Zwischenraum gelassen hat. Man ist hierin unnothigerweise zu weit gegangen.

Endlich macht man dem Juckes'schen Roste den Vorwurf, dass er ein sich im Feuer bewegendes Apparat ist. Man kann in der That keineswegs auf die Dauerhaftigkeit und die Regelmässigkeit eines Appa-

rats zählen, von dem mehrere Theile einer hohen Temperatur ausgesetzt sind. Es ist jedoch zu bemerken, dass bei dem Juckes'schen Roste die Bewegungsorgane nicht fühlbar erhitzt werden. Nur der Rost selbst ist einer starken Hitze ausgesetzt und die Einrichtung desselben erlaubt ihm alle Ausdehnungen zu erleiden, die in dem Systeme stattfinden, die Bewegung ist eine so langsame und Reparaturen können so leicht vorgenommen werden, dass der erwähnte Uebelstand nicht von grosser Bedeutung erscheint.

Im ganzen genommen ist der Rost von Juckes ein wohlerdachter und wirklich rauchverzehrender Apparat, der zuweilen auch eine Ersparniss von Brennmaterial möglich macht, der aber bei seiner gegenwärtigen Einrichtung nur für die Verwendung gewisser Brennstoffen passt. Vielleicht kann die Anwendung dieses Rostes eine allgemeine werden, wenn man einige Abänderungen von der Art der von uns angegebenen damit vorgenommen haben wird. Ungeachtet der bedeutenden Uebelstände, die wir selbst in der Praxis zu erkennen Gelegenheit hatten, glauben wir weit mehr an die Zukunft dieses Apparats, als an die von vielen andern, die sehr gerühmt werden und von denen man nur ausserordentliche Erfolge berichtet.

20. Schluss des auf die Roste Bezüglichen.

Wenn wir das, was wir über die Roste gesagt haben, kurz zusammenfassen, so gelangen wir zu dem Schlusse, dass von allen neuen Systemen keins ohne alle Einschränkung anempfohlen werden kann, dass keins beständig mit Erfolg angewendet wird, dass keins von praktischen, mehr oder weniger bedeutenden Uebelständen ganz frei ist und dass es bisjetzt am gerathensten ist, sich an unsere alten Roste zu halten und sich darauf zu beschränken, die grösste Sorgfalt auf die Berechnung ihrer Dimensionen und auf ihre ganze Zusammensetzung zu

verwenden, indem man die sehr einfache, von uns angegebene Vorrichtung hinzufügt, den vordern Theil des Herdes durch eine Scheidewand und eine doppelte Thüre in zwei besondere Herde zu theilen.

Dieses wenig befriedigende Resultat unserer Untersuchung scheint dem Genie der Erfindung ein gänzlich Unvermögen zuzuschreiben. Dies ist jedoch nicht der Fall; wir haben nur darthun müssen, dass die neuen Rostsysteme, wie alle Dinge, die nicht auf eine vieljährige Erfahrung basirt sind, unsern gewöhnlichen Herden entweder nachstehen oder denselben höchstens gleichkommen. Die Einfachheit der Einrichtung dieser alten Herde bietet eine Garantie für wenn auch nicht so grosse, doch wenigstens dauerhafte Erfolge, und die Mittel zu deren Vervollkommenung haben reiflich in Erwägung gezogen werden können. Auch behaupten die bessern unter den neuen Apparaten nur dann ihre Ueberlegenheit, wenn sie von einem Heizer besorgt werden, der schon lange an ihre Handhabung gewöhnt ist, während mehrere unter den neuerfundenen Apparaten auch eine neue Art der Besorgung erheischen, oder zum Zwecke haben, die beständige Aufmerksamkeit und die Intelligenz des Heizers entbehrlich zu machen.

21. Von den Dampfkesseln.

Wir haben dasjenige, was sich auf die Herde und den Luftzug bei denselben bezieht, rasch durchgenommen, weil wir gezwungen waren infolge dieses Studiums den Entschluss zu ziehen, den wir ausgesprochen haben, nämlich: dass die Erfahrung tiefgehende Abänderungen in den seit langer Zeit gebräuchlichen Einrichtungen keineswegs als nützlich hat erkennen lassen. Wir brauchten daher nur diese Einrichtungen mit einiger Ausführlichkeit zu beschreiben und unsere Aufgabe war, nur möglichst vollständig auseinanderzusetzen, welchen Bedingungen ein guter Herd genügen muss. Dieser

Gegenstand war selbst in dieser einfachen Auffassung von so grosser Wichtigkeit, dass wir weit mehr ins einzelne gegangen wären, hätten wir nicht gewusst, dass wir bei Gelegenheit der Kessel von neuem darauf zurückkommen müssten und ihn dann mit um so grösserm Erfolge behandeln könnten. Es wird uns in der That leicht sein, bei der Beschreibung der vorzüglichsten Dampferzeugungsapparate nicht nur die von uns über die Herde aufgestellten Regeln wieder in Erinnerung zu bringen, sondern auch zu zeigen, wie dieselben auf die verschiedenen Fälle, die sich am häufigsten darbieten, angewendet werden müssen.

22. Material der Kessel.

Man hat ehemals Kessel aus Bronze, aus Gusseisen und selbst aus Holz gemacht. Gegenwärtig construiert man sie nur aus Eisenblech oder aus Kupfer. Auf der allgemeinen Ausstellung in Paris, im Jahre 1855, figurirte auch ein Kessel aus Stahl; man kann aber darin nur eben einen Gegenstand für die Ausstellung ohne praktische Verwendbarkeit sehen. Allerdings würde die Anwendung des Stahls, der eine grössere Zähigkeit wie das Eisen besitzt, erlauben, die Kesselwände weniger dick zu machen; aber die Vortheile hiervon können nur im ersten Augenblicke wichtig erscheinen. Diese Vortheile können in nichts anderm bestehen, als in einer Verminderung des Gewichts des Kessels und einer leichtern Mittheilung der Wärme. Der Gewichtsunterschied wird durch den Preisunterschied zwischen Stahl und Eisen mehr als aufgewogen und durch den Unterschied in der Schwierigkeit der Bearbeitung.

Was die grössere Leichtigkeit der Mittheilung der Wärme betrifft, so ist dieselbe nur in der Theorie von Wichtigkeit, wie wir bald darthun werden, indem wir in Bezug hierauf die verschiedenen Materialien, aus denen man die Kessel machen kann, näher untersuchen.

23. Fortpflanzung der Wärme durch die Wände der Kessel.

Man weiss, dass nicht alle Körper gleich gute Wärmeleiter sind, d. h. dass nicht alle mit derselben Leichtigkeit die Wirkung dieses Agens fortpflanzen. Man kann nun die relative Leitfähigkeit der verschiedenen Körper bestimmen, indem man misst, welche Wärmemengen sie unter gleichen Umständen, d. h. bei gleicher Oberfläche und Dicke und unter denselben Temperaturverhältnissen hindurchlassen. Um diesen Punkt begreiflicher zu machen, wollen wir denselben sogleich auf den Fall anwenden, mit dem wir es hier zu thun haben.

Wir nehmen an, zwei Kessel, der eine von Kupfer, der andere von Eisen, seien von gleichen Dimensionen, würden durch zwei Herde geheizt, die dieselbe Hitze entwickelten und enthielten gleich heisses siedendes Wasser mit demselben Drucke, unter derselben Temperatur. Die beiden Kessel haben also dieselbe Dicke, gleiche Oberflächen und ihre äussern wie ihre innern Flächen sind gleich heiss: sie werden aber nicht eine gleiche Masse von Dampf erzeugen und man wird z. B. finden, dass, während der eiserne Kessel ein Quantum von 20 K. Dampf auf den Quadratmeter erzeugt, der kupferne Kessel deren 50 erzeugt hat und zwar deshalb, weil das Kupfer $2\frac{1}{2}$ mal so viel Wärme aufgenommen hat als das Eisen, weil die Leitungsfähigkeit des Kupfers $2\frac{1}{2}$ mal grösser als die des Eisens ist.

Man kann übrigens die Leitungsfähigkeit der Körper ganz absolut betrachten, ohne dieselben untereinander zu vergleichen. In der That kann ich aus dem angestellten Experimente schliessen, dass ein Quadratmeter, wir wollen annehmen 10 Mm. dicken Eisens, dessen eine Seite von der Flamme und dem Rauche berührt wird, deren mittlere Temperatur 600° betragen mag, während die andere Seite durch das darauf befind-

liche Wasser in einer Temperatur von 100° erhalten wird, in einer Stunde 20×550 Wärmeeinheiten durchgelassen hat, die dazu nöthig sind, um 20 K. 100° warmes Wasser in 20 K. Dampf zu verwandeln. Mit andern Worten, 1 Quadratmeter 10 Mm. dicken Eisenblechs hat in einer Stunde 13000 Wärmeeinheiten durchgelassen, während der Temperaturunterschied der beiden Seiten 500° betrug.

Der Erfahrung nach ist folgendes Gesetz annähernd richtig: die durch eine Platte mit parallelen Seiten hindurchgehende Wärmemenge ist der Oberfläche derselben und dem Temperaturunterschiede direct und der Dicke umgekehrt proportional. Hieraus könnten wir dann schliessen, dass ein Quadratmeter Eisen, der nur 1 Mm. dick wäre und dessen beide Seiten nur um 1° verschiedene Temperaturen hätten, in einer Stunde $\frac{13000}{500}$

$\times 10$ oder 260 Wärmeeinheiten durchlassen würde, also in einer Secunde $\frac{260}{3600}$ oder ungefähr 0,08. Diese

Zahl wäre das Mass der Leitungsfähigkeit des Eisens, wenn wir dieselbe definiren: die Wärmemenge, die in einer Secunde durch eine Platte von 1 Quadratmeter Oberfläche und 1 Mm. Dicke hindurchgeht und einem Temperaturunterschiede von 1° zwischen beiden Seiten entspricht.

Herr Peclet hat mittelst genauer Bestimmungsmittel die Leitungsfähigkeit verschiedener Körper berechnet und hat für das Eisen 8,01 und für das Kupfer 19,16 gefunden.

Wir haben für das Eisen 0,08, also eine hundertmal kleinere Leitungsfähigkeit gefunden, als die von Herrn Peclet angegebene. Bei unserer Ermittlung haben wir uns indessen nicht auf willkürlich angenommene Zahlen, sondern auf das gewöhnliche Ergebniss der Dampferzeugung gestützt und auf die gewöhnlichen Temperaturen des Herdes und der Feuerkanäle. Wie sollen wir

uns nun den Umstand erklären, dass die tägliche Erfahrung ein hundertmal kleineres Resultat liefert, als das der theoretischen Experimente? Eine ganz einfache Betrachtung wird uns den in unserer Berechnung begangenen Irrthum erkennen lassen. Wir haben angenommen, die Temperaturen beider Seiten der Platte seien 600° mittlere Temperatur des Feuers und des Rauchs und 100° Temperatur des siedenden Wassers unter dem Drucke von einer Atmosphäre. Wenn dem aber so wäre und die äussere Seite eine Temperatur hätte, welche der mittlern Temperatur des Feuers und des Rauchs, die sie berühren, entspräche, so würden wir diese Seite glühend roth und bald zerstört sehen. Ihre Temperatur ist jedoch noch niedriger wie die, wobei das Eisen zu glühen beginnt (mit Ausnahme einiger Fälle, wo schlechte Einrichtungen ein anderes Resultat veranlassen), die ungefähr 525° beträgt und dies ungeachtet des fortwährenden Contacts mit der bis zu 1200° erhitzten Luft. Dies kommt daher, weil die Wände der Kessel dünn genug sind und die Substanz, aus der sie bestehen, ein zu guter Leiter ist, als dass die Wärme auch nur einen Augenblick auf der Oberfläche verweilen könnte. Das dem Anschein nach sehr einfache Phänomen ist in der That ziemlich verwickelt. Es findet in Wirklichkeit eine dreifache Wärmeübertragung statt: 1) Die heisse Luft, die in Berührung mit der untern Oberfläche ist, überlässt dieser einen Theil ihrer Wärme; 2) diese Wärme geht durch das Metall hindurch nach der innern Seite desselben; 3) sie geht von der innern Seite auf das dieselbe berührende Wasser über. Es findet, was man das veränderliche Gleichgewicht der Wärme nennt, statt, wenn das Wärmequantum, was aus der heissen Luft auf die äussere Seite übergeht, dem gleich ist, welches diese auf die innere Seite überträgt, wie auch dem von dieser auf das Wasser übergehenden. Man sieht also, dass die Leitungsfähigkeit des Metalls sozusagen nur ein Drittel der Bedingungen des Phänomens

ausmacht, und dass man auch die Leitungsfähigkeit von der Luft auf das Eisen, d. h. die Leichtigkeit, mit welcher die Luft dem Eisen Wärme abgibt, sowie die Leitungsfähigkeit von dem Eisen auf das Wasser oder die Leichtigkeit des Uebergangs der Wärme von dem einen zum andern gleichzeitig berücksichtigen muss. Da nun die Leitungsfähigkeit, die wir als von dem Eisenblech zum Eisenblech stattfindend bezeichnen wollen, stets weit grösser wie die beiden andern ist, so darf es nicht in Verwunderung setzen, wenn sie durch diese sehr geschwächt wird. Oder einfacher gesagt, wenn die Eisenblechplatten der Kessel kein grösseres Wärmequantum übertragen, so geschieht dies, weil sie nur die Uebertragung von dem vermitteln können, was sie zu empfangen und abzugeben vermögen.

Die hier gegebene Analyse eines sehr verwickelten Phänomens ist nothwendigerweise sehr unvollkommen.¹⁾

1) Man kann mittelst des Calculs eine ziemlich vollständige Analyse des Durchgangs der Wärme durch die Kessel aufstellen. Es seien:

Q das Wärmequantum, welches in 1" durch einen Quadratmeter eines e Mm. dicken Kessels hindurchgeht;

K die innere Leitungsfähigkeit des Eisenblechs;

u die Temperatur der äussern Fläche des Kessels;

v die Temperatur der innern von dem Wasser bedeckten Fläche.

Nach dem annähernden Gesetze der Leitungsfähigkeit der Metalle hat man:

$$Q = K \cdot \frac{u - v}{e}.$$

Nennen wir nun h die Leitungsfähigkeit des Eisenblechs nach aussen ins Wasser, d. h. das Wärmequantum, welches ein Quadratmeter Eisenblech in einer Secunde an das Wasser für jeden Wärmegrad des Unterschiedes zwischen der Temperatur des Eisenblechs und der des Wassers abgibt, sodass, wenn 1' die Temperatur des Wassers ist, h (v — t) das dem Wasser in 1" durch 1 Qm. Eisenblech mitgetheilte Wärmequantum ausdrückt. Wenn

Sie führt indessen zu sehr wichtigen Folgerungen, die wir auseinandersetzen werden.

das veränderliche Gleichgewicht der Temperaturen eingetreten ist, wenn also diese constante Werthe erlangt haben, ist:

$$K \frac{u - v}{e} = h (v - t).$$

Setzen wir voraus, dass das Wärmequantum, das die T^0 heisse Luft bei ihrem Contacte mit der äussern Kesselfläche, deren Temperatur u ist, auf diese übergehen lässt, dem Unterschiede $T - u$ beider Temperaturen proportionirt ist und mit m die in 1" abgetretene Wärme bezeichnen, die auf einen Quadratmeter der Heizfläche und auf jeden Grad des Temperaturunterschiedes kommt, so ergibt sich

$$m (T - u) = K \frac{u - v}{e} = h (v - t). \quad (a)$$

Aus diesem Systeme von Gleichungen erschen wir, dass wenn das Gleichgewicht der Temperaturen eingetreten ist, das Wärmequantum, das in 1" auf 1 Qm. Eisenblech übergeht, dem Wärmequantum gleich ist, das in 1" durch diesen Quadratmeter hindurchgeht, und dem Quantum, welches durch dieselbe Fläche an das Wasser abgegeben wird. Die Grössen m , K , h sind von uns im Texte Leitungsfähigkeit aus der Luft zum Eisenblech, des Eisenblechs zu sich selbst und des Eisenblechs zum Wasser genannt worden.

Aus den Gleichungen (a) kann man folgende Werthe ableiten:

$$u = \frac{K h t + m (K + h e) T}{K h + m (K + h e)},$$

$$v = \frac{K m t + h (K + m e) t}{K m + h (K + m e)}.$$

Diese Werthe drücken die Temperaturen der beiden Oberflächen des Eisenblechs, welche gegebenen Temperaturen der Luft und des Wassers entsprechen, aus. Ziehen wir dieselben voneinander ab, so ergibt sich:

$$u - v = \frac{m h (T - t) e}{K h + m (K + h e)},$$

und hieraus:

$$Q = \frac{K (u - v)}{e} = \frac{K m h (T - t)}{K h + m K + m h e}.$$

Man ersieht aus dieser Formel, dass das Wärmequantum, das in 1" durch die Wände eines Kessels hindurchgeht, fast von der

Die Leitungsfähigkeit der Wärme aus der Luft auf das Eisenblech und von diesem auf das Wasser ist fast ganz von der Natur des Eisenblechs unabhängig. In der That ist die äussere Fläche des Bodens der Kessel fast immer mit einer Schicht von Kohlen- und anderm Staube überzogen und die innere Oberfläche bekleidet eine mehr oder weniger dicke Lage von Uebersinterung. Es macht nun wenig aus, ob unter diesen Bekleidungen sich Kupfer oder Eisen befindet. Es wird durch das Eisenblech nur dasjenige Wärmequantum hindurchgehen, welches die Luft an die äussere Ueberkleidung und diese an das Eisenblech abgibt, und dasjenige, das die innere Kruste dem Wasser überlässt. Die Leitungsfähigkeit des Metalls, es mag dies nun Kupfer oder Eisen sein, ist stets hinreichend, ich wiederhole dies, um die empfangene Wärme zu übertragen. In Bezug auf die Leichtigkeit der Leitung der Wärme ins Wasser und mithin auf Ersparniss von Brennmaterial ist die Wahl des Stoffs des Kessels von durchaus keiner Wichtigkeit.

Aehnliche Betrachtungen lassen uns eine durch die Erfahrung bestätigte Thatsache erkennen, nämlich dass die Dicke der Wände des Kessels auf die Dampferzeugung nur sehr geringen Einfluss ausübt. Die Dicke des

Dicke des Eisenblechs unabhängig ist, was auch durch die Erfahrung bestätigt wird.

Auch erkennt man, dass dieses Wärmequantum dem Unterschiede der Temperaturen der Luft und des Wassers proportionirt ist, sodass man setzen kann:

$$Q = K' (T - t),$$

wo K' gewissermassen ein zusammengesetzter Coëfficient der Leitungsfähigkeit ist.

Die Bestimmung der Coëfficienten m , k , h , deren Werthe übrigens, besonders infolge der Veränderungen im Zustande der äussern und innern Fläche, sehr veränderlich sind, ist bisjetzt nicht mit einiger Genauigkeit auf experimentalem Wege zu erlangen; jedoch weiss man, dass die Grössen m und h im allgemeinen im Vergleich mit K sehr klein sind.

Metalls müsste in der That sehr bedeutend sein, damit die Wärme mehr Zeit darauf verwendete, um durch dasselbe hindurchzugehen, als um aus der Luft auf die äussere Kesselfläche und von der innern Fläche in das Wasser zu gelangen. Man begreift übrigens wohl, dass je bedeutender die Dicke ist, desto höher die Temperatur der äussern Fläche steigen muss. Nach dem oben ausgesprochenen Principe ist aber das Wärmequantum, welches durch eine Platte hindurchgeht, um so stärker, je grösser der Unterschied der Temperatur beider Flächen ist. Es findet also in gegenwärtigem Falle eine Ausgleichung statt: die Wärmemenge, die durch das Eisenblech hindurchgeht, würde infolge der Dicke des Metalls einer Verminderung, infolge des grössern Temperaturunterschiedes aber einer Vermehrung unterliegen, da die äussere Seite sich verhältnissmässig mehr als die innere erhitzt, die mit dem Wasser in Contact ist.

Um nun eine zu hohe Temperatur und als Folge hiervon deren zerstörende Einwirkung auf das Material des Kessels zu verhindern, wird durch gesetzliche Bestimmungen ein Maximum der Dicke vorgeschrieben, über das nicht hinausgegangen werden darf. Dies auf 14 Mm. festgesetzte Maximum ist vielleicht zu niedrig; wenigstens zeigt der Calcul, dass die von einer solchen Dicke herbeigeführte Temperaturerhöhung sehr unbedeutend ist.

Wenn nun die Beschaffenheit und die Dicke des Eisenblechs bei den Kesseln wenig Einfluss auf die Dampferzeugung ausübt, so ist es ganz anders in Betreff der Flächen der Kessel. Der Zustand der äussern Fläche ist nicht besonders wichtig, da diese Seite nur mit der Flamme und dem Rauche in Berührung steht und sich nur mit Russ überziehen kann, dessen Einwirkung eher förderlich wie nachtheilig sein muss, weil er unter allen Körpern derjenige ist, der am leichtesten die Wärme aufnimmt. Der Russüberzug, der sich auf den untern Theil der Kessel setzt und sich beständig

erneuert, trägt zur Erleichterung des Uebergangs der Wärme aus der Luft auf das Eisenblech bei, während er dies mehr oder weniger gegen Oxydation schützt.

Ganz anders verhält es sich mit der innern Kesselfläche, die stets mehr oder weniger mit einer Kruste bedeckt ist, deren Einfluss nur hinderlich sein kann.

Diese Kruste besteht aus erdigen Bestandtheilen, die schlechte Wärmeleiter sind, und widersetzt sich desto mehr dem Uebergange der Wärme vom Eisenblech ins Wasser, je dicker sie ist. Sie trägt weit energischer, als dies durch eine grössere Dicke des Metalls geschehen würde, sowol dazu bei, den Uebergang der Wärme ins Wasser zu hindern, als auch die Temperatur der äussern Kesselfläche zu erhöhen. In der That ist nicht nur die innere Leitungsfähigkeit dieser Kruste 10, 20, selbst 50 mal schwächer wie die des Eisenblechs, sodass ein Millimeter der Dicke derselben der Leitung der Wärme ebenso hinderlich ist wie eine 10, 20, 50 mal grössere Dicke des Eisenblechs es sein könnte, sondern die äussere Leitungsfähigkeit der Kruste ist auch viel schwächer wie die des Eisenblechs, sodass die Wärme, nachdem sie nur mit grosser Schwierigkeit durch dieselbe hindurchgegangen ist, noch mit Schwierigkeit ins Wasser übergeht, das mit der Kruste in Contact ist.

Aus dem Gesagten wird ersichtlich, woher es kommt, dass die Krusten starkwirkende Ursachen zum Springen der Kessel sind und zugleich einen bedeutendern Kohlenverbrauch veranlassen. Je mehr die Nachlässigkeit des Heizers die Dicke derselben wachsen lässt, desto mehr wird die Dampferzeugung schwächer; der Heizer vermehrt dann die Heftigkeit des Feuers, und bald kommt es dahin, dass er nur durch beständiges Aufladen frischer Kohlen und beständiges Schüren das nöthige Dampfquantum zu erlangen vermag. Durch die Einwirkung dieses heftigen Feuers, dessen Wärme nicht schnell genug in das Wasser übergehen kann, glüht das Eisenblech, oxydirt sich und seine Stärke nimmt schnell ab.

Ich bin weit entfernt, den glänzenden Versprechungen der unzähligen Erfinder von Mitteln gegen die Bildung der Krusten Glauben zu schenken; aber ich bin fest davon überzeugt, dass die Ueberkrustung der Kessel, sobald sie bis zu einem gewissen Punkte gelangt ist, eine sehr thätig wirkende Veranlassung zu grösserm Kohlenverbrauch ist und dass mithin eine bedeutende Ersparniss erzielt wird, wenn man nie die Kruste eine gewisse Dicke erreichen lässt. Hierdurch wird man auch wesentlich zu einer längern Dauer der Kessel beitragen. Später werden wir noch von andern Wirkungen der Ueberkrustung sprechen und die besten Mittel zu deren Bekämpfung angeben.

24. Von der Dicke der Kessel.

Die gesetzlichen Verordnungen (s. S. 246) über Dampfkessel schreiben die Dicke vor, welche diese, je nach ihrem Durchmesser und dem zu erleidenden Drucke, haben müssen. Diese Dicke wird für den am häufigsten vorkommenden Fall, dem der cylindrischen Kessel, nach einer Formel berechnet, die in den erwähnten Reglements gegeben wird und zu der man auf theoretischem Wege gelangt ist.¹⁾ Diese Formel kann in folgender Weise in Worte gekleidet werden: Die Dicke eines Kessels muss gleich sein 3 Millimetern vermehrt um das Product aus 1,8 Mm. durch die Zahl welche den Durchmesser in Metern ausdrückt, und durch den stärksten effectiven Druck (den Druck des Dampfes weniger den der Luft), den der Kessel zu erleiden hat, welcher nach Atmosphä-

1) Man kann den Druck, der das Reißen eines cylindrischen Kessels in einer Cylinderseite hervorzubringen strebt, bestimmen, wenn man einen Streif von gegebener Breite betrachtet, einen solchen z. B., der einen Centimeter breit ist. Das Bestreben, denselben in einem Punkte zu zerreißen, ist gleich der Summe aller Seitenkräfte (Composantes), die der durch diesen Punkt geführten Tangente parallel laufen, alles des Drucks, welchen der

ren berechnet worden. Uebrigens enthalten die Reglements eine Tabelle, in welcher die Dicken der Kessel für die am häufigsten vorkommenden Durchmesser und Drucke angegeben sind:

Durchmesser der Kessel.	Spannung des Dampfes im Kessel.							Besondere Bemerkungen.
	2 Atm.	3 Atm.	4 Atm.	5 Atm.	6 Atm.	7 Atm.	8 Atm.	
Meter.	Mm.	Mm.	Mm.	Mm.	Mm.	Mm.	Mm.	
0,50	3,9	4,8	5,7	6,6	7,5	8,4	9,3	Die Dicke, die den Wänden der cylindrischen Kessel gegeben werden soll, wird durch folgende Formel ausgedrückt: $E = d(n - 1) 1,8 + 3$. E bezeichnet hier die in Millimetern ausgedrückte Dicke; d den Durchmesser des Kessels in Metern; n die Spannung des Dampfes in Atmosphären ausgedrückt.
0,55	4,0	5,0	6,0	7,0	7,9	8,9	9,9	
0,60	4,1	5,2	6,2	7,3	8,3	9,5	10,6	
0,65	4,2	5,3	6,5	7,7	8,8	10,0	11,2	
0,70	4,3	5,5	6,8	8,0	9,3	10,6	11,8	
0,75	4,3	5,7	7,0	8,4	9,7	11,1	12,4	
0,80	4,4	5,9	7,3	8,8	10,2	11,6	13,1	
0,85	4,5	6,1	7,6	9,1	10,6	12,2	13,7	
0,90	4,6	6,2	7,9	9,5	11,1	12,7		
0,95	4,7	6,4	8,1	9,8	11,5	13,3		
1,00	4,8	6,6	8,4	10,2	12,0	13,8		
1,05	4,9	6,8	8,7	10,6	12,4			
1,10	5,0	7,0	8,9	10,9	12,9			
1,15	5,1	7,1	9,2	11,3	13,3			
1,20	5,2	7,3	9,5	11,6	13,8			
1,25	5,2	7,5	9,7	12,0				
1,30	5,3	7,7	10,0	12,4				
1,35	5,4	7,9	10,3	12,7				
1,40	5,5	8,0	10,6	13,1				
1,45	5,6	8,2	10,8	13,4				
1,50	5,7	8,4	11,1	13,8				
1,55	5,8	8,6	11,4					
1,60	5,9	8,8	11,6					
1,65	6,0	8,9	11,9					
1,70	6,1	9,1	12,2					
1,75	6,1	9,3	12,4					
1,80	6,2	9,5	12,7					
1,85	6,3	9,7	13,0					
1,90	6,4	9,8	13,3					
1,95	6,5	10,0	13,5					
2,00	6,6	10,2	13,8					

Dampf auf alle Elemente des Streifens ausübt. Man erkennt leicht, dass diese Summe gleich

$$(n - 1) \times 1,033 \times D \text{ Kilogramme}$$

10 *

Die Colonnen dieser Tabelle sind nicht alle ganz ausgefüllt, und die Dicke ist immer unter 14 Mm. Dies

ist, wenn n die Anzahl der Atmosphären des Drucks des Dampfes im Kessel und D der in Centimetern ausgedrückte Durchmesser des Kessels ist.

Bezeichnen wir mit r den in Kilogrammen ausgedrückten Widerstand eines Quadratcentimeters, gegen das Bestreben, ihn zu brechen, mit e die in Centimetern gegebene Dicke des Kessels, so wird re der Widerstand gegen das Reißen des Streifens sein, und man hat:

$$re = (n - 1) \times 1,033 \times D \text{ Kilogr.}$$

$$\text{Mithin} \quad e = \frac{1,033 (n - 1) D}{r}.$$

Der kleinste theoretische Werth von r ist = 3300 K.; für die Praxis nimmt man $\frac{1}{6}$ oder 550 Kilogramme. Wir bekommen mithin

$$e = \frac{1,033}{550} (n - 1) D = 0,0018 (n - 1) D.$$

Wenn D in Metern und e in Millimetern ausgedrückt ist, findet man:

$$e = 1,8 (n - 1) D.$$

Man muss zu diesem Werthe, der berechnet worden ist, indem man nur den vom Dampf ausgeübten Druck berücksichtigte, noch eine andere Grösse hinzufügen, welche den Widerstand ausdrückt, den der Kessel allen andern Einwirkungen entgegensetzt, die ihn zu zerbrechen streben; schon sein eigenes Gewicht übt ein solches Bestreben aus. Man setzt hierfür den constanten Werth von 3 Mm., sodass die durch das Reglement bestimmte Formel

$$e = 1,8 (n - 1) D^{\text{mm}} + 3^{\text{mm}}$$

ist, wo D in Metern gegeben.

Aus dieser Formel leitet man folgende ab:

$$n - 1 = \frac{e - 3}{1,8 \times D}.$$

Diese dient zur Bestimmung der Zahl von Atmosphären, die der effective Druck in einem Dampfkessel von gegebenem Durchmesser und gegebener Dicke nicht übersteigen darf. Die gesetzlichen Verordnungen bestimmen, dass die Dicke der Kessel geringer als 15 Mm. sein muss. Setzt man

$$14^{\text{mm}} = 1,8 (n - 1) D^{\text{mm}} + 3^{\text{mm}},$$

so ergibt sich

$$D = \frac{11}{n - 1}$$

hat seinen Grund darin, dass die Reglements es nicht erlauben, darüber hinauszugehen. Wenn wegen des beabsichtigten Durchmessers oder des Drucks des Dampfes eine grössere Dicke erforderlich wäre, so müsste man statt eines Kessels deren mehrere von kleinerm Durchmesser etabliren.

Wir haben uns schon über den Grund zu dieser Vorschrift ausgesprochen und erklärt, dass wir die Beschränkung zu ausgedehnt finden. Wir hegen in der That die auf Berechnungen (die nicht genau genug sind, um hier mitgetheilt zu werden) gestützte Ueberzeugung, dass eine Vermehrung von 5, 10, selbst 15 Mm. nur eine sehr schwache Erhöhung der Temperatur der äussern Oberfläche veranlassen kann. Uebrigens ist hier zu bemerken, dass in der Linie der Nietnägeln, die sich oft dem Feuer ausgesetzt findet, die Dicke doppelt ist und sich häufig auf 20—25 Mm. beläuft. Wenn es also erlaubt wäre, den Kesseln eine Dicke von 20—25 Mm. zu geben, so würde an Punkten, die einer starken Hitze ausgesetzt sind, die Dicke 40—50 Mm. betragen, was gewiss nicht gefahrlos wäre. In den Fällen, wo keine doppelte Dicke vorhanden wäre, hätte es keinen Uebelstand, Dicken von 20—25 Mm. zu erlauben. Uebrigens lässt man in Ausnahmefällen, wenigstens in Belgien und Frankreich, den Maschinenbauern eine gewisse Freiheit.

Es muss hier die Bemerkung gemacht werden, dass man nur selten sich gedrungen fühlt, die Dicke eines Kessels ganz besonders stark zu machen. Die Dimensionen der Kessel werden besonders mit Rücksicht auf

für den Maximalwerth des Durchmessers eines Kessels, worin der Dampf einen Druck von n Atmosphären haben kann, und

$$n - 1 = \frac{11}{D}$$

für die Zahl der effectiven Atmosphären, zu der man den Druck des Dampfes in einem Kessel, dessen Durchmesser D ist, steigern darf.

die Heizfläche, die man haben will, bestimmt und diese kann auf zweierlei Weise vergrössert werden, nämlich durch die Vergrösserung des Durchmessers, oder durch die der Länge der Kessel. Diese letztere kann ohne gleichzeitige Vergrösserung der Dicke stattfinden, während einem grössern Durchmesser auch eine grössere Dicke entsprechen muss. Daraus geht hervor, dass bei gleicher Heizfläche ein Kessel mit grossem Durchmesser schwerer ist und mithin mehr kostet, wie ein sehr langer Kessel.

Nehmen wir an, ein einfacher cylindrischer Kessel solle eine Heizfläche von 15 Quadratmetern bekommen. Nehmen wir nun in Uebereinstimmung mit den gewöhnlich angewandten praktischen Regeln an, dass die Hälfte der cylindrischen Fläche Heizfläche ist, so finden wir die nöthigen 15 Qm. entweder wenn wir den Durchmesser gleich 1 M. und die Länge gleich ungefähr 9,50 M. machen, oder wenn die Grösse des Durchmessers 1,50 M., die Länge aber 6,30 M. beträgt. Im ersten Falle muss die Dicke für einen Druck von vier effectiven Atmosphären $3 + 1,8 \times 4 \times 1$ oder 10,2 Mm., wir wollen annehmen $10\frac{1}{2}$ Mm., im andern Falle aber $3 + 1,8 \times 4 \times 1,50 = 13,8$ Mm., oder in runder Zahl 14 Mm. betragen.

Im ersten Falle haben wir für den Kessel 30 Qm., $10\frac{1}{2}$ Mm. dickes Eisenblech, die etwa 2500 K. wiegen, zu verwenden, im zweiten Falle aber 30 Qm., 14 Mm. dickes Eisenblech, dessen Gewicht annähernd 3300 K. beträgt. Der Unterschied beträgt 800 K. Wenn wir nun die Verschiedenheit der Boden berücksichtigen und den gemässigten Preis der belgischen Maschinenbauer in Anrechnung bringen, nämlich 60 Francs für 100 K., so findet man einen Preisunterschied von 500 Francs. Hieraus ersieht man, dass jedesmal, wenn die Umstände erlauben, den Kesseln eine hinreichende Länge zu geben, es im Interesse des Gewerbtreibenden liegt, den Durchmesser kleiner anzunehmen. Wir werden bald dieselbe Frage auch von andern Gesichtspunkten aus betrachten

und sehen, dass man sich nur höchst selten gezwungen findet, den Kesseln die grösstmögliche Dicke zu geben.

Wenn man einen Kessel zu etabliren beabsichtigt, thut man wohl daran, zuerst den grössten Werth zu berechnen, der dem Durchmesser gegeben werden könnte, wenn man den Druck in Anschlag bringt, mit dem der Kessel arbeiten soll. Man braucht nur die Zahl 11 durch die Zahl der Atmosphären zu dividiren: der Quotient ist der in Metern ausgedrückte Durchmesser. Hierauf sieht man zu, bis zu welchem Punkte der Durchmesser kleiner genommen werden kann.

25. Probe eines Kessels.

Ehe ein Kessel gesetzt werden darf, muss er eine Probe bestehen. Zunächst vergewissert sich der Ingenieur, welcher von der Regierung mit dieser Probe beauftragt ist, dass die Dicke des Eisenblechs wenigstens so gross wie vorgeschrieben ist, mit Rücksicht auf die Durchmesser der verschiedenen Theile des Kessels und den Druck, den derselbe aushalten soll. Er misst zu diesem Zweck entweder die Dicke des Eisenblechs da, wo die Blätter übereinander liegen, oder am Rande der Oeffnungen des Kessels, in welche Röhren oder andere Theile kommen sollen. Ist die Dicke als hinreichend erkannt, so wird untersucht, ob sich nicht irgendein Fehler im Eisenblech oder in der Construction vorfindet, wodurch der Kessel ausser Stand gesetzt würde, den Druck zu ertragen, den er beim Gange der Maschine aushalten soll. Es besteht die Vorschrift, dass die Maschinen unter einem dreimal so starken Drucke erprobt werden sollen, als derjenige ist, unter dem sie sollen gehen können.

Für den Augenblick werden wir uns darauf beschränken, von der vorzunehmenden Probe eine Idee zu geben und erst dann ausführlich davon sprechen, wenn wir die verschiedenen Systeme von Kesseln, auf die sie an-

gewendet wird, näher kennen gelernt haben. Man fängt damit an, den Kessel mit Wasser anzufüllen, dann schliesst man ihn dicht und pumpt mittelst einer Druckpumpe so lange Wasser hinein, bis ein mit einem gewissen Gewicht belastetes Ventil in die Höhe gehoben wird.

Die französische Regierung hat im Jahre 1852 mit Recht die Anwendung eines Manometers bei der Probe der Dampfkessel vorgeschrieben. Der Manometer zeigt nicht nur aber mit grösserer Sicherheit als die Ventile, wie diese den Maximaldruck an, sondern überhaupt alle Drucke, die nach und nach ausgeübt werden und durch welche Risse oder Wasserausströmungen veranlasst werden können.

Wenn die Probe günstig ausgefallen ist, stempelt der Ingenieur den Kessel, indem er an einem in die Augen fallenden Orte desselben eine kleine kupferne Platte anbringt, auf welcher die Zahl effectiver Atmosphären, bis auf welche der Druck steigen darf, angegeben steht. Diese Platte wird mit Schrauben eingeschaubt, deren Köpfe alsdann abgefeilt werden, sodass es schwer wäre, die Platte wegzunehmen oder zu vertauschen. Dies ist der Kesselstempel.

In dem Falle, wo die Dicke des Kessels zu gering für den Maximaldruck befunden würde, den derselbe erleiden soll, stellt man den Druck fest, unter dem es erlaubt sein soll, den Kessel zu verwenden. Um diesen zu ermitteln, braucht man nur den in Metern ausgedrückten Durchmesser in die in Millimetern berechnete Dicke, nachdem vorher 3 Mm. davon abgezogen worden, zu dividiren. Das Resultat drückt die Zahl der effectiven Atmosphären aus, welche der Druck des Dampfes erreichen darf. Man erprobt und stempelt alsdann den Kessel für den so ermittelten Druck.

26. Construction der Kessel.

Wir werden nur einige Worte über den Bau der Kessel und insbesondere der gewöhnlichen Kessel von Eisenblech sagen.

Das Eisenblech, mit dem Kessel gemacht werden sollen, muss von vorzüglicher Qualität sein. Die meisten Maschinenbauer versichern, dass sie Holzkohlen-Eisenblech für den Boden und die Theile anwenden, die direct dem Feuer ausgesetzt sind; aber dies Holzkohlen-Eisenblech ist gewöhnlich nichts anderes als sehr gutes Eisenblech Nr. 4, mit dem man auch sehr wohl fürlieb nehmen kann.

Die Eisenblechblätter werden in heissem Zustande gekrümmt und gestampft, dann mit Nietnägeln zusammen-genietet, die nichts anderes als runde Nägel sind, deren Spitze breit gehämmert wird, um einen Kopf daraus zu bilden. Diese Nietnägel werden bis zur Weissglühhitze erhitzt eingesetzt; beim Erkalten ziehen sie sich dann zusammen und drücken die Blechstücke fest aufeinander. Man macht ihren Durchmesser gewöhnlich gleich der Summe der Dicken der Stücke, die sie zusammenhalten sollen und man bringt sie in einer Entfernung voneinander, die dem Doppelten ihres Durchmessers gleich ist, an. Die Köpfe sind gewöhnlich doppelt so breit wie der Durchmesser. Die Nietnägel werden gewöhnlich in einer Reihe und weit seltener in zwei Reihen angebracht. Das Nieten wird entweder blos mit den Händen oder durch eine Maschine ausgeführt. Bei ersterer Operation bedient man sich des Hammers und der Nageldocke, welche zwischen den Kopf des Nietnagels und den Hammer gesetzt wird. Das Nieten mit Hülfe einer Maschine führt zu weniger sichern Resultaten, wird jedoch mit Erfolg von einigen bedeutenden Maschinenbauern in Anwendung gebracht, z. B. von den Herren Maudslay, Fairbairn und Cavé.

27. Von den Dimensionen der Kessel.

Gewöhnlich werden die Dimensionen eines Kessels nach der Heizfläche, die man haben will, bestimmt. Es gibt jedoch noch andere Elemente, die hierbei von Wichtigkeit sind, nämlich die Grösse der Wasserkammer und die der Dampfkammer, d. h. der Räume, welche das Wasser und der Dampf bezüglich einnehmen sollen. Es wäre in der That ein grosser Uebelstand, wenn diese Räume zu klein wären. Ist die Wasserkammer zu klein, so sinkt infolge des Verbrauchs des Dampfes der Wasserspiegel sehr schnell im Kessel, und wenn der Heizer unaufmerksam ist, so können grosse Unfälle entstehen. Auch bringt der Einguss frischen Wassers, besonders wenn der Kessel mit kaltem Wasser gespeist wird, einen niedrigeren Temperaturgrad hervor und vermindert mithin die Spannkraft des Dampfes. Diese Wirkung rührt nicht, wie selbst in guten Schriften behauptet wird, daher, dass die Speisepumpe häufiger gebraucht wird; denn diese bringt einmal wie das andere eine Wassermasse in den Kessel, die derjenigen gleich ist, die in Dampf verwandelt worden, was also gar nicht von der Grösse der einzelnen Theile des Kessels abhängt; aber daher, dass der Zutritt desselben Quantum kalten Wassers eine warme Wassermenge um so kälter macht, als das Quantum derselben ein kleineres ist. Das Kälterwerden des Wassers im Kessel ist aber sehr nachtheilig, weil, wenn die Temperatur des Wassers um einige Grade niedriger wird, dies auch bei dem Dampfe der Fall ist und eine bedeutende Verminderung der Spannkraft desselben herbeigeführt wird. So hat der Dampf bei einer Temperatur von 152° eine Spannkraft, die einen Druck von 5 Atmosphären hervorbringt; bei einer Temperatur von 148° übt der Dampf nur noch einen Druck von $4\frac{1}{2}$ Atmosphären aus, sodass also einem Sinken der Temperatur um 4° auf 152° ein Sinken des Drucks um $\frac{1}{2}$ Atmosphäre auf 5 entspricht.

Wir wollen annehmen, eine Maschine von 20 Pferdekraften verbrauche in einer Stunde 400 K. Dampf und mithin 400 Liter Wasser; ferner nehmen wir an, das durch die Speisepumpe zugeführte Wasser habe eine Temperatur von 30° und es befinden sich 2000 Liter Wasser mit einer Temperatur von 152° in dem Kessel, in dem der Dampf einen Druck von 5 Atmosphären ausübt. Auch nehmen wir an, dass jede Viertelstunde die Speisung statffinde und man dann jedesmal nur 100 Liter Wasser in den Kessel zu bringen habe, was in einigen Minuten durch die Pumpe bewerkstelligt wird. Wir bekommen also eine Mischung von 1900 Liter Wasser zu 152° mit 100 Liter zu 30° , wodurch die ursprünglichen 2000 Liter ersetzt werden und deren Temperatur leicht zu berechnen ist. In der That bringen 1900 Liter Wasser zu 152° der Masse von 2000 Liter ein Wärmequantum von 1900×152 oder 288800 Wärmeeinheiten; die 100 Liter zu 30° liefern 100×30 oder 3000 Wärmeeinheiten. Man hat also im ganzen $288800 + 3000$ oder 291800 Wärmeeinheiten unter 2000 Liter zu vertheilen und es wird die Temperatur der ganzen Wassermasse $\frac{291800}{2000}$, mithin 146° betragen. Der entsprechende

Druck des Dampfes beträgt $4\frac{1}{4}$ Atmosphären, während ein Druck von 5 Atmosphären einer Temperatur von 152° entspricht. Der Einguss von 100 Liter Wasser zu 30° hat also das sehr bedeutende Sinken des Drucks um $\frac{3}{4}$ Atmosphäre veranlasst.

Wenn die Wasserkammer 4000 Liter enthält, so ist die Temperatur, die durch den Einguss von 100 Liter Wasser zu 30° , an die Stelle der verdampften 100 Liter zu 152° , entsteht,

$$\frac{3900 \times 152 + 30 \times 100}{4000} = 149^\circ,$$

und es entspricht derselben ein Druck von $4\frac{3}{5}$ Atmosphären, sodass hier der Verlust nur $\frac{2}{5}$ Atmosphäre beträgt, während er vorhin $\frac{3}{4}$ betrug.

Die aufgestellte Rechnung ist nicht ganz genau, weil wir nicht die während der Speisung dem Kessel zugeführte Wärme mit in Anschlag gebracht haben, und das Quantum derselben ist sehr bedeutend. In der That braucht man infolge der gewöhnlichen Proportionen der Speisepumpen etwa fünf Minuten zur Einpumpung von 100 L. Wasser. Wenn nun der Kessel in einer Stunde 400 L. Wasser in Dampf verwandelt, so macht dies in fünf Minuten $400 \times \frac{5}{60}$ oder 33,3 L. in einer Minute, was einem empfangenen Wärmequantum von 33,3 $(650 - 30) = 20646$ Wärmeeinheiten entspricht, wenn auch hier die Temperatur des eingegossenen Wassers 30° beträgt. Man darf jedoch nicht glauben, dass diese Zahl zu derjenigen, die wir bei der Berechnung der Temperatur der Mischung zu Grunde gelegt haben, hinzuaddirt werden muss; denn diese Wärme wird fast gänzlich dazu verbraucht, den Dampf zu erzeugen, den der Gang der Maschine während der Speisung erheischt, sonst würde der Druck infolge der Verminderung des Dampfquantums geringer werden, statt infolge der niedrigeren Temperatur abzunehmen. In Wirklichkeit bildet der Wärmeaustausch während der Speisung ein sehr verwickeltes Phänomen, auf dessen nähere Untersuchung wir hier nicht eingehen können. Der Theil desselben, den wir besonders vorgenommen haben, nämlich der Wärmeaustausch zwischen dem warmen und dem kalten Wasser ist der wichtigste für uns, und die Resultate, zu denen wir gelangt sind, kommen sicherlich der Wahrheit sehr nahe.

Die praktische Folgerung, die wir unmittelbar daraus ziehen, ist die, dass man die Wasserkammer so gross wie möglich machen muss. Ich glaube nicht, dass man eine obere Grenze dafür angeben könnte, d. h. ich halte es nicht für möglich, dass die Wasserkammer zu gross sein könnte, wenn ihre Vergrösserung nur nicht auf Unkosten der Dampfkammer stattfindet, von

der wir bald ein Näheres sagen werden. Man kann auch nicht mit Gewissheit eine untere Grenze ermitteln, weil die Umstände, unter denen die Speisung und der Gang der Dampfmaschinen stattfinden, zu verschiedenartig sind. So z. B. ist ersichtlich, dass die oben angestellten Untersuchungen weit weniger wichtig sind, wenn man voraussetzt, dass das Speisewasser vorher entweder durch den entlassenen Dampf oder in den Heizröhren gewärmt worden ist. In letzterm Falle kann der Rauminhalt dieser Röhre als eine Wasserkammer angesehen werden. Auch muss die Art der Speisung Einfluss auf die Dimensionen der Speisekammer ausüben: wenn man die Speisepumpe beständig in Thätigkeit erhält und eine zweite in Reserve hat, die von Zeit zu Zeit neben der ersten angewendet wird, so kann man selbst mit einer nicht grossen Wasserkammer eine hinreichend gleichmässige Temperatur und also auch einen gleichmässigen Druck erlangen.

Jedenfalls ist es rathsam, der Wasserkammer eine Grösse zu geben, die wenigstens dem Achtfachen des in einer Stunde zu verdampfenden Wassers gleich ist. Diese Proportion findet bei den meisten Kesseln von Cornwallis statt. Bei den Tubularkesseln der Locomotiven und der Dampfschiffe ist diese Proportion oft auf das Sechs- oder Siebenfache reducirt.

Wenn wir auf einen Verbrauch von 25 Liter per Stunde und per Pferdekraft rechnen, was für die meisten Maschinen schon sehr viel ist, so führt die angegebene Proportion dazu, der Wasserkammer eine Capacität von 8×25 oder 200 Liter per Pferdekraft zu geben, was wir im allgemeinen für hinreichend halten.

Auch die Dampfkammer muss hinreichend gross sein, damit nicht bei jedem Kolbengange der Druck des Dampfes plötzlichen Veränderungen unterliegt, d. h. so oft der Cylinder Dampf aufnimmt. Diese Variationen des Drucks sind noch weit schädlicher als diejenigen, welche durch die Speisung entstehen, weil letztere durch eine Verlangsamung in dem Sieden des Wassers ver-

ursacht werden, während jene ein heftigeres Sieden herbeiführen. Man weiss, dass das Wasser zu sieden beginnt, wenn der Dampf, der sich in demselben erzeugt, eine Spannung erlangt, die dem Drucke der Atmosphäre, der auf seine Oberfläche wirkt, gleich ist. Wenn man die Wassermasse auch nur um ein wenig kälter macht, ohne dass der Druck der umgebenden Atmosphäre geringer wird, so hört das Sieden so lange auf, bis irgendeine Wärmequelle dem Wasser die dem darauf lastenden Druck entsprechende Temperatur wiedergegeben hat. Jedermann kann sich davon überzeugen, dass, wenn man einen Tropfen kalten Wassers in eine ziemlich bedeutende Masse siedenden Wassers giesst, das Sieden für einen Augenblick aufhört.

Wird im Gegentheil der Druck der Atmosphäre geringer und bleibt die Temperatur des Wassers dieselbe, so ist diese Temperatur bedeutender als die, welche dem auf dem Wasser lastenden Drucke entspricht, und es erfolgt ein weit heftigeres Sieden, bis dass die vermehrte Dampfbildung der über dem Wasser befindlichen Atmosphäre dem Drucke gleich wird, welcher der Temperatur des Wassers entspricht. Es ist sehr begreiflich, dass ein übermässiges und unordentliches Sieden des Wassers sehr schädlich sein muss: es hat die Wirkung, dass der Dampf eine bedeutende Wassermenge mit sich fortreisst, dieselbe durch die Leitungsröhren bis in den Cylinder bringt und hierdurch in diesem zuweilen Stösse veranlasst, die manchmal so heftig sind, dass der Boden des Cylinders platzt oder die Kolbenstange zerbricht, jedenfalls aber zu einem grossen Verluste an Nutzeffect führen. Wir werden später sehen, wie weit dieser Verlust gehen kann, hier begnügen wir uns damit, zu sagen, dass hierdurch am häufigsten ein übermässiger Kohlenverbrauch veranlasst wird und dass eins der wirksamsten Mittel, einem solchen vorzubeugen, darin besteht, dass man die Dampfkammer hinreichend gross macht.

Die von Watt angenommene Proportion für die Kessel mit Niederdruck war die, die Dampfkammer zehner oder auch nur achtmal so gross wie das in einer Stunde zu verbrauchende Wasservolumen zu machen, und man sucht sich diesem Verhältniss soviel wie möglich zu nähern. Wir müssen hier die Bemerkung machen, dass diese Proportionen, welche bei Kesseln mit Niederdruck angewendet werden, bei Kesseln mit Hochdruck bedeutend reducirt werden können.

In der That haben wir als Grund für die Nothwendigkeit, dem Dampfbehälter eine bedeutende Grösse zu geben, die bedeutenden Variationen im Druck angeführt, die im Kessel stattfinden würden, wenn die Dampfkammer nicht weit grösser wäre als das Volumen, welches sehr rasch, während der Dauer eines Kolbenhubes, verbraucht wird. Es ist leicht begreiflich, dass die Erfahrung eine untere Grenze für das Verhältniss, das zwischen dem Volumen des Dampfbehälters und dem des Cylinders der Maschine bestehen muss, aufstellen kann. Allerdings müsste dieses Verhältniss mit Berücksichtigung verschiedener anderer Einflüsse, wie die Geschwindigkeit des Kolbens, die Grösse der Oeffnungen, durch die der Dampf hindurchgeht u. s. w. bestimmt werden; man erkennt aber doch jedenfalls, dass hier zwischen zwei ähnlichen Grössen ein festes Verhältniss besteht. In Bezug auf das Verhältniss der Grösse des Dampfbehälters und der des per Stunde zu verdampfenden Wasservolumens aber ist es anders. In der That müsste der so berechnete Behälter je nach den Variationen des Drucks Dampfquanten von verschiedener Schwere enthalten. Ein Kessel muss aber für eine gegebene Anzahl von Pferdekraften in einer gegebenen Zeit ein gewisses Gewichtquantum, nicht aber ein gewisses Volumen von Dampf liefern. Der Dampfbehälter kann deshalb um so kleiner sein, als der Dampf dichter, d. h. der Druck des Dampfes ein stärkerer ist.

Wir nehmen z. B. an, eine Dampfmaschine ver-

brauche 25 K. Dampf per Stunde und per Pferdekraft, welches auch der Druck sein möge. Später können wir die erlangten Resultate modificiren, indem wir je nach der Art der Maschinen einen grössern oder kleinern Verbrauch in Anschlag bringen.

Das Volumen dieser 25 K. Dampf wird betragen

29275	Liter	bei	einem	Drucke	von	1,5	Atmosphären
22500	"	"	"	"	"	2	"
15525	"	"	"	"	"	3	"
11925	"	"	"	"	"	4	"
9725	"	"	"	"	"	5	"

Diese Volumen stehen annähernd zueinander in demselben Verhältniss, wie die Zahlen 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{1}{3}$. Wenn nun der Dampfbehälter dem Gewicht des Dampfes, den er enthalten und der Maschine liefern soll, proportionirt sein muss, so kann man sich damit begnügen, diesem Behälter, je nachdem der Druck des Dampfes 2, 3, 4 oder 5 Atmosphären beträgt, einen Inhalt zu geben, der $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{1}{3}$ mal dem Inhalte gleich ist, der einem Drucke von $1\frac{1}{2}$ Atmosphären entspricht.

Da nun die Watt'schen Maschinen mit einem Drucke von höchstens $1\frac{1}{2}$ Atmosphären arbeiten, so kann das für die Kessel dieser Maschinen angenommene Verhältniss des Zehnfachen des Wasservolumens auf $7\frac{1}{2}$, 5, 4 und $3\frac{1}{2}$ reducirt werden, wenn der Druck in dem Kessel 2, 3, 4 oder 5 Atmosphären beträgt.

Wir können dieser Regel eine einfachere Fassung geben, die uns zu allgemeineren Resultaten führt. Nehmen wir, wie vorhin, das per Stunde und per Pferdekraft zu verbrauchende Wasservolumen zu 25 Liter an, so muss die Maximalgrösse der Dampfkammer 250 Liter per Pferdekraft betragen, bei den Kesseln wo der Dampf nun eine Spannung von 1,5 Atmosphären hat, und nach den oben gegebenen Verhältnissen reicht es hin, dass die Maximalgrösse der Dampfkammer folgende Werthe habe:

$\frac{3}{4}$	· 250 = 188	Liter per Pferdekraft bei einer Spannung von 2 Atm.
$\frac{1}{2}$	· 250 = 125	» » » » » » » 3 »
$\frac{2}{5}$	· 250 = 100	» » » » » » » 4 »
$\frac{1}{3}$	· 250 = 83	» » » » » » » 5 »

Wir hätten nun den Fall zu besprechen, wo die Maschine weniger oder mehr als 25 K. per Pferdekraft und per Stunde verbraucht. Wir können uns aber von dieser Untersuchung dispensiren und zu allgemeinern und genauern Resultaten gelangen, wenn wir die Kraft eines Kessels nicht mehr in Pferdekraften, was, wie bereits bemerkt, ziemlich unbestimmt ist, sondern nach der Heizfläche bestimmen.

Setzen wir nun voraus, es erzeuge eine Maschine durchschnittlich per Stunde und per Quadratmeter der Heizfläche 20 K. Dampf, so finden wir, dass wenn der Dampfverbrauch per Stunde und per Pferdekraft 25 K. ausmacht, eine Heizfläche von 1,25 Qm. per Pferdekraft erforderlich ist. Die oben angegebenen Grössen der Dampfkammer entsprechen also einer Heizfläche von 1,25 oder $\frac{5}{4}$ Quadratmetern, und wir brauchen nur diese Grössen durch $\frac{5}{4}$ zu dividiren, um den Rauminhalt, den der Dampfbehälter per Quadratmeter Heizfläche bekommen muss, zu bestimmen. Wir bekommen dafür folgende in Kubikmetern ausgedrückte Werthe:

0,200	Km. wenn der Druck	$1\frac{1}{2}$	Atmosphäre beträgt.
0,150	» » » »	2	» »
0,100	» » » »	3	» »
0,080	» » » »	4	» »
0,067	» » » »	5	» »

Mit andern Worten, der Werth des in Kubikmetern ausgedrückten Rauminhalts muss ungefähr $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{12}$ oder $\frac{1}{15}$ des Werthes der Heizfläche betragen, wenn dieser in Quadratmetern bestimmt ist, je nachdem der Druck im Kessel gewöhnlich $1\frac{1}{2}$, 2, 3, 4 oder 5 Atmosphären stark ist.

Bei dieser Regel haben wir nicht nöthig, auf den grössern oder geringern Dampfverbrauch per Pferdekraft Rücksicht zu nehmen, da die Heizfläche diesem Verbräuche entspricht und die Grösse des Dampfbehälters sich in demselben Verhältnisse ändert.

Wir haben übrigens hier nur deshalb die Zahl der Pferdekräfte eingeführt, weil wir die vorliegende Untersuchung dadurch vervollständigen wollten; es wäre uns aber leicht gewesen, in folgender Weise unmittelbar zum zuletzt erlangten Resultate zu kommen.

Der Rauminhalt der Dampfkammer eines Kessels mit Niederdruck muss dem Zehnfachen des Volumens des in einer Stunde verbrauchten Wassers gleich sein, mithin 200 Liter per Meter der Heizfläche enthalten, indem vorausgesetzt wird, dass jeder Quadratmeter der Heizfläche stündlich 20 Liter Wasser verdampft. Uebrigens beträgt das Volumen des Dampfes, bei einem Drucke von 2, 3, 4 oder 5 Atmosphären nur $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{5}$ oder $\frac{1}{3}$ des einem Drucke von $1\frac{1}{2}$ Atmosphären (welcher Druck das Maximum eines Kessels mit Niederdruck ist) entsprechenden Volumens. Wir bekommen mithin dasselbe Verhältniss zwischen dem Gewichte des Dampfes im Behälter und dem Gewichte, welches der Kessel in einer Stunde liefert, wenn wir dem Behälter, je nachdem der Druck darin 2, 3, 4 oder 5 Atmosphären beträgt, einen Rauminhalt von $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{5}$ oder $\frac{1}{3}$ des Volumens geben, den er haben müsste, wenn der Druck nur $1\frac{1}{2}$ Atmosphären betrüge. Dieser Rauminhalt wird also $\frac{3}{4} \cdot 200$ Liter oder 0,150 Km. per Quadratmeter Heizfläche ausmachen, wenn der Druck 2 Atmosphären beträgt; $\frac{1}{2} \times 200$ oder 0,100 Km. bei einem Drucke von 3 Atmosphären u. s. w., wie wir oben angegeben haben.

Man kann die allgemeine, annähernd richtige Regel aufstellen, dass die Grösse der Dampfkammer per Qua-

dratmeter der Heizfläche gleich 0,300 Kubikmeter, getheilt durch die Zahl der Atmosphären des Drucks im Kessel, sein muss. Nach dieser Regel finden wir:

Für	1½	—	2	—	3	—	4	—	5	Atm.
	0,200	—	0,150	—	0,100	—	0,075	—	0,060	Km.
anstatt	0,200	—	0,150	—	0,100	—	0,080	—	0,067	»

Ehe wir diese Abschweifung beendigen, wollen wir noch die Bemerkung machen, dass diese Regel, die nur Minimaldimensionen geben soll, durch die Erfahrung als richtig anerkannt wird, da bei vielen Kesseln die Dampfkammer höchstens die angegebene Grösse hat, ohne dass bedeutende Uebelstände daraus hervorgegangen wären.

In den Proportionen der Dampfkammer und der Wasserkammer haben wir ein gutes Mittel, um den bezüglichen Werth der verschiedenen Systeme von Dampfkesseln zu beurtheilen. In der That müssen wir als ernstliche Vorzüge gewisser Formen der Kessel die Möglichkeit ansehen, bei gleicher Heizfläche für das Wasser und den Dampf einen grossen Raum darzubieten.

In dieser Beziehung ist es vortheilhafter den Kesseln einen grossen Durchmesser als eine grosse Länge zu geben; wir werden aber bald sehen, dass es leicht ist, die Nachteile, welche die Kessel mit kleinem Durchmesser darbieten, dadurch zu vermeiden, dass man Reservebehälter für den Dampf anbringt.

Zum Beschluss dieser allgemeinen Bemerkungen haben wir noch einiges über die Heizfläche und insbesondere über den bezüglichen Werth der verschiedenen Arten von Heizflächen zu sagen. Wir haben bereits §. 7 gesagt, dass wir zwischen der directen Heizfläche, die unmittelbar über dem Herde liegt, und der indirecten Heizfläche, die nur durch die Flamme und den Rauch geheizt wird, unterscheiden; es ist unnöthig zu sagen, dass erstere die wirksamere ist. Es ist schwer, den relativen Werth dieser beiden Arten von Heizflächen auszudrücken; man kann denselben indessen doch nach

folgenden Angaben beurtheilen. Man hat gefunden, dass bei Kesseln von Gusseisen oder von Kupfer ein Quadratmeter, der dem vollen Feuer ausgesetzt ist, per Stunde 100 K. Dampf hervorbringt. Bei einem Kessel aus Eisenblech würde man sicher annähernd dasselbe finden; denn wir haben erkannt, dass die Natur des Metalls nur geringen Einfluss auf die Dampferzeugung ausübt. Man weiss, dass ein Quadratmeter der Gesamtheizfläche stündlich 20 — 30 K. Dampf hervorbringt. Wenn man nun den Umstand berücksichtigt, dass hier die directe Heizfläche mit inbegriffen ist, so muss man annehmen, dass die Dampferzeugung eines Quadratmeters der indirecten Heizfläche höchstens dem fünften Theile von derjenigen eines Quadratmeters der directen Heizfläche gleich ist. Daraus geht hervor, dass es nur wenig nutzt, die indirecte Heizfläche zu vermehren, während die directe unverändert bleibt, d. h. die geheizten Theile eines Kessels zu vermehren, ohne den Rost grösser zu machen. Eine Vermehrung der Länge des Rostes um einen Meter ist also im allgemeinen wirksamer, als eine Verlängerung des Kessels um 5 Meter.

Die Lage der Heizfläche übt sicherlich einen bedeutenden Einfluss auf die Dampfentwicklung aus, aber es ist schwer dieselbe genau zu bestimmen. Im ersten Augenblicke könnte man versucht sein, sie für Null zu halten, und glauben, dass, sobald die äussere Oberfläche des Eisenblechs in Contact mit einem Mittel von gegebener Temperatur ist, die Lage dieser Oberfläche gleichgültig sein kann. Man würde aber, wie wir schon oben gesehen haben, sich sehr irren, wenn man folgendes Raisonement anstellen wollte: Das Eisenblech ist äusserlich in Berührung mit einem Luftstrom von 1200° Wärme, inwendig mit 150° heissem Wasser, es wird mithin eine Wärmemenge von 1050° aufnehmen und dem Wasser zuführen, wie auch die Stellung, in der es sich befindet, in Bezug auf den Luftzug sein mag. In der That ist zunächst die Uebertragung der Wärme von

der Luft auf das Eisenblech zu berücksichtigen und man begreift, dass dieselbe je nach der Geschwindigkeit des Luftstroms und der Weise, in welcher das Eisenblech von der Luft berührt wird, verschieden ist. Man weiss, dass der Luftzug in einem Feuerkanale ebenso wenig in allen Punkten desselben Querschnitts dieselbe Geschwindigkeit hat, als dies in allen Punkten desselben Querschnitts eines laufenden Wassers der Fall ist. Man denke sich nun eine ganz mit Wasser angefüllte Siederöhre, die sich in einem Feuerkanale über dem Herde befindet, sodass ihre ganze Oberfläche überall geheizt werden kann. Die Flamme wird die Siederöhre nicht umgeben, sondern unter derselben bleiben und der untere Theil wird mithin stärker erhitzt werden als der obere. Es gibt selbst Maschinenbauer, die da behaupten, dass der obere Theil nur wenig oder gar nicht erhitzt wird; aber ich halte dies für einen sonderbaren Irrthum. Der obere Theil nimmt allerdings weniger Wärme auf als der untere, überträgt aber doch auf das Wasser eine bedeutende Wärmemenge; denn er befindet sich in Berührung mit sehr heisser Luft, die beständig durch die Bewegung der Flamme weggeführt wird. Ich bin deshalb der Ansicht, dass wenn auch die untere Heizfläche vorzuziehen ist, doch auch die nur von oben geheizten Flächen keineswegs zu verachten sind.

Ferner haben wir, wie wir wissen, die Uebertragung der Wärme von dem Eisenbleche auf das Wasser zu beachten. Diese wird ebenfalls durch die Lage der geheizten Flächen modificirt, weil sich dicht auf diesen Flächen Dampfblasen bilden, die sich zwischen der innern Fläche und dem Wasser befinden und der Uebertragung der Wärme hinderlich sind. Auch in dieser Beziehung wird eine von oben geheizte Fläche weit weniger wirksam sein als eine von unten geheizte, weil die Blasen sich nicht so schnell von derselben entfernen können. Man würde dieses Hinderniss der Mittheilung der Wärme bedeutend vermindern, wenn man das Siede-

rohr etwas schräg legte. In der Folge werden wir noch öfter das Vortheilhafte einer solchen Lage erkennen.

Die den Heizflächen zu gebende Grösse bildet einen der wichtigsten Punkte beim Studium der Kessel. Bei der Bestimmung derselben stützt man sich auf folgende Angaben: Ein Quadratmeter der totalen Heizfläche eines cylindrischen Kessels, mit oder ohne Siederöhren, bringt durchschnittlich 20 K. Dampf hervor. Andererseits verbrauchen die Dampfmaschinen, je nach ihrer Einrichtung mehr oder weniger Dampf: man kann annehmen, dass eine gute Expansions- und Condensationsmaschine stündlich 15—20 K. Dampf per Pferdekraft verbraucht, eine Maschine mit Condensation ohne Expansion 20—25 K., eine Maschine ohne Condensation mit Expansion 25—30 K., endlich eine Maschine ohne Condensation und ohne Expansion 30—35 K. Man muss deshalb den Heizflächen folgende Grösse geben:

0,75—1 Quadratmeter per Pferdekraft für Maschinen mit Expansion und Condensation.

1—1,25 Quadratmeter per Pferdekraft für Maschinen ohne Expansion mit Condensation.

1,25—1,50 Quadratmeter per Pferdekraft für Maschinen mit Expansion ohne Condensation.

1,50—1,75 Quadratmeter per Pferdekraft für Maschinen ohne Expansion und ohne Condensation.

Die Maschinenbauer geben jedoch selten der Heizfläche eine Grösse von nur 0,75 Qm. oder selbst 1 Qm. und sie haben darin vollkommen recht. In der That hat man, wie bereits gesagt, erkannt, dass grosse Heizflächen zu einer Ersparniss an Brennmaterial führen, weil sie es möglich machen, die Verbrennung langsam und regelmässig vor sich gehen zu lassen, und wir haben als Beispiel die in Cornwallis gebräuchlichen Kessel angeführt.

Uebrigens schaffen sich die Industriellen eben deshalb Maschinen mit Condensation und Expansion an, die sehr theuer sind und deren Instandhaltung kost-

spiegelig ist, weil sie damit einigermassen Kohlen zu ersparen hoffen. Sie dürfen deshalb auch nicht vor der Mehrausgabe, die durch die Anschaffung eines grossen Kessels veranlasst wird, zurückschrecken und ich bin der Ansicht, dass man sehr wohl thun und Consequenz zeigen würde, wenn man die Proportion von 1,50 Qm. per Pferdekraft und per Stunde als eine allgemeine annähme. In der That ist ebenso wenig Grund vorhanden, bei Anschaffung eines Dampfkessels als bei der einer Dampfmaschine sparen zu wollen. Warum sollte man sich mit einem nur ziemlich guten Kessel begnügen, während man darauf hält, eine vortreffliche Maschine zu haben? Es ist hier noch zu bemerken, dass die Grösse von 1,50 Qm. per Pferdekraft zwar bedeutender als diejenige, welche die meisten Maschinenbauer anwenden, aber keineswegs übertrieben ist. In England gibt man häufig bis zu 2 Qm. per Pferdekraft und man geht selbst zuweilen bis zu 5 Qm.

Wir sprechen natürlicherweise hier nur von den gewöhnlichen Kesseln feststehender Maschinen. Es gibt besondere Arten von Kesseln, wie z. B. die Tubularkessel, wo die Heizfläche ganz besonders thätig wirkt und wo mithin die Grösse nicht so bedeutend zu sein braucht. Jedenfalls ist es gut, die Verminderung der Heizfläche auch in solchen Fällen nicht gar zu weit auszudehnen.

28. Von den verschiedenen Arten von Kesseln.

Man hat eine grosse Anzahl von Kesselsystemen erdacht, man kann aber alle unter einige wenige grosse Abtheilungen bringen. Wir lassen den nur noch geschichtlich wichtigen Dampfkessel von Newcomen zur Seite, der aus einem Theile einer Kugel mit plattem Boden bestand und nirgendwo mehr angewendet wird.

Es gibt sieben Hauptarten von Kesseln:

- 1) Die cylinderförmigen Kessel;

- 2) die cylinderförmigen Kessel mit Siederöhren;
- 3) die cylinderförmigen Kessel mit Heizröhren;
- 4) die Kessel mit innern Feuerkanälen;
- 5) die Kessel mit innerm Herde;
- 6) die Kessel mit innerm Herde und innern Feuerkanälen;
- 7) die Tubularkessel, die nur eine Unterart der vorhergehenden bilden.

Ausser diesen Systemen, die allgemein gebraucht werden, werden wir einige wesentlich verschiedene beschreiben, die noch nicht als hinreichend bewährt betrachtet werden, die man aber doch kennen lernen muss, weil deren Anwendung in besondern Fällen von Nutzen sein kann. Unter diese gehören die Dampferzeuger von Belleville, Boutigny und Testud von Beauregard.

29. Cylinderförmige Kessel.

Obgleich man gewöhnlich solche Kessel cylinderförmig nennt, deren Querschnitt ein Kreis ist, so kann man doch auch der Art von Kesseln diesen Namen geben, deren Form die eines Cylinders mit nicht kreisförmiger Erzeugungslinie ist und die von J. Watt angewendet wurde. Jedermann kennt diesen Kessel, dessen obere Hälfte ein halber Cylinder ist, an den sich concave Seiten anschliessen und dessen Boden ebenfalls concav ist. Viele Personen finden diese ältere Form sehr unvollkommen und altfränkisch; man hätte aber Unrecht, dieselbe verschmähen zu wollen, denn es kann diese Art von Kesseln in Bezug auf Ersparniss an Brennmaterial gar wol den Vergleich mit unsern heutigen Kesseln aushalten. Ihr bedeutendster Fehler ist der unzureichende Widerstand, den sie dem Drucke des Dampfes entgegensetzen. Die Kessel mit kreisförmigem Querschnitte werden gleichmässig vom Dampfe gedrückt und können sich nur gleichmässig erweitern, ohne ihre Form zu verändern, während die Watt'schen Kessel, deren Durchschnitt

Curven von verschiedener Richtung darbietet, der Veränderung ihrer Form sehr ausgesetzt sind, da der Druck sie kreisförmig zu machen strebt. Um sich dies deutlich zu machen, braucht man sich nur daran zu erinnern, dass eine Blase, in die man bläst, sich rundet, und dies um so regelmässiger, je stärker man hineinbläst.

Diese Formveränderung durch den Druck des Dampfes macht, dass man jene Kessel nur bei Maschinen mit Niederdruck anwenden kann, die immer seltener werden. Man könnte dieselben allerdings durch Bänder und andere Vorrichtungen in den Stand setzen, einen stärkern Druck auszuhalten, was aber ihre Construction sehr compliciren würde.

Diese Kessel hatten auch eine bedeutende Grösse im Vergleich zu ihrer Heizfläche, sodass sie viel Platz wegnahmen, selbst bei schwachen Maschinen. Allerdings boten sie aber auch einen grossen Raum für das Wasser und den Dampf dar.

Die heutigen Tags angewendeten Kessel haben einen kreisförmigen Querschnitt. Die Bestimmung ihrer Dimension ist sehr einfach; denn man kann nur die Hälfte ihrer krummen Oberfläche als Heizfläche ansehen, d. h. das Product aus ihrem Umfange durch ihre Länge. Da nun der Umfang gleich dem Producte aus dem Durchmesser durch 3,14 ist, so bestimmt man das Mass der Heizfläche, indem man den Durchmesser durch die Länge und durch $\frac{3,14}{2} = 1,57$ multiplicirt.

Wir haben bereits erkannt, dass die Grösse des Durchmessers einen gewissen Werth nicht überschreiten darf, der von dem Drucke, den der Dampf im Kessel haben soll, abhängt. Wenn nun der Maximaldruck vier effective Atmosphären beträgt, so darf der Durchmesser nicht grösser sein als 1,53 M. Für einen Druck von 5 Atmosphären wäre der grösste Werth des Durchmessers = 1,22 M.

Wir haben aber auch gesehen, dass man wohl thut, einen kleinern Durchmesser zu wählen, damit der Kessel weniger dick, mithin auch weniger schwer und kostspielig wird. Man muss hierbei die Länge berücksichtigen, welche die Räumlichkeiten zu geben erlauben.

Ich nehme an, man wolle eine kleine Maschine von 5 Pferdekraften aufstellen und man könne ihr nur eine Länge von 6 M. geben. Um nun per Pferdekraft eine Heizfläche von 1,50 Qm. zu bekommen, mithin hier eine Totalheizfläche von 7,50 Qm., muss die Hälfte des Umfangs des Kessels $\frac{7,50}{6}$ oder 1,25 M. gross sein, was einem Durchmesser von 0,800 M. entspricht. Die Figuren 1, 2 u. 3, Pl. 5, entsprechen diesen Dimensionen. Die Dicke muss 9 Mm. betragen, wenn der Druck 4 Atmosphären, 10½ Mm., wenn derselbe 5 Atmosphären stark sein soll.

Wählt man einen grössern Durchmesser und eine kleinere Länge, so wird der Kessel schwerer und theurer. Allerdings würde er den Vortheil eines grössern Raums für das Wasser und den Dampf darbieten; denn die Grösse des Querschnitts wächst in Proportion mit dem Quadrate des Querschnitts, sodass, wenn man, um dieselbe Heizfläche zu behalten, den Durchmesser doppelt und die Länge halb so gross annähme, der Querschnitt viermal grösser ausfiele, und der körperliche Raum, dessen Mass gleich dem Producte dieses Querschnitts durch die Länge ist, wäre dann doppelt so gross.

Wir erkennen aber leicht, dass auch bei den zuerst festgestellten Dimensionen der Dampf und das Wasser hinlänglichen Raum haben. Letzteres nimmt in der That $\frac{2}{3}$ des innern Raums des Kessels, der Dampf aber $\frac{1}{3}$ ein. Dieser Raum beträgt $3,14 \left(\frac{0,800}{2} \right)^2 \times 6$ oder ungefähr 3 Kubikmeter, wovon 2 Km., also 2000 Liter für das Wasser und 1 Km. für den Dampf. Wir haben nun früher gesehen, dass es hinreichend ist, wenn man der

Wasserkammer und der Dampfkammer eine Grösse von 200 Litern per Pferdekraft gibt. In gegenwärtigem Falle hat die Dampfkammer genau diese Grösse, die Wasserkammer aber eine doppelte.

Wenn man nun die Länge doppelt so gross annimmt und mithin die Heizfläche und die Kraft des Kessels verdoppelt, so werden auch zugleich Wasser- und Dampfkammer doppelt so gross, sodass in dieser Beziehung der Durchmesser 0,800 M. hinreichend ist. Dieser Durchmesser wird indessen sehr häufig unzureichend sein, weil die Länge des Kessels zu bedeutend werden müsste; für eine Maschine von 10 Pferdekraften wäre die sehr bedeutende Länge von 12 M. nöthig. Man darf übrigens nie vergessen, dass dies das einzige Hinderniss für die Anwendung des von uns vorgeschlagenen Durchmessers ist, den wir jedenfalls für kleinere cylindrische Kessel als sehr passend anempfehlen.

Wir wollen hier hinzufügen, dass wir anempfehlen, immer bei cylindrischen Kesseln mit oder ohne Siede- oder Wärmeröhren, Dome oder Reservebehälter für den Dampf anzubringen. Diese Dome erweitern die Dampfkammer, die nicht zu gross gemacht werden kann und erlauben die Dampföffnung in passender Entfernung von der Oberfläche des Wassers anzubringen, was stets wünschenswerth ist.

Wir haben keinen Dom bei unsern Figuren angebracht, weil die Lage der Dome von den Räumlichkeiten abhängt und die Dimensionen derselben ziemlich willkürlich sind.

Man macht sie im allgemeinen cylinderförmig und man kann ihren Durchmesser gleich $\frac{2}{3}$ des Durchmessers des Kessels annehmen. Die Höhe nimmt man dem Durchmesser gleich.

Der Kessel, den die Figuren 1, 2, 3 darstellen, muss mit einem Dome versehen werden, dessen mittlerer Durchmesser und Höhe = 0,540 sind. Der entsprechende Querschnitt beträgt 22 Quadratdecimeter und das Volumen 125 Liter; sodass die Dampfkammer im

ganzen 1125 Liter, also 225 Liter per Pferdekraft enthält, was das Neunfache des in einer Stunde zu verbrauchenden Wassers, also mehr wie das von uns angegebene Achtfache ausmacht.

In Betreff der Lage der Dome begnügen wir uns damit zu sagen, dass man dieselben soviel als möglich am hintern Theile des Kessels anbringen soll, weil dort das Sieden minder heftig ist und man dort mithin weniger zu befürchten braucht, dass Wasser mit dem Dampfe fortgeschleppt werde.

Die Herde der einfachen cylindrischen Kessel können auf verschiedene Weise angebracht werden: 1) ohne Flammenrückgang (Fig. 3); 2) mit einem Flammenrückgang (Fig. 4); 3) mit zwei Flammenrückgängen (Fig. 1, 2 und 5).

Es wäre schwer, sich ganz positiv darüber auszusprechen, welche dieser Einrichtungen den Vorzug verdient, wenn bei einer jeden derselben die Dimensionen passend gewählt sind. Die aufzulösende Aufgabe ist folgende: in welcher Weise soll die Heizung derjenigen Hälfte des Kessels, die geheizt werden kann, angebracht werden? Soll es geschehen, indem man zu gleicher Zeit diese ganze Fläche durch einen Feuer- und Luftstrom erhitzt, der von dem Herde zum Rauchfange geht, oder indem man nacheinander verschiedene Theile der Fläche durch einen Flammen- und Rauchstrom berühren lässt, der einen längern Weg zurücklegt, indem er sich einmal oder mehrmals herumbiegt?

Die Lösung der Aufgabe wäre gar nicht zweifelhaft, wenn man in den drei angeführten Fällen den Feuerkanälen denselben Querschnitt geben wollte, d. h. wenn der einzige Kanal des Kessels ohne Flammenrückgang nicht grösser wäre, als die beiden Kanäle des Kessels mit einem Flammenrückgange, und diese nicht grösser, als die des Kessels mit zwei Flammenrückgängen.

Wenn dem so wäre, so wäre es auch evident, dass die Dauer der Berührung derselben Masse warmer Luft

mit dem Kessel für den Herd mit zwei Rückgängen dreimal so lange dauern würde, als für den Herd ohne Flammenrückgang, und für den Herd mit einem Rückgange anderthalbmal so lange; denn die Geschwindigkeit der dem Rauchfange zuströmenden Luft wäre dann in den Feuerkanälen dieselbe, sodass dreimal mehr Zeit erfordert würde, um drei Kanäle zu durchziehen, als einen einzigen, wenn diese Kanäle gleiche Länge haben. Wir abstrahiren hier von dem Temperaturunterschiede in den Kanälen unserer drei Kessel, welcher Unterschied die zum Durchzuge nöthige Zeit noch vermehrt. Ich verweise hier auf die §. 12 gemachten Betrachtungen.

Es ist ersichtlich, dass die Wärme der Kohlen um so vollständiger benutzt wird, als dieselbe längere Zeit auf den Kessel einwirkt. Will man die Dauer dieser Einwirkung nicht abkürzen, so kann man die Zahl der Feuerkanäle nur unter der Bedingung vermindern, den Querschnitt derselben grösser zu machen, sodass die Gase sich um so langsamer fortbewegen, je kürzer der zu durchlaufende Weg ist.

Wenn man nur einen Feuerkanal anbringen will, so muss man dessen Querschnitt wenigstens der Summe der Querschnitte, welche mehrere Kanäle haben würden, gleich machen. Diese Regel ist in den Figuren 2, 3 und 4 beobachtet worden.

Bei Fig. 3 hat der Feuerkanal einen Querschnitt von ungefähr 29 Quadratdecimeter.

In der Fig. 4 hat der Kanal unter dem Kessel einen Querschnitt von ungefähr 23 Quadratdecimeter und der Seitenkanal einen von 13. Die Summe 35 Qdm. ist also grösser als in den vorhergehenden Fällen. Man könnte deshalb, ohne Uebelstand, den Querschnitt beider Kanäle, insbesondere des zweiten, verringern.

Wenn die Feuerkanäle gute, den von uns angegebenen ähnliche Proportionen haben, so scheint die Zahl derselben ohne grossen Einfluss zu sein. Ich würde indessen der Anwendung von mehreren Kanälen den Vor-

zug geben, weil es mir scheint, dass bei einem einzigen breiten Kanale die Flamme sich zu sehr auf eine einzige Richtung concentrirt, und nicht hinlänglich den ganzen Kanal ausfüllt. Mit andern Worten, es scheint mir in einem einzigen Kanale, der direct zum Rauchfange geht, eine zu bestimmte Hauptrichtung der Strömung vorhanden zu sein. Das Vorhandensein eines einzigen Feuerkanals bietet indessen den Vortheil einer grössern Einfachheit dar und nimmt weniger Raum weg. In der That kann man aus unsern Figuren ersehen, dass ein Kessel mit einem Feuerkanale eine Breite von 1,820 M. hat, und dass derselbe Kessel mit einem Herde mit drei Feuerkanälen 2,220 M. breit ist. Der Unterschied in der Breite würde noch bedeutender, wenn man einen Kessel von demselben Durchmesser, aber grösserer Länge anbringen wollte, der z. B. dazu dienen könnte, eine Maschine von 10 Pferdekraften zu speisen. Schon um den Kanälen einen hinreichenden Querschnitt zu geben, würde man sehr genirt sein, da man nur nach der Richtung der Breite Raum gewinnen kann, während man bei einem einzigen Feuerkanale nur den Rost breiter zu machen braucht, um eine bedeutende Vermehrung des Querschnitts zu erlangen. Macht man den Rost 0,800 M. breit, statt 0,500 M., so bekommt man für den Querschnitt 38 Qdm., anstatt 29 Qdm., ohne die Breite des Herdes selbst zu vergrössern.

Die bei Fig. 4 angegebene Einrichtung erlaubt ebenfalls den Feuerkanälen eine hinreichende Breite zu geben, ohne die Breite des Herdes bedeutend zu vermehren.

Ungeachtet des bezeichneten Uebelstandes, der übrigens in den meisten Fällen nicht sehr störend ist, scheint es mir rathlich, die Herde mit zwei Rückgängen der Flamme zu versehen, weil diese Einrichtung eine bessere Vertheilung der Wärme begünstigt.

Uebrigens entscheiden die räumlichen Verhältnisse meistens bei der Wahl der Einrichtungen der Herde. Die Fig. 3 und 4 angegebenen Einrichtungen beziehen

sich auf den Fall, wo der Rauchfang beim hintern Theile des Herdes liegt.

Wäre der Rauchfang nach vorn zu gelegen, so müsste man eine Einrichtung, wie die in den Fig. 3 und 2 angegebenen, wählen; wo die Flamme und der Rauch durch die beiden Seitenkanäle zugleich hindurchziehen, was sehr vorthellhaft ist.

Wir haben für die Einrichtung eines Herdes mit zwei Flammenrückgängen, sowol einen Längendurchschnitt, als auch einen Querschnitt gegeben, weil dieselbe gewissermassen die vollständigere ist. Ein Querschnitt war für die andern hinreichend. Man ersieht aus den Fig. 1 und 2, dass die Flamme, nachdem sie unter dem Kessel hingezogen ist, durch den Kanal K in den Seitenfeuerkanal C tritt, nach dem vordern Theile des Kessels zieht und dann durch den zweiten Seitenkanal C' hindurchgeht. Die angegebene Einrichtung findet bei der Mehrzahl der Kessel mit zwei Flammenrückgängen statt.

Wir lassen hier eine Uebersicht der Abmessungen der verschiedenen Theile des Herdes der Maschine von fünf Pferdekraften folgen, die in den Fig. 1 und 2 dargestellt ist:

Heizfläche	7,50 M., —	per Pferdekraft	1,50 M.
Oberfläche des Ro-			
stes	50 Qdm., —	»	» 10 Qdm.
Querschnitt der			
Feuerkanäle un-			
ter dem Kessel	15 Qdm., —	»	» 3 Qdm.
Querschnitt der			
Seitenkanäle . .	7 Qdm., —	»	» 1,4 Qdm.

Man sieht, dass diese Dimensionen alle vollkommen ausreichend angenommen worden sind.

Noch ist in Bezug auf die praktische Ausführung die Bemerkung zu machen, dass die Oberfläche des Mauerwerks unter dem Kessel eben ist und von einem

Gewölbe getragen wird, welches auf der Vorderseite eine Wand von Backsteindicke abschliesst. Diese reisst man von Zeit zu Zeit nieder, um die Asche herauszuholen, die durch den Rauch nach dem Hintertheile des Herdes geführt worden und sich unter dem Kanale K angehäuft hat. Der vordere Theil der Feuerkanäle ist ebenfalls durch eine Mauer abgeschlossen, die aber nur einen halben Backstein dick ist und die man ebenfalls wegnimmt, wenn man die Reinigung der Feuerkanäle vornehmen will.

Man kann statt dieser Wände auch Platten von Guss-eisen anwenden, die man nach Gefallen wegnehmen kann. Diese Platten schliessen aber nie vollkommen und lassen Luft eindringen, die sehr unnöthigerweise den Rauchstrom kälter macht, sodass man, um einmal im Monate den Arbeitslohn eines Maurers für einige Stunden zu sparen, einen dauernden Uebelstand ertragen muss.

Fig. 5 stellt einen cylinderförmigen Kessel mit einem innern Feuerkanale vor. Wir werden darauf zurückkommen, wenn von dieser Art von Kesseln die Rede sein wird.

Auch werden wir warten, bis wir zum Studium der Kessel mit Heizröhren kommen, um die Einrichtung des in den Fig. 6, 7, 8 und 9 dargestellten Kessels näher zu erörtern, die für Dampfmaschinen von 8—10 Pferdekraften weit passender als die vorhergehende ist.

30. Cylinderförmige Kessel mit Siederöhren.

Wir haben gesehen, dass einfache Kessel viel Raum einnehmen. Um nun unter einem kleinen Volumen eine hinreichend grosse Heizfläche zu erlangen, hat man zum Hauptkessel andere, kleinere Kessel hinzugefügt, die man Siederöhren nennt, wenn sie direct durch den Herd geheizt werden, und Heizröhren, wenn sie nur die Wärme des Rauchs empfangen, während der Kessel allein direct geheizt wird.

Der Herd eines Kessels mit Siederöhren kann auf verschiedenerlei Weise eingerichtet werden: zuweilen setzt man zugleich die beiden Siederöhren und einen Theil des Kessels der directen Wirkung des Herdes aus, während die Seitenflächen dieses letztern durch die Flammenrückgänge allein geheizt werden. Die Figur 6 (Pl. 7) entspricht diesem Falle. Diese Einrichtung scheint mir einer passenden Vertheilung der Wärme nicht günstig, um so mehr, da es bei derselben schwer ist, den Feuerkanälen gehörige Dimensionen zu geben.

Es ist im allgemeinen besser, nur auf die Siederöhren das Feuer direct einwirken zu lassen, wäre es auch nur der Reparaturen halber, die an den Siederöhren leichter und weniger kostspielig sind.

Um diesen Vortheil noch zu vergrößern, macht man den untern Theil der Siederöhren aus nicht grossen Eisenblechplatten, wie Fig. 2 (Pl. 7) zeigt.

Die Einrichtung des Herdes der Figuren 1, 2, 3 und 4 scheint mir wohl berechnet und leicht einzurichten. Nur der untere Theil der Siederöhren ist in directer Berührung mit dem Feuer; der obere Theil derselben und die Seiten des Kessels werden durch Flammenrückgänge geheizt. Die Feuerkanäle sind durch zwei kleine Wölbungen voneinander getrennt, die sich auf die Siederöhren stützen, und durch eine Scheidewand, die zwischen denselben liegt und bis an den Kessel reicht. In Uebereinstimmung mit dem in §. 14 Gesagten hat der Herd eine doppelte Thür. Man hat die Platte von Gusseisen weggelassen, die den Vordertheil vom Roste trennt und die nicht unentbehrlich ist, wenn der Eingang tief genug ist.

In Fig. 5 ist der Rost für Holzfeuerung eingerichtet und nach hinten abwärts geneigt.

Man kann als Heizfläche die Hälfte der Cylinderfläche und $\frac{5}{6}$ der Oberflächen der beiden Siederöhren ansehen, wenn man nur die geheizten Längentheile in Anschlag bringt.

So hat der den Figuren 1—4 entsprechende Kessel eine Heizfläche, deren Mass gleich dem Product aus der Hälfte der Oberfläche eines Kreises von einem Durchmesser von 0,900 M., mithin $\frac{3,14 \times 0,900}{2}$, durch 4,400 M., die totale Länge des Kessels, ist, was 6,20 Quadratmeter ausmacht; mehr zweimal $\frac{5}{6}$ der Oberfläche eines Kreises, dessen Durchmesser gleich 0,500 M., also $2 \times \frac{5}{6} \times 3,14 \times 0,500$, multiplicirt mit 4,560 der ganzen geheizten Länge der Siederöhren, was 11,93 Qm. gibt. Die Heizfläche hat also im ganzen eine Grösse von 18,13 Qm.

Dieser Kessel war für eine Maschine von 15 Pferdekraften mit Expansion und Condensation etablirt worden, und man hatte die Heizfläche auf 1,20 Qm. per Pferdekraft berechnet, was, wie wir wissen, eine passende Proportion für diese Art von Maschinen ist. Wir haben indessen angerathen, bis zu 1,50 Qm. zu gehen, und wir halten dafür, dass diese Proportion, besonders bei einem Kessel mit Siederöhren, keineswegs übertrieben ist. In der That werden wir finden, dass wir selbst bei Anwendung dieser Proportion keine hinreichende Grösse für die Dampfkammer erlangen.

Der körperliche Inhalt dieser Kammer ist hier ungefähr gleich dem Drittel einer Kreisoberfläche, die zum Durchmesser 0,900 M. hat, multiplicirt mit dem Werthe der Länge (4,400 M.), also gleich 930 Qdm., was 62 Liter per Pferdekraft ausmacht, während ein Raum von 200 L. nöthig wäre, wenn der Kessel für eine Maschine von 15 Pferdekraften dienen soll. Sollte der Kessel aber für eine Maschine von 12 Pferdekraften gebraucht werden, so kämen nur 78 L. auf jede Pferdekraft.

Fügen wir zum Kessel noch einen Dom hinzu, dessen Durchmesser und Höhe gleich 0,600 M. sind und dessen Rauminhalt 170 Kubikdecimeter beträgt, so wird die Dampfkammer 1100 L. enthalten. Soll nun der Kessel

bei einer Maschine gebraucht werden, so ist nach Watt die Dampfkammer noch um mehr als die Hälfte zu klein (siehe S. 159 fg.).

Es ist dies ein grosser Uebelstand, den die Kessel mit Siederöhren darbieten und dem man nur dadurch begegnen kann, dass man entweder grosse Reservebehälter für den Dampf einrichtet; z. B. einen kleinen eingemauerten Kessel hinzufügt, was aber nur bei einem Mauerwerk für mehrere Kessel möglich ist; oder auch den Durchmesser des Kessels ¹⁾ sehr gross macht (1,20 M.

1) Man kann im allgemeinen die Heizfläche eines Kessels mit Siederöhren mittelst folgender Formel berechnen:

$$S = \frac{\pi D L}{2} + 2 \times \frac{5}{6} \times \pi d l,$$

wo S die Gesammtheizfläche,

D, L den Durchmesser und die Länge des Kessels,

d, l den Durchmesser und die geheizte Länge des Siederohrs,

π den Werth des Verhältnisses des Kreisumfangs zum Durchmesser

bezeichnen.

Das Mass der Dampfkammer wird durch folgende Formel bestimmt:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4}.$$

Setzt man den Werth von π , so ist:

$$S = 1,57 \cdot D \cdot L + 2,62 \cdot d l$$

$$V = 0,26 D^2 \cdot L.$$

Mithin

$$\frac{V}{S} = \frac{0,26 \cdot D^2 L}{1,57 \cdot D \cdot L + 2,62 d l}.$$

Man nimmt gewöhnlich $d = \frac{D}{2}$ und $l = L$; hiernach erhält man:

$$\frac{V}{S} = 0,09 \cdot D.$$

Nimmt man den Werth von $V = 0,200$ Km. per Pferdekraft, $S = 1,50$ Qm., so ergibt sich für die passenden Proportionen

$$\frac{V}{S} = 0,133,$$

also

$$D = \frac{1}{0,09} \cdot \frac{V}{S} = 1,48^{\text{m}}.$$

oder 1,50 M.). Dies letztere nöthigt aber auch dazu, dem Kessel eine grosse Dicke zu geben und mithin das Gewicht bedeutend zu vermehren. Man darf aber nicht vor der Mehrausgabe zurückschrecken, da die unzulängliche Grösse der Dampfkammer ausserordentlich ernste Folgen haben könnte. Meiner Meinung nach ist es besser, auf die Anwendung eines Kessels mit Siederöhren ganz zu verzichten, als denselben zu klein zu machen. Ganz sicher ist die grosse Zahl ähnlicher Kessel, deren Proportionen nicht passend sind, schuld daran, dass man gezwungen ist, die Dampfproduction der meisten Kessel, als 4—5 K. Dampf per Kilogramm Kohlen nicht über-

Fügt man einen Dom hinzu, dessen Durchmesser und Höhe $= \frac{2}{3} D$, so hat man:

$$V = 0,26 D^2 L + \frac{3,14}{4} \cdot \frac{4}{9} \cdot D^2 \times \frac{2}{3} D,$$

oder annähernd:

$$V = 0,26 D^2 (L + D) \text{ und } \frac{V}{S} = 0,09 \left(1 + \frac{D}{L}\right) D.$$

Man hat mithin auch mindestens:

$$\frac{V}{S} = 0,10 D$$

und $D = 1,33^{\text{m.}}$

Setzt man $l = L$, $d = \frac{D}{3}$ statt $\frac{D}{2}$, so ist

$$\frac{V}{S} = 0,11 D$$

und mit einem Dome:

$$\frac{V}{S} = 0,12 D,$$

wo $D = 1,10^{\text{m.}}$

Man hätte eine recht passende Proportion, wenn man den Durchmesser eines Kessels mit Siederöhren 1,10—1,20 M. gross machte und den Durchmesser der Siederöhren 0,40 M. bei entsprechender Länge; aber ein so kleiner Durchmesser der Siederöhre würde beim Reinigen sehr unbequem sein.

steigend anzunehmen, was wahrhaft demüthigend ist, da doch gewisse Kessel 7, 8, 9 K. produciren und die Theorie 11 K. angibt.

Die Kessel mit Siederöhren bieten einen bedeutenden Uebelstand dar: da die Siederöhren den untern Theil des Dampferzeugers einnehmen, so bildet sich in denselben der grössere Theil des erdigen Niederschlags, den das Wasser fahren lässt. Dieser Niederschlag setzt sich an stark geheizte Flächen fest und überzieht dieselben mit einer Kruste, die um so schädlicher wird, je stärker die Hitze ist, die den Wänden zugeführt wird. Ich bin daher der Ansicht, dass man vollkommen recht darin hat, von Tag zu Tag immer mehr auf dieses System zu verzichten und der Anwendung der Wärmeröhre den Vorzug zu geben, die wir jetzt näher besprechen werden.

Ehe ich hierzu übergehe, muss ich noch die Bemerkung machen, dass die Proportionen des Herdes der Figuren 1—4 sehr reichlich genommen sind, selbst für eine Maschine von 15 Pferdekräften. In der That beträgt die Oberfläche des Rostes 99 Qdm. oder per Pferdekraft 6,6 Qdm.; der Querschnitt der Feuerkanäle

- 1) unter dem Kessel 40 Qdm. oder per Pferdekraft 2,67 Qdm.;
- 2) auf den Seiten 27 Qdm. oder per Pferdekraft 1,80 Qdm.

Zur Erleichterung der Reinigung ist ganz dieselbe Einrichtung getroffen, die oben angegeben worden.

31. Kessel mit Heizröhren.

Man hat lange Zeit Wärmeröhren gebraucht, ohne dieselben als eine besondere Art von Dampferzeugern anzusehen und die Vorthelle, die sie bieten, zu erkennen. Ihre Anwendung fand sozusagen nur gelegentlich statt. So fügte man zu einfachen cylindrischen Kesseln oder auch Kesseln mit Siederöhren, auch wol zu mehreren zu-

sammengehörigen Kesseln eine oder mehrere Röhren hinzu, die durch die Gase des Herdes vor deren Eintritt in den Rauchfang gewärmt wurden und die man Heizröhren nannte. Wie man sieht, machten dieselben nur einen Nebenbestandtheil des Dampferzeugers aus, den man nur dann hinzufügte, wenn man einen passenden Raum dazu hatte.

Herrn Farcot muss man das Verdienst zugestehen, zuerst die besondern Vortheile der Heizröhren erkannt und aus denselben einen der Haupttheile des Dampferzeugers gemacht zu haben.

Die Figur 5, die dem «Manuel du chauffeur» der Herren Grouvelle und Jaunez (neue Ausgabe) entlehnt ist, stellt den Querschnitt des vordern Theils des Kessels des Herrn Farcot dar. Der Kessel befindet sich über dem Herde, die Wärmeröhren in Seitenfeuerkanälen, die übereinander liegen. Die Wärmeröhren stehen untereinander vermittelt Röhren aus Eisenblech in Verbindung, während die obere Wärmeröhre mit dem Kessel durch eine weite Röhre aus Gusseisen verbunden ist. Diese letztere Verbindung kommt mir sehr unvollkommen vor; denn der Dampf, der sich in grosser Menge in der ersten Wärmeröhre bildet, kann nicht zum Kessel gelangen, ohne in der ganzen Wassermasse sehr schädliche heftige Bewegungen hervorzubringen.

Die heutigen Tags gebräuchliche Einrichtung ist zugleich weit einfacher und weit zweckmässiger.

Die Figuren 6, 7, 8, 9 (Pl. 6) stellen die einfachste Einrichtung eines Kessels mit einer einzigen Wärmeröhre dar, die für kleinere Maschinen sehr passend ist.

Da die Wärmeröhre unter dem Kessel liegt, so ist sie um die Länge des Rostes kürzer als jener. Er wird mit dem Kessel durch ein einziges Rohr verbunden, das aus zwei durch eine Colette miteinander verbundenen Stücken besteht. Die Coletten liegen im Mauerwerk und werden durch dasselbe gegen das Feuer geschützt. Diese einfache Vorrichtung macht es möglich, den Kessel oder

den Wärmer einzeln herauszunehmen, wenn dies wegen vorn zunehmender Reparaturen nöthig ist, ohne dass man deshalb den Herd niederzureissen brauchte. Man könnte selbst im Nothfall mit dem Kessel allein die Maschine treiben, während der Wärmer reparirt würde; man brauchte nur vermittelt einer vollen Scheibe den Kessel gehörig abzuschliessen.

Die Speisung findet am vordern Ende des Wärmers statt, oder im allgemeinen an dem Ende, welches demjenigen entgegengesetzt ist, durch welches der Wärmer mit dem Kessel in Verbindung steht; oder noch allgemeiner gesagt, an dem Ende des Wärmers, welches zuletzt die Einwirkung des Feuers erleidet. Es ist dies einer der Hauptpunkte dieses Systems von Kesseln, und es ist offenbar sehr vernünftig, die Speisung in der Weise vorzunehmen, dass die Temperatur des Kessels in entgegengesetztem Sinne wie die der Gase des Herdes zunimmt. In der That tritt der Gasstrom, der einen Theil des Erzeugers beleckt, dem in demselben enthaltenen Wasser um so mehr Wärme ab, je grösser die Temperaturdifferenz ist. Wenn wir annehmen, dass die Gase beim bevorstehenden Austritte aus dem Herde eine Temperatur von 300° haben und sie in diesem Augenblicke auf einen Theil des Wärmers, wohin das Wasser mit einer Temperatur von 50° kommt, stossen, so wird die Wärmemenge, die durch die Wände des Wärmers dem Wasser zugeführt wird, in Proportion mit der Zahl $300 - 50$ oder 250° stehen. Begegneten aber die Gase kurz vor ihrem Austritt aus dem Herde einem Theile des Wärmers, wo das Wasser eine Temperatur von 150° hätte, so wird die abgetretene Wärme nur der Zahl $300 - 150$ oder 150 proportionirt sein. Dies wäre bei einem Kessel mit Siederöhren der Fall, wo die Gase die Seiten des Kessels zuletzt belecken, in dem die Temperatur immer wenigstens der des Dampfes gleich ist.

Diese Einrichtung der Heizfläche bei Kesseln mit Wärmeröhren, in Bezug auf die Speisung, bietet noch

andere Vortheile dar. Das Wasser kommt erst dann in den Kessel, wenn es in der Wärmeröhre gewärmt worden und es entsteht in demselben durch die Speisung kein merkliches Sinken der Temperatur des Wassers und mithin des Drucks des Dampfes.

Auch für die Leichtigkeit der Reinigung ist die Lage der Wärmeröhre unter dem Kessel sehr vortheilhaft; die im Wasser aufgelösten fremden Bestandtheile bilden im Wärmerohre einen Niederschlag, und da das Rohr nicht stark geheizt wird, so können sie sich nicht allzu fest ansetzen und es wird keine Kruste, sondern eine kothige Masse gebildet, die man mit einem Besen herausfegen kann. Man könnte auch häufig, z. B. jeden Abend das Wasser des Wärmers durch unten angebrachte Hähne ablaufen lassen und so auch den Niederschlag theilweise entfernen.

Der in den Figuren dargestellte Kessel ist für eine Maschine von acht Pferdekraften, mit Expansion und Condensation gebaut.

Die in derselben Weise wie für Kessel mit Siederöhren berechnete Heizfläche beträgt 10,50 Qm. oder 1,30 Qm. per Pferdekraft.

Die Grösse des Rostes und der Feuerkanäle ist vollkommen hinlänglich. Der untere Kanal hat selbst einen weit bedeutendern Querschnitt als nöthig wäre, weil man denselben so tief machen wollte, dass die Reinigung leicht vorgenommen werden könnte. Es besteht in der That ein grosser Unterschied in der Leichtigkeit, mit der sich die Asche in den Feuerkanälen anhäuft und entfernt werden kann, je nachdem ein Kessel mit Siederöhren oder mit Wärmeröhren versehen ist. In erstern steigt die Flamme, nachdem sie durch den unter den Siederöhren liegenden Kanal gezogen ist, in einen höher liegenden Kanal, die vom Gasstrom mitgeführte Asche hat das Bestreben, sich abzusondern und man kann, wenn man im Hintertheil des Herdes einen freien Raum lässt, dort den grössern Theil derselben sammeln, wel-

cher in dem Augenblicke sich niedersetzt, wo die Flamme in den obern Kanal tritt. Bei den Kesseln mit Wärmerohr geht im Gegentheil die Flamme am Ende des untern Kanals abwärts, und die Asche dringt mit derselben in die untern Kanäle, auf deren Boden sie alsdann abgesetzt wird. Es ist also rathsam, diesen Feuerkanälen eine Form zu geben, die das zu schnelle Anfüllen derselben vermeidet und die es erlaubt, mit Leichtigkeit die Asche zu entfernen. Die in den Figuren 6, 7 und 8 angegebenen Einrichtungen sind sehr passend zur Erreichung dieses Zwecks.

Der Aschenherd ist mit Rücksicht auf die Reinigung der Kanäle angelegt. Der Eingang des Kanals ist nur durch eine dünne, einen halben Backstein dicke Mauer abgeschlossen, die hier dem Aschenherde zugekehrt ist, aber auch ebenso gut, wenn es die Räumlichkeiten verlangen, im hintern Theile des Herdes liegen könnte.

Die Kessel starker Maschinen sind gewöhnlich mit zwei Wärmern versehen. Die Figuren 1, 2, 3 und 4 (Pl. 8) zeigen eine ziemlich gebräuchliche Einrichtung dieser Kessel, die ich indessen nicht für besonders gut halte. Ich hätte diese Zeichnungen nicht gewählt, wenn nicht der grössere Theil der wichtigern Dimensionen sehr passend wäre, und den einzelnen Mängeln, die ich bemerklich zu machen habe, leicht abgeholfen werden könnte.

Bei diesem Kessel liegen die Wärmeröhren horizontal, sind durch ein weites, kurzes Rohr miteinander verbunden, das im vordern Theile des Herdes angebracht ist, und stehen mit dem Kessel durch zwei im hintern Theile liegende kurze Röhren in Verbindung. Die Flamme beleckt zuerst den Boden des Kessels, tritt dann durch eine im hintern Theile des Herdes befindliche Oeffnung in einen der untern Kanäle, aus diesem im vordern Theile des Herdes in den zweiten Kanal, und zwar durch eine Oeffnung in der Zwischenwand der beiden Kanäle. Das Speisewasser wird einer in dem

letztern Kanal liegenden Röhre durch eine andere Röhre zugeführt, die bis zum Boden desselben hinabreicht. Die Wärmeröhren können durch Hähne geleert werden, die am Vordertheile eines jeden derselben angebracht sind.

Die Hauptübelstände, die wir an dieser Einrichtung finden, sind die horizontale Lage der Röhren und die Art der Verbindung zwischen der letzten Röhre und dem Kessel.

Infolge der horizontalen Lage der Wärmer können an einigen Stellen Anhäufungen von Dampf entstehen, weil dieser nicht immer schnell und leicht genug durch die einzige Röhre, die jeden Wärmer mit dem Kessel verbindet, abziehen kann. In diesem Falle schwillt das Eisenblech auf und erleidet eine bedeutende innere Veränderung an den Theilen der Wärmer, die nicht mehr vom Wasser geschützt werden. Um diese Wirkungen zu beseitigen, muss man im Innern des Wärmers eine Röhre anbringen, die vom Punkte der Aufschwellung bis zur Verbindungsröhre führt. Die Verbindung zwischen dem zweiten Wärmer und dem Kessel ist aus der eben angegebenen Ursache unentbehrlich; denn nur auf diesem Wege kann der Dampf abziehen, der sich im obern Theile des Wärmers bildet. Durch diese Verbindung wird aber dem Wärmesysteme einer seiner Hauptvorteile entzogen, da das Speisewasser in den Kessel kommen kann, ehe es durch die beiden Wärmer hindurchgegangen ist. In der That ist leicht ersichtlich, dass durch die unregelmäßigen Wallungen des Wassers durch die Verbindungsröhre ein Theil des Speisewassers, das gerade unter dieser Röhre in den Wärmer tritt, mit herbeigeführt wird. Kurz, diese Verbindung benimmt dem Systeme den so wichtigen Vortheil, das Wasser allmählich auf verschiedene Heizflächen zu leiten. Man kann sehr leicht die bezeichneten Uebelstände vermeiden und den Kesseln mit Wärmern ihren wahren Charakter wiedergeben, wenn man den einen der beiden Wärmer von vorn nach hinten, den andern von hinten nach vorn

abwärts neigt und zugleich die Verbindung zwischen dem zweiten Wärmer und dem Kessel aufhebt. Auf diese Weise stellt man eine Art von schlangenlinienartiger Verbindung mit dem Kessel her, und der im zweiten Wärmer erzeugte Dampf zieht in den ersten Wärmer durch die Verbindungsröhre, die über dem abwärts geneigten Theile liegt. Eine schwache Senkung, wie z. B. 0,01 per Meter, ist hinlänglich. Natürlich findet die Speisung durch das untere Ende des zweiten Wärmers statt. An demselben Ende wird auch ein Hahn zur Entleerung angebracht.

Die auf die angegebene Weise eingerichteten Kessel mit Wärmern können sicherlich den besten Dampfzeugungsapparaten beigezählt werden, sowol wegen der passenden Disposition der Heizfläche, als wegen ihrer leichten Instandhaltung.

Was den Raum betrifft, den sie für das Wasser und den Dampf darbieten, so kann man diese Kessel auf gleiche Linie mit den Kesseln mit Siederöhren stellen; denn in dieser Beziehung sind beide Arten von Dampfzeugern identisch. Die Wasserkammer wird immer hinreichend sein, die Dampfkammer aber zuweilen etwas klein ausfallen, weshalb diese Art von Kesseln, wie die Kessel mit Siederöhren, immer mit einem Dome versehen sein müssen.

Die Tafel 9 bietet zwei besondere Arten von Kesseln mit Wärmeröhren, von denen der eine besonders gut eingerichtet ist; es ist der, welcher den Figuren 1—6 entspricht.

Zwei Siederöhren, B, B', befinden sich jede über einem besondern Herde. Zwischen diesen Röhren liegen zwei Heizröhren R und R', auf welche die aus beiden Herden kommenden heissen Gase einwirken, die aus dem Herde in die obern Feuerkanäle durch die Oeffnungen p und p' treten und von hier durch die Oeffnung p'' zum untern Feuerkanal gelangen.

Die beiden Siederöhren B und B', wie auch die

obere Heizröhre R sind jede durch eine kurze Röhre mit einem Kessel C verbunden, den man als einen grossen Dampfreservebehälter ansehen kann, da er nur durch die Wärme des umgebenden Mauerwerks geheizt wird. Man muss Sorge dafür tragen, dass das Wasser in C nur wenig über den Verbindungsröhren steht.

Register, die in den Fugen e, e' gehen, erlauben eine der Siederöhren und einen der Herde zu isoliren, wenn ein einziger ausreicht. In diesem Falle schliesst man mit einer eisernen Scheibe die Verbindungsröhre der Siederöhre, die nicht in Thätigkeit ist.

Dieser Kessel und dessen Herd sind sehr sinnreich eingerichtet. Wenn man dafür Sorge trägt, abwechselnd bald in dem einen, bald in dem andern der beiden Herde die frischen Kohlen aufzulegen, so erlangt man eine fast vollständige Rauchverzehrung; denn die Flamme und der Rauch des Herdes, wo frisch aufgelegt worden, stossen bei ihrem Eintritt in den Kanal der obern Heizröhre auf die Flamme des andern Herdes.

Man kann der Heizfläche, der Wasserkammer und der Dampfkammer eine vollkommen hinreichende Grösse geben, ohne dass der Dampferzeugungsapparat zu gross oder zu schwer wird.

Man hat allerdings diesen Kesseln den Vorwurf gemacht, dass die obere Fläche der Siederöhren nicht sehr wirksam, selbst ganz unbedeutend sei; wir haben bereits §. 27 unsere Ansicht über die von oben geheizten Flächen ausgesprochen. Hier wollen wir nur hinzufügen, dass der Kessel, der hier skizzirt ist und dessen Heizfläche ungefähr 26 Qm. beträgt, ursprünglich eine Maschine von 20 Pferdekraften treiben sollte, und dass er gegenwärtig bei einer Maschine von 25 Pferdekraften verwendet wird und zugleich die über 600 Meter lange Röhre eines Trockenapparats mit Dampf versieht. Um die nöthige Dampfvermehrung zu erlangen, hat man die Länge des Rostes von 1,100 M. auf 1,500 gebracht.

Man kann also wol versichern, dass die Heizfläche dieses Dampferzeugers sehr thätig ist.

In Betreff der Leichtigkeit der Reinigung bietet dieser Kessel dieselben Vorthelle, wie die gewöhnlichen Kessel mit Heizröhren; für die Reinigung der Feuerkanäle ist er weit besser eingerichtet. Man kann in der That (und man hat unrecht gehabt, dies bei dem Herde, dessen Skizze wir mittheilen, nicht zu thun) am hintern Theile des Herdes, am Ende des Feuerkanals, der auf den Herd folgt, einen Raum offen lassen, um die Asche aufzunehmen, wie wir dies für die Kessel mit Siederöhren angegeben haben.

Ich habe Gelegenheit gehabt, den Werth dieser Art von Kesseln in Bezug auf Oekonomie zu erkennen: bei forcirtem Gange, der ganz sicher der Oekonomie hinderlich ist, erzeugte ein solcher Kessel ein Minimum von 5 K. Dampf per Kilogramm gewöhnlicher Kohlen, was bei vielen Kesseln nur bei Anwendung sehr guter Kohlen und bei einem normalen Gange geleistet wird.

Ein anderer sehr grosser Vorzug dieser Kessel besteht in der grossen Sicherheit, den dieselben in Bezug auf die gewöhnlichste Veranlassung zum Springen der Kessel gewähren: nämlich das Sinken des Wasserspiegels unter die Linie der Feuerkanäle. Bei der angegebenen Einrichtung wäre ein sehr bedeutendes Sinken des Wasserspiegels dazu erforderlich, wenn derselbe auch nur niedriger als die obern Verbindungsrohren der Siederöhren zu stehen kommen sollte. Alle Theile, die mit den Gasen des Herdes in Berührung stehen, sind ganz mit Wasser angefüllt, und der einzige Theil, welcher den Dampf enthält, wird nur durch das Mauerwerk geheizt.

Die Einrichtung der den Figuren 7 und 8 (Pl. 9) entsprechenden Kessel scheint mir weit weniger gut zu sein, als die des soeben besprochenen. An zwei in demselben Herde befindlichen Siederöhren hängt mittelst vier Verbindungsrohren eine Heizröhre. Man fügt eine zweite Heizröhre in dem Falle hinzu, wo zwei Kessel

nebeneinander liegen, und diese Heizröhre ist dann beiden Kesseln gemeinschaftlich.

Die beiden Siederöhren sind in ihrem obern Theile durch einen kleinen Behälter miteinander verbunden, der durch zwei Verbindungsröhren getragen wird.

Die zwei oder drei untern Heizröhren stehen durch eine Röhre in Verbindung miteinander; auch muss die mittlere Wärmeröhre mit den Siederöhren, die darüber liegen, verbunden sein, damit der Dampf einen Ausgang aus erstem findet und das Gleichgewicht des Drucks hergestellt werden kann. Wäre dies nicht der Fall, so würde der geringste Unterschied im Druck eine Verschiedenheit in der Höhe des Wasserspiegels der beiden Kessel herbeiführen, die durch die untern Heizröhren miteinander in Verbindung stehen.

Die beiden Siederöhren werden nur am untern Theile ihrer Oberfläche geheizt. In dieser Beziehung sind die Oberflächen nicht so gut für die Heizung benutzt, wie bei dem vorigen Systeme. Allerdings ist die Dampfkammer viel grösser.

Ein grösserer Fehler dieser Kessel besteht in der gegenseitigen Abhängigkeit aller ihrer Theile, die so gross ist, dass es nicht möglich wäre, einen dieser Theile herauszunehmen, ohne den ganzen Apparat auseinander zu nehmen. Dieser Fehler wird noch fühlbarer, wenn zwei Kessel zusammengehören, wie in Fig. 7. In letzterm Falle könnte die Nachlässigkeit eines Heizers, welcher vergässe, die Verbindung zwischen beiden Kesseln für den Dampf zu öffnen, einen ernstlichen Unfall veranlassen. In der That wäre ein Unterschied von $\frac{1}{4}$ Atmosphäre in einem der Kessel hinreichend, um alles Wasser in den andern zu treiben.

Die Einrichtung der Verbindungsröhren, welche die erste Heizröhre mit den beiden Siederöhren verbinden, scheint mir einer langen Dauer des Kessels ungünstig zu sein. Diese beiden Röhren bringen in zwei Punkten des Feuerkanals Einengungen hervor, wo die Flamme

eine grössere Geschwindigkeit erhält. Hierdurch erleiden die Verbindungsrohre eine Einwirkung, die um so schädlicher ist, als die Lage ihrer Wände ein Hinderniss für das schnelle Entweichen der Dampfblasen wird, die sich an denselben bilden; während gerade diese Verbindungsrohre am stärksten von der Flamme geheizt werden und ihre Richtung dem Aufsteigen der Dampfblasen hinderlich ist.

Diese Gründe, wie auch ein über die Dampferzeugung dieser Kessel angestelltes (vielleicht unzulängliches) Experiment bestimmen uns dazu, zu behaupten, dass diese Art von Kesseln mit Heizrohren nicht so gut ist, wie die früher beschriebene, besonders die, welche den Figuren 1—6 entspricht. Wir glauben selbst sagen zu dürfen, dass von allen Systemen von Kesseln, die wir bisher gesehen haben, gerade dieses ganz vorzüglich empfehlenswerth ist. Nur in dem Falle, wo die Räumlichkeiten nicht erlauben, dem Erzeugungsapparate eine hinreichende Breite zu geben, sollte man auf die Anwendung des empfohlenen Systems verzichten.

32. Kessel mit innern Feuerkanälen.

Um die Heizfläche seiner sargförmigen Kessel zu vermehren, hatte James Watt die Vorrichtung erdacht, der ganzen Länge nach eine Röhre durch dieselben hindurchzuführen, durch die der heisse Luftstrom hindurchziehen müsste, ehe er in die Feuerkanäle träte, die zum Rauchfange führten, oder nachdem er durch die Seitenkanäle am Kessel hindurchgegangen. Die Heizfläche würde durch die innere Oberfläche dieser Röhre vergrössert.

Diese Einrichtung ist ebenfalls auf cylinderförmige Kessel angewendet worden, und die Fig. 5 (Pl. 6) zeigt uns ein Beispiel hiervon.

Die Lage und die Dimensionen dieser Röhre wer-

den nach denselben Regeln, wie die der Feuerkanäle bestimmt.

Die Röhre muss also in einer Weise angebracht sein, dass ihr oberer Theil nicht beim Sinken des Wasserspiegels blosszuliegen kommt und unter der Einwirkung der Hitze zu glühen anfängt; auch muss der Querschnitt derselben gross genug sein, um dem Luftzuge nicht hinderlich zu werden. Diese letztere Bedingung wird erfüllt, wenn man den Querschnitt der Röhre ganz so berechnet, wie man den eines Feuerkanals in derselben Lage bestimmen würde. Die Ausführung der Rechnung ¹⁾

1) Durch Anwendung der Regeln und der praktischen Resultate, die wir mitgetheilt haben, kann man eine allgemeine Relation zwischen der Heizfläche eines Kessels und dem Querschnitte der Feuerkanäle feststellen. Wenn es sich um einen gewöhnlichen, stündlich 20 K. Dampf per Quadratmeter der Heizfläche und 6 K. Dampf per Kilogramm Kohlen hervorbringenden Kessel handelt, so muss, nach der Regel von Darcet (1 Qdm. oder 0,01 Qm. für 3,33 K. Kohlen, die in einer Stunde verbrennen sollen), der Querschnitt des Rauchfangs für eine Heizfläche S nach folgender Formel berechnet werden:

$$s = \frac{S \times 20}{6 \times 3,3} \times 0,01 = \frac{S}{100}.$$

Der Querschnitt der Feuerkanäle muss dem Querschnitte S des Rauchfangs wenigstens gleich sein, und man thut am besten daran

(s. §. 12), denselben unmittelbar hinter dem Herde $= \frac{5}{2} S$, in

dem folgenden Kanale $= 2 S$ und in den übrigen Kanälen $= \frac{3}{2} s$ zu machen.

Wenn nun einer der Kanäle aus einer oder aus n cylinderförmigen Röhren besteht, deren Durchmesser $= d$, durch welche die Gase des Herdes gleichzeitig hindurchgehen, so muss das Minimum des Gesamtquerschnitts

$$s = n \pi \frac{d^2}{4} = \frac{S}{100}$$

sein.

Sind nun bezüglich L und D die Länge und der äussere

zeigt, dass in dem am häufigsten vorkommenden Falle, dem der cylindrischen Röhren, das Verhältniss des Durchmessers der Röhre zum Durchmesser des Kessels wenig-

Durchmesser des Kessels, dessen halbe Oberfläche von uns als geheizt angesehen wird, so ist der Werth der Heizfläche

$$S = \left(\frac{\pi D}{2} + n \pi d \right) \frac{L}{100}$$

und dieser Werth von S muss wenigstens dem Werthe gleich sein, den die Gleichung

$$\frac{n \pi d^2}{4} = \left(\frac{\pi D}{2} + n \pi d \right) \frac{L}{100}$$

liefert, oder

$$d^2 - \frac{4L}{100} d = \frac{2DL}{n \times 100}.$$

Man findet hieraus

$$d = \frac{2L}{100} \pm \sqrt{\frac{4L^2}{100^2} + \frac{2DL}{n \times 100}},$$

oder
$$d = \frac{2L}{100} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{100D}{2L}} \right),$$

wenn wir das Minuszeichen weglassen, da d keinen negativen Werth haben kann.

Wir können letztere Formel auch unter folgende Form bringen:

$$\frac{d}{D} = \frac{2}{100} \times \frac{L}{D} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{100}{2n \times \frac{L}{D}}} \right).$$

Durch diese Formel findet man den Werth von $\frac{d}{D}$, wenn man das Verhältniss $\frac{L}{D}$ und die Zahl n der Röhren kennt.

Will man, dass der Querschnitt des Kanals das m -fache des Querschnitts des Rauchfangs sein soll, so setzt man:

$$\frac{n \pi d^2}{4} = \left(\frac{\pi D}{2} + n \pi d \right) \frac{L m}{100};$$

mithin

$$\frac{d}{D} = \frac{2m}{100} \cdot \frac{L}{D} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{100m}{2mn \times \frac{L}{D}}} \right).$$

stens gleich $0,24 - 0,31 - 0,38 - 0,43 - 0,49 - 0,67$ sein muss, wenn das Verhältniss des Durchmessers des Kessels zur Länge gleich $2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 10$ ist.

Es wäre rathsam, diese Verhältnisse um $\frac{2}{10}$ bis $\frac{4}{10}$ ihres Werthes zu vermehren, je nachdem die Röhre den letzten oder den vorletzten Feuerkanal bildet. Die Dimensionen unserer Skizze (Fig. 6) sind für eine Länge, die das Sechsfache des Durchmessers beträgt, passend, d. h. in gegenwärtigem Falle für eine Länge von 4,800 M. Der Kessel hätte mit der Röhre eine Heizfläche von 10 Quadratmetern, ohne dieselbe aber wäre diese Fläche nur 6 Qm. gross.

Zuweilen bringt man statt einer einzigen Röhre auch zwei Röhren an, durch welche gleichzeitig der Luftzug hindurchgeht und die also nur einen Feuerkanal bilden. Die Minimalverhältnisszahlen des Durchmessers dieser Röhren zum Durchmesser des Kessels sind:

$$0,19 - 0,24 - 0,30 - 0,35 - 0,39;$$

Im allgemeinen, wenn man den Querschnitt der Röhre oder die Summe der Querschnitte des Röhrensystems, die als Feuerkanal wirken, gleich $\frac{S}{a}$ machen will, so bekommt man:

$$\frac{d}{D} = \frac{2}{a} \cdot \frac{L}{D} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{a}{2n \cdot \frac{L}{D}}} \right).$$

Diese Formel ist auf alle die Kessel anwendbar, wo innere cylinderförmige Feuerröhren angebracht sind und die Heizfläche gleich der Hälfte der Oberfläche ist.

Setzen wir den Theil der äussern Fläche, welcher Heizfläche ist, gleich b , so bekommen wir:

$$\frac{n \pi d^2}{4} = \left(\frac{b \pi D}{2} + n \pi d \right) \frac{L}{a}$$

und
$$\frac{d}{D} = \frac{2}{a} \cdot \frac{L}{D} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{a b}{2n \cdot \frac{L}{D}}} \right).$$

je nachdem die Verhältnisszahlen der Länge des Kessels zum Durchmesser desselben

$$2 - 3 - 4 - 5 - 6$$

sind.

Man wird wohl daran thun, hier, wie bei einer einzigen Röhre, die Werthe dieser Verhältnisse um $\frac{2}{10}$ bis $\frac{4}{10}$ zu vermehren, je nachdem die Röhren den vorletzten oder den letzten Rauchkanal bilden.

Die Figuren 1, 2, 3, Pl. 10, zeigen die Einrichtungen eines solchen Kessels und des Herdes desselben.

Nachdem die Flamme das untere Drittel der äussern Oberfläche des Kessels geheizt hat, zieht sie durch beide Röhren zugleich hindurch und kommt nach vorn, um sich dann nach dem hintern Theile des Herdes zurückzuwenden, indem sie die beiden auf der Seite liegenden Feuerkanäle durchzieht, worauf sie in den Rauchfang tritt.

Die angewendeten Dimensionen entsprechen allen von uns angegebenen Regeln:

Die Heizfläche beträgt 27 Qm., der Querschnitt der Feuerkanäle 29 Qdm. unter dem Kessel und in den beiden Röhren zusammen; auch ungefähr ebenso viel in den beiden Seitenkanälen. Die Grösse des Rostes macht $\frac{1}{17}$ der Grösse der Heizfläche aus.

Diese Art von Kesseln ist fast ganz ausser Gebrauch gekommen; auch bietet dieselbe keinen besondern Vortheil dar. Man erhält dieselbe Heizfläche, mit ungefähr gleichem Metallgewicht, bei den Kesseln mit Siederöhren oder mit Heizröhren; das Mauerwerk hat fast denselben Umfang und die Wärmequanten, die absorbirt werden können, sind fast gleich gross.

33. Kessel mit inwendig liegendem Herde.

Diese Kessel sind den vorhergehenden sehr ähnlich, bieten aber ebenso viele Vortheile dar, wie jene wenig

darbieten. Sie sind von jenen nur darin verschieden, dass die innern Röhren, anstatt einen Durchgang für die Gase des Herdes zu bilden, den Herd selbst enthalten. Hierdurch erlangt man zugleich eine gute Disposition der Heizfläche, eine grosse Einfachheit des Mauerwerks und den Vorthail, dass dieses nur einen sehr geringen Theil der Wärme aufnimmt. Je nach seiner Grösse enthält der Kessel eine (Fig. 4, 5 und 6, Pl. 10) oder zwei Röhren (Fig. 1, 2, 3 und 4, Pl. 11), in deren vordern Theile der Herd liegt. Die Flamme und der entwickelte Rauch ziehen nach dem Hintertheile der Röhren, dann durch einen Seitenfeuerkanal wieder nach vorn, indem sie ein Viertel der äussern Fläche des Kessels belecken, und gehen endlich wieder nach hinten, während sie das übrige Viertel belecken, um dann in den Rauchfang zu treten.

Die Breite des Herdes oder der Herde hängt von der Breite ab, die man dem Roste geben muss, was wieder von der Heizfläche abhängt.

Diese ist gleich der innern Oberfläche der Röhre, weniger dem Theile derselben, der unter dem Roste liegt, mehr dem Theile der äussern Oberfläche, der durch die Flammenrückgänge geheizt wird.

Man hat dieser Art von Kesseln verschiedene Formen gegeben, wie die in den Figuren 7 und 8 bezeichneten. In der erstern haben die Herde eine stark elliptische Form und der Kessel ist nicht vollkommen cyllinderförmig, sondern unter den Röhren etwas abgeplattet. In den Kesseln der Figur 8 hat man den unter dem Roste liegenden Theil weggelassen, da derselbe nur zum Aschenherde dient und nicht geheizt wird. Diese Einrichtungen sind in Bezug auf Ersparniss im Kohlenverbrauche sehr passend, lassen aber doch in mehrerlei Beziehungen zu wünschen übrig. Erstens erlauben die Formen, welche man dem Eisenblech gibt, dem Kessel nicht, einen starken Druck auszuhalten, um so mehr als der Druck des Dampfes hier von aussen nach innen wirkt und das Bestreben hat, die Röhren platter zu

drücken. In den cylinderförmigen Röhren, mit oder ohne Siederöhren, dagegen kann der Dampf das Eisenblech nur ausdehnen, ohne dessen Form zu ändern, oder vielmehr, er macht dieselbe noch vollkommener cylindrisch. Der Dampf wirkt hier wie beim Glasblasen die Luft, die der Arbeiter einbläst und durch deren gleichförmig nach allen Seiten wirkenden Druck er vollkommen cylinderförmige Röhren erhält. Wenn das Eisenblech sich regelmässig ausdehnt, kann dasselbe einen sehr starken Druck ertragen, ähnlich wie eine Röhre von Kautschuk, in der man die Luft verdichtet. Diese letztere schwillt regelmässig an bis zu dem Augenblicke, wo sie platzt. Verdünnt man aber die darin enthaltene Luft durch Aussaugung, so wird die Kautschukröhre augenblicklich platt gedrückt.

Wenn man über diese Thatsachen nachdenkt, findet man dieselben anomalisch; denn eine vollkommen cylinderförmige Röhre muss ebenso gut einem von aussen nach innen wirkenden Drucke widerstehen, als einem solchen, der in der entgegengesetzten Richtung wirkt. Es findet da kein anderer Unterschied statt als der, welcher zwischen dem Widerstande gegen Zerdrückung und dem gegen Ausdehnung existirt. Die Röhre muss unter Einwirkung eines äussern regelmässigen Drucks regelmässig enger werden, sowie sie sich regelmässig erweitert, wenn ein Druck von innen nach aussen wirkt. Dies Raisonement ist allerdings vollkommen richtig, wenn es sich um eine Röhre mit vollkommen kreisförmigem Querschnitte handelt; aber man findet solche Röhren gar nicht in der Praxis, es gibt keine einzige, deren Querschnitt nicht etwas elliptisch wäre, und für diesen Fall erkennt man leicht, sowol durch Berechnung wie auch durch einfache Ueberlegung, dass unter Einwirkung eines äussern Drucks die Ellipse sehr schnell länger und schmaler werden muss. Die Erfahrung liefert nur zu viele Beweise hiervon.

Man begreift leicht, dass, wenn man von den Formen

mit kreisförmigem Schnitte abweicht, man die Widerstandsfähigkeit der Kessel vermindert. Man muss deshalb bei den Einrichtungen der Kessel, die wir oben angegeben haben, soviel wie möglich die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Theile durch metallene Bänder und andere Vorrichtungen, die die innern Theile untereinander verbinden, zu vermehren suchen. Die Complication der Structur, die daraus hervorgeht, hat nicht nur eine bedeutende Vermehrung des Preises zur Folge, sondern es wird dadurch auch die Reinigung der Kessel fast unmöglich und die Reparatur derselben sehr erschwert. Und selbst mit Hülfe der erwähnten Verstärkungen sind die Kessel noch nicht im Stande, einen starken Druck zu ertragen, und haben dieselben nur bei einem Drucke von höchstens zwei effectiven Atmosphären angewendet werden können.

Heutiges Tags hat man den Bau dieser Kessel vereinfacht und die Fehler entfernt, die wir angegeben haben und die allein denselben zum Vorwurfe gemacht werden konnten. Die Kessel der Figuren 4, 5 und 6, Pl. 10, haben nur cylindrische Formen. Die Heizfläche beträgt 7—8 Qm. Uebrigens sind die Kessel mit innern Herde eben nicht für so kleine Formen passend, weil die Reinigung zu schwierig ist. Ganz anders ist es in Betreff grosser Kessel.

Die Figuren 1, 2, 3, 4, Pl. 11, stellen einen Kessel für eine Maschine von 50—60 Pferdekräften vor, die von den Herren Piedboeuf verfertigt ist, welche in ihren Maschinenwerkstätten zu Aachen und zu Jupille bei Lüttich eine grosse Anzahl solcher Kessel bauen. Die beiden Herde, mit kreisförmigem Querschnitte, sind aus Holzkohlen-Eisenblech, welches 12 Mm. dick ist, angefertigt. Jenseit des Rostes kann die Dicke geringer sein und gewöhnliches Eisenblech angewendet werden. Eine der bemerkenswerthesten Einrichtungen besteht in den Linien der Nietnägeln an dem Eisenbleche der Herde. Man sieht, dass anstatt einfach über-

einander zu liegen, die Ränder der Eisenblechstücke unter einem rechten Winkel emporstehen. Dies gewährt den doppelten Vortheil, die Nietnägellinien der Einwirkung des Feuers zu entziehen und starke Rippen zu bilden, welche die Widerstandsfähigkeit gegen Zerdrückung bedeutend vermehren. Auch bietet diese Structur eine Bürgschaft für die Güte des angewendeten Eisens; denn bei einer gewöhnlichen Eisensorte wäre es gar nicht möglich, die Ränder so umzubiegen.

Die Dimensionen der Röhren und der Kessel sind so gewählt, dass unterhalb der Herde noch Platz genug bleibt, um einem Arbeiter zu erlauben, durch die vorn am Kessel angebrachte Oeffnung hineinzukriechen. Ueber den Herden bleibt ein viel grösserer Raum, der erlaubt, den Wasserspiegel in einer Höhe von 0,35 M. über den Röhren zu erhalten und so die Gefahr des Platzens zu vermeiden, die man ebenfalls dieser Art von Kesseln zum Vorwurfe machte. Selbst bei dieser Höhe des Wasserspiegels bleibt noch für die Dampfkammer verhältnissmässig mehr Raum, als bei Kesseln mit Siederöhren oder mit Heizröhren. In der That findet man bei einem Zwischenraume von 0,500 M. zwischen dem Wasserspiegel und dem obern Theile des Kessels, in der Höhe des Wasserspiegels, eine Breite von 1,732 M. und mithin für die Dampfkammer einen Querschnitt von 0,613 Qm. Bei einer Länge von 9,850 M. beträgt der Rauminhalt der Dampfkammer 6038 Kubikdecimeter. Fügt man noch den Rauminhalt des Doms, welcher ungefähr 270 Kubikdecimeter beträgt, hinzu, so erhält man eine Summe von 6308 Kdm. für einen Kessel von 60 Pferdekraften, also 105 Liter per Pferdekraft, was sich weit mehr wie in den vorhergehenden Fällen dem Verhältnisse von 200 Litern per Pferdekraft nähert und mehr als die für Kessel mit Hochdruck festgestellte Proportion ausmacht.

In dieser Beziehung muss man also die Kessel mit innerm Herde zu den guten Kesseln zählen. Wir be-

eilen uns jedoch hinzuzufügen, dass dieser Vortheil von der Grösse des Durchmessers der Kessel herrührt und dass, bei gleichen Proportionen, die Kessel mit Siederohren oder mit Heizrohren dieselbe Grösse für die Dampfkammer haben würden.

Der grosse Durchmesser, den diese Kessel haben müssen, ist vielleicht der einzige Uebelstand, den dieselben darbieten und zwar nicht in Bezug auf Kohlenersparniss oder auf die leichte Reinigung und Instandhaltung, sondern nur in Bezug auf ihr Gewicht und mithin ihren Preis, und auch weil die Polizeivorschriften ein Maximum der Dicke aufstellen und man diese Kessel also unter keinem höhern Drucke in Thätigkeit setzen darf.

Der Kessel unserer Skizzen hat eine Dicke von 14 Mm. für die äussern Eisenblechplatten und darf in Belgien nur für einen Druck von 5 Atmosphären gestempelt werden. Dieser Uebelstand ist so erheblich, dass er hinreichend wäre, um die Anwendung der in Rede stehenden Kessel in den Ländern, wo man sich in Bezug auf die Beobachtung der gesetzlichen Vorschriften sehr streng zeigen wollte, gänzlich zu verhindern. In England, wo dies nicht der Fall ist, sind diese Kessel so in Aufnahme gekommen, dass dieser Umstand sie kräftiger empfiehlt als alles, was ich zu ihren Gunsten sagen könnte. In Cornwallis sind alle Kessel, die wegen ihres geringen Kohlenverbrauchs bekannt sind, Kessel mit innerm Herde. Auch in Deutschland ist der Gebrauch dieser Art von Kesseln so allgemein geworden, dass man nicht übertreibt, wenn man behauptet, dass dort $\frac{7}{8}$ der Dampferzeuger der feststehenden Maschinen, die man jetzt baut, Kessel mit innerm Herde sind.

Die in jenen Ländern vorgeschriebene Dicke der Kesselwände ist aber auch weit geringer als in Belgien und Frankreich. So z. B. braucht ein Kessel von 2 M. im Durchmesser, wie bei unserer Skizze, um auf 3 Atmosphären gestempelt zu werden, d. h. um mit einem innern Drucke von 4 Atmosphären zu wirken, dort nur

eine Dicke von 10 Mm. zu haben, während die französischen und die belgischen Verordnungen 14 Mm. erheischen (siehe S. 246).

Bei einer Dicke von 14 Mm. würde derselbe Kessel von 2 M. im Durchmesser, der in Belgien nur auf 3 Atmosphären gestempelt wird, in Deutschland auf $4\frac{1}{4}$ gestempelt werden.

Dagegen geben die Verordnungen keine besondere Formel für die Theile, die von aussen nach innen einen Druck erleiden und es steht dem Maschinenbauer frei, sich mit der durch die gebräuchliche Formel gegebenen Dicke zu begnügen. Diese beträgt für die Herde unsers Kessels, die einen Durchmesser von 0,800 M. haben, 7,3 Mm. bei einem äussern Drucke von 4 Atmosphären, während die in Preussen geltenden Vorschriften eine Dicke von 8,9 Mm. erheischen würden.

Wenn man nun bedenkt, dass in Deutschland das Platzen der Kessel sehr selten vorkommt, und dass die Art von Kesseln, um die es sich hier handelt, dort allgemein verbreitet ist, so müssen wir daraus die Folgerung ziehen, dass unsere gesetzlichen Verordnungen mit Unrecht dadurch, dass sie eine zu grosse Dicke vorschreiben, der Anwendung eines Dampferzeugers entgegenwirken, den die Theorie sowol wie die Erfahrung als gut bezeichnen.

Es wäre um so passender, eine Abänderung in diesen Vorschriften eintreten zu lassen, als es nur einer einfachen administrativen Verfügung bedürfte, um die Anwendung der Formel, welche die Dicke der äussern nicht geheizten Theile aus Eisenblech der Tubularkessel angibt, auf die in Rede stehenden Kessel zu gestatten. Die durch diese Formel bestimmte Dicke ist noch bedeutender als die durch die preussischen Reglements für die geheizten Theile vorgeschriebenen. Uebrigens ist zu bemerken, dass die Eisenblechstücke, die nur durch einen Flammenrückgang geheizt werden, ebenso stark bleiben als diejenigen, die gar nicht geheizt werden.

Dies ist besonders bei den äussern Wänden der Kessel mit innerm Herde der Fall, die nur sehr schwach erhitzt werden, weil im Herde eine grosse Wärmemenge absorbirt wird. Man kann mit voller Ueberzeugung versichern, dass die Temperatur dieser äussern Theile nie bis zur Grenze steigt, wo die Festigkeit des Eisens sich zu vermindern anfängt. Es geht in der That aus den Experimenten des Herrn William Fairbairn hervor, dass das Eisenblech, wenn es bis zu 400° Fahrenheit oder 200° des hundertgradigen Thermometers erhitzt wird, wenigstens noch ebenso viel Festigkeit besitzt, als bei der gewöhnlichen Temperatur.

Es ist mithin kein Grund vorhanden, die Kessel mit innerm Herde nicht in die Kategorie der Tubularkessel zu setzen. Hierdurch würde deren Gebrauch möglich gemacht, da man sie für einen hohen Druck stempeln könnte, während sie jetzt fast niemals für mehr als 3 Atmosphären gestempelt werden.

Ungeachtet der gewünschten Verminderung der Dicke blieben diese Kessel noch immer sehr schwer und sehr theuer; aber man muss hierbei auch die Vermeidung von verschiedenen Ausgaben, die bei der Aufstellung derselben wegfallen, mit in Anschlag bringen. So erheischen dieselben nur ein sehr einfaches Mauerwerk aus gewöhnlichen Backsteinen, das für den Kessel unserer Zeichnung kaum 500 Francs zu stehen käme, während das Mauerwerk eines Kessels von gleicher Stärke mit Siederöhren, welches sehr ausgedehnt ist und grösstentheils mit feuerbeständigen Backsteinen gebaut wird, 1500—2000 Francs kosten würde. Auch mag für den vordern Theil des Herdes noch ein Unterschied von 300—400 Francs stattfinden.

Ferner erfordert das Mauerwerk eines gewöhnlichen Herdes weit häufigere Reparaturen, denn nur höchst selten kommt anderswo eine Reparatur des Mauerwerks vor, als am Herde selbst oder in der unmittelbaren

Nähe desselben, während das Mauerwerk der Feuerkanäle nie reparirt zu werden braucht.

Die an den Kesseln vor auszusehenden Reparaturen sind bei dem hier in Rede stehenden Systeme im allgemeinen weit leichter, als bei einem andern Systeme von Herden. In der That können diese Reparaturen eben nur an den Herden selbst vorkommen, da die äussern Wände des Kessels nur sehr wenig von der Hitze zu leiden haben. Man könnte ohne Uebertreibung fast behaupten, dass ein Kessel mit innerm Herde, falls seine Herde erneuert worden sind, nach einem mehr als zwanzigjährigen Gebrauche fast noch so gut wie ein neuer ist. Die Herde aber sind der am wenigsten theuere Theil des Kessels. Ein Gleiches wäre sicherlich nicht der Fall bei einem Kessel mit Siederöhren oder mit Heizröhren, dessen Röhren erneuert worden wären.

Wir haben bereits gesagt, dass die Reinigung der nach neuerer Weise eingerichteten Kessel mit innerm Herde sehr leicht ist, da sowol über wie unter den Herden ein Mann in den Kessel steigen kann. Ein besonderer Umstand erleichtert die Reinigung, der nämlich, dass natürlich der kothige Niederschlag auf den Boden sinkt, der nur sehr schwach durch die Flammenrückgänge erhitzt wird. Dieser Niederschlag setzt sich nicht am Boden fest und man kann den grössern Theil desselben vermittelst des Entleerungshahns, den wir unter der vordern Oeffnung des Kessels angedeutet haben, entfernen.

Wir wollen nunmehr untersuchen, ob die Hauptdimensionen des Kessels unserer Zeichnung den Regeln entsprechen, die wir in Bezug auf Rost und Feuerkanäle aufgestellt haben.

Die Heizfläche, welche gleich der Summe der beiden Oberflächen der Röhren weniger dem unter dem Roste liegenden Theile derselben, vermehrt um die äussere Oberfläche des Kessels, ist, beträgt 75 Quadratmeter.

Der Querschnitt der Herde ist annähernd gleich der Hälfte des Querschnitts der Röhren und macht ungefähr 25 Qdm. für jeden Herd aus, für beide also 50 Qdm.

Der Querschnitt der ersten Feuerkanäle ist dem der Röhren gleich, beträgt also für jeden derselben 50 Qdm. und im ganzen 100 Qdm.

Der Querschnitt eines jeden der beiden Seitenkanäle ist ungefähr 90 Qdm. gross, ebenso der Querschnitt des zwischen beiden liegenden Durchgangs. Der zum Rauchfange führende Durchgang hat eine Weite von 75 Qdm.

Die Oberfläche des Rostes beträgt im ganzen $2 \times 0,800 \times 2,100 = 3,36$ Quadratmeter.

Diese Oberfläche beträgt also ungefähr den zwanzigsten Theil der Heizfläche, was bei grossen Kesseln ein passendes Verhältniss ist.

Der Durchschnitt der Feuerkanäle ist ebenfalls den gewöhnlichen praktischen Regeln zufolge genügend. Der Querschnitt des zum Rauchfange gehenden Kanals beträgt $\frac{1}{100}$ der Heizfläche, was genügt, während der Querschnitt der andern Kanäle grösser ist, aber doch nicht so gross, wie wir dies angerathen haben. In der That, um eine möglichst grosse Gleichmässigkeit der Geschwindigkeit des Rauchstroms in den verschiedenen Punkten des von demselben zu durchlaufenden Wegs zu erzielen, haben wir angerathen, dem Herde und dem daranliegenden Kanale einen $2\frac{1}{2}$ mal so grossen Querschnitt zu geben, wie dem Rauchfange oder dem in denselben einmündenden Kanale; während am Eingange des zweiten Kanals der Querschnitt 2 mal und am Eingange des dritten Kanals $1\frac{1}{2}$ mal so gross sein sollte als beim Eingange des Rauchfangs. Besonders beim Herde ist diese Regel in den Proportionen unserer Figur verletzt. Weit entfernt $2\frac{1}{2}$ mal so gross zu sein, also beim Eingange des Rauchfangs, beträgt der Querschnitt beider Herde zusammen nur $\frac{2}{3}$ des Querschnitts des Rauchfangs und die Hälfte des Querschnitts des ersten Ka-

nals. Dies gibt Anlass zu einer eigenthümlichen Erscheinung: anstatt dass die Flamme geradezu nach dem Ende der Röhren gerichtet wäre, windet sie sich spiralförmig, indem sie bis zum Ende derselben eine grössere oder geringere Anzahl von Windungen macht, je nach der Stärke des Luftzugs. Man erklärt sich diesen Umstand durch die Verschiedenheit der Geschwindigkeit, die plötzlich bei dem Gasstrome in dem Augenblicke eintritt, wo derselbe aus dem engern Raume des Herdes in einen doppelt so grossen Raum übergeht; es entsteht ein Wirbel, wie immer in ähnlichen Fällen. Uebrigens wirkt dieser Wirbel hier keineswegs in schädlicher Weise, sondern er ist vorthellhaft, indem er die Thätigkeit der Heizfläche der Röhren, die Länge des von den Gasen durchlaufenen Wegs und mithin die Nutzwirkung der Wärme vermehrt. Bei Herden mit gewöhnlichem Kessel fände dies aber nicht statt, wo solche Wirbel nur das Mauerwerk stärker heizen und dem Luftzuge hinderlich sein würden.

Man hat Kessel mit innerm Herde und mit Siederöhren gebaut, d. h. man hat zuweilen in den Röhren jenseit des Herdes Siederöhren angebracht, wie dies die Figuren 9 und 10 andeuten. Diese Einrichtung ist jedenfalls unnöthig, weil die Vergrösserung der Heizfläche, die dadurch erlangt zu werden scheint, auf Unkosten der Güte der Kesselwände stattfindet. Die Erfahrung zeigt, dass die Wirksamkeit dieser Wände bei den gewöhnlichen Kesseln mit innerm Herde nur schwach ist; sie muss natürlich noch schwächer werden, wenn man die Heizfläche der Röhren durch Hinzufügung einer innern Siederöhre vermehrt. Im allgemeinen darf man nur in dem Falle die indirecte Heizfläche eines Dampferzeugers zu vermehren suchen, wo der Gasstrom beim Eintritte in den Rauchfang noch zu viel Wärme enthalten würde, was bei den Kesseln mit innerm Herde sicher nicht stattfindet.

Ein Irrthum in entgegengesetztem Sinne hat die

Einrichtung von Kesseln veranlasst, die zugleich inwendig und auswendig geheizt werden. Hierdurch wird die directe Heizfläche zu bedeutend im Vergleich mit der indirecten und die Gase verlassen den Herd mit einer zu hohen Temperatur. Allerdings vermehrt man auf diese Weise die Dampferzeugung im Kessel; dies geschieht aber nur mittelst eines grössern Kohlenverbrauchs.

34. Kessel mit innerm Herde und innern Feuerkanälen.

Man hat die Heizfläche der Kessel mit innerm Herde durch Anbringung von innern Kanälen, durch welche die Flamme und der Rauch nach ihrem Austritte aus dem Herde circulirten, zu vermehren gesucht. Diese Einrichtung hat nicht mehr Werth, als die soeben besprochene, wenn man sie auf die Kessel der feststehenden Maschinen anwendet, bei denen man durch Seitenkanäle eine hinreichend grosse Heizfläche herstellen kann; sie ist aber an den Kesseln der Dampfmaschinen auf Schiffen von grossem Nutzen, und man hat hierfür eine grosse Mannichfaltigkeit von Formen erdacht, die aber in der Hauptsache alle darauf hinauskommen, dass zu dem innern Herde sich weithin ziehende Kanäle, die durch innerhalb des Kessels liegende Scheidewände gebildet werden, hinzutreten. Wir verweilen keinen einzigen Augenblick bei dieser Art von Kesseln, weil man dieselben fast gar nicht mehr anwendet und allgemein Tubularkessel braucht, von deren Einrichtung jetzt die Rede sein wird.

Tubularkessel. Wir haben bereits gesagt, dass dies Kessel mit innerm Herde und innern Feuerkanälen sind. In der That befindet sich der Herd innerhalb des Dampferzeugers und die Gase desselben durchziehen auf ihrem Wege zum Rauchfange ein System von Röhren, die ganz mit dem zu verdampfenden Wasser umgeben sind.

Es gibt allerdings auch eine entgegengesetzte Einrichtung, d. h. von aussen geheizte Röhren, in denen Wasser enthalten ist; aber diese Einrichtung ist ebenso selten, wie die der eigentlichen Tubularkessel häufig angetroffen wird. Wir werden deshalb nur von dieser letztern sprechen.

Der Kessel einer Locomotive ist der Typus der Tubularkessel, weshalb wir (Fig. 1, 2, Pl. 12) eine Zeichnung davon geben, obgleich solche Zeichnungen keineswegs selten sind. In diesem Dampferzeugungsapparate unterscheidet man drei Haupttheile, den Feuerkasten oder Herd, die Röhren und die Rauchkammern mit dem Rauchfange.

Der Feuerkasten der Locomotiven hat rechteckige Wände und ist von allen Seiten mit Wasser umgeben, mit Ausnahme des unter dem Roste befindlichen Raums und des Theils, wo sich die Thüre befindet. Diese Einrichtung wird durch die Bedingungen vorgeschrieben, denen genügt werden muss, entspricht aber keineswegs den Regeln einer guten und nützlichen Construction.

Da wir uns nun mit der Locomotive nur ganz accessorisch befassen, weil ein genaueres Studium derselben uns zu weit ableiten würde, so verweilen wir bei dieser Form der Kessel nur, um die Mängel derselben zu zeigen und zu untersuchen, welche Abänderungen damit vorgenommen werden müssen, wenn die zu erfüllenden Bedingungen es gestatten. Die ebene Form des Feuerkastens und des denselben bedeckenden Theils des Kessels würde diesen Theilen alle Widerstandsfähigkeit rauben, wenn man nicht den einen durch den andern verstärkte. Man hat deshalb den Feuerkasten und den Kessel gegenseitig durch starke Riegel, in grosser Anzahl miteinander verbunden. Diese müssen dem ungeheuern Drucke Widerstand leisten, der auf der obern Fläche des Feuerkastens lastet, den kein Gegendruck im Gleichgewicht hält und der bei gewissen Locomotiven bis 100000 K. betragen kann.

Es ist leicht ersichtlich, dass diese Einrichtung jede Reinigung der äussern Wände des Feuerbehälters unmöglich macht, wie auch des Theils der innern Wände, die dem Kessel entsprechen. Ein Gleiches ist in Bezug auf den Theil der Fall, wo sich die Röhren befinden, deren Durchmesser selten über 6 Centimeter beträgt, die in möglichst grosser Anzahl vorhanden sind und die man ebenso wenig äusserlich reinigen kann, ohne sie auseinander zu nehmen, als den Theil des Kessels, wo dieselben sich befinden. Der Luftzug, welcher, wie wir wissen, durch einen Dampfstrom beim Eintritt in den Rauchfang verstärkt wird, ist so heftig, dass die Luft, während sie die Röhren sehr schnell durchströmt, eine Menge feinen Staubes mit sich führt, der aus Ueberbleibseln der Verbrennung des Coaks besteht. Dieser Staub ritzt die Röhren und nutzt sie sehr ab, dass dieselben häufig erneuert werden müssen. Auch veranlassen die Ausdehnung und die Zusammenziehung der Röhren Risse und häufige Reparaturen. Der Luftzug kostet übrigens sehr viel, da man die zum Dampfstrom nöthige Kraft nur dadurch erhält, dass man im Cylinder einen Gegen-
druck schafft, der häufig ein Drittel des effectiven Drucks beträgt. Endlich ist der Raum, der über den Röhren und der Rauchkammer übrig bleibt, so klein, dass ganz und gar kein passendes Verhältniss zwischen der Dampfkammer und der Heizfläche besteht. Es ist deshalb auch nichts Seltenes, dass der Dampf einer Locomotive über die Hälfte seines Gewichts Wasser mit sich führt.

Wenn man diese so grossen Mängel erwägt, sollte man meinen, dass man auch nicht einen einzigen Augenblick daran hätte denken sollen, einen solchen Dampferzeugungsapparat in Fällen anzuwenden, wo dies nicht unvermeidlich war. Man hat mit Recht erkannt, dass gerade die Vielheit der Bedingungen, denen man genügen wollte, die Quelle der Uebelstände des Systems ist, und dass man letztere mehr oder weniger vollständig vermeiden könnte, wenn man erstern nicht unterworfen

wäre. In der That, sowie man beim Baue der Locomotive allen bis dahin befolgten Regeln zuwiderhandeln musste, weil man unter einem kleinen Volumen eine grosse Kraft erlangen wollte; ebenso hat man auch darauf verzichten müssen, die für die Einrichtung der Kessel aufgestellten Regeln zu befolgen, weil mit einem relativ sehr kleinen Dampfzeuger eine sehr bedeutende Dampfmasse erzeugt werden muss. Man hat hier vor allem die Grösse und die Thätigkeit der Heizfläche übermässig gross machen müssen.

Uebrigens sind die Kessel der Locomotive, ungeachtet der unvortheilhaften Umstände, in denen sie sich befinden, keineswegs schlechte Kessel. Man würde dieselben auch in ökonomischer Beziehung für besonders vortheilhaft halten, wenn man ohne vorherige Berichtigung die Resultate der über die Dampfproduction derselben angestellten Untersuchungen annehmen könnte.

Herr Chaudré hat durch verschiedene Experimente, die er 1854 mit zwei Locomotiven der französischen Ostbahn anstellte, die mittlere Dampfproduction gleich 27,65 K. per Quadratmeter Heizfläche und per Stunde gefunden und gleich 8,24 K. per Kilogramm Coaks, was 10,30 K. Dampf per Kilogramm Kohlen ausmacht. Ein anderes Experiment des Herrn Chaudré ist dadurch interessant, dass es zeigt, wie sehr ein forcirter Gang auf den Verbrauch an Brennmaterial einwirkt. Bei einer um die Hälfte grössern Geschwindigkeit des Wagenzugs war die Dampfproduction auf 46,7 K. per Quadratmeter und per Stunde gestiegen und der Verbrauch an Coaks war auf 6,05 K. Coaks gesunken, was 7,57 K. Dampf per Kilogramm Kohlen, mithin $\frac{1}{4}$ weniger ausmacht wie bei einem normalen Gange.

Diese letztere Zahl wäre sehr befriedigend und die erstern kämen dem Maximum der möglichen Production sehr nahe, wenn nicht eine bedeutende Berichtigung vorgenommen werden müsste.

Wir haben bereits gesagt, dass das Quantum des

vom Dampfe mitgeführten Wassers bei den Kesseln der Locomotive im allgemeinen ein Drittel des Dampfgewichts beträgt. Dies Wasserquantum hat höchstens ein Viertel so viel Wärme eingeschluckt, wie eine gleiche Gewichtsmasse Dampf, sodass das durch die Pumpe gelieferte Wasser $\frac{2}{3}$ seines Gewichts in Dampf verwandelt hat, während $\frac{1}{3}$ als warmes Wasser entführt worden, was so viel Wärme wie $\frac{1}{12}$ Dampf entzogen hat, also im ganzen $\frac{9}{12}$ oder $\frac{3}{4}$ Dampf. Man darf mithin, um das Quantum des erzeugten Dampfes zu bestimmen, nur $\frac{3}{4}$ des verbrauchten Wassers in Anschlag bringen. Die Dampfproduction per Kilogramm Coaks ist mithin der oben per Kilogramm Kohlen angegebenen gleich und der mittlere Werth derselben beträgt 8,24 K. bei einer normalen Geschwindigkeit, und 6,05 K. bei einer forcirten.

Diese Resultate sind noch immerhin sehr befriedigend und machen es sehr begreiflich, dass man gesucht hat, bei feststehenden Maschinen eine Art von Kesseln anzuwenden, die unter ungünstigen Umständen solche Resultate liefern.

Da die Nothwendigkeit der Erfüllung der lästigen Bedingungen der Locomotive hier wegfiel, so kam man auf die einfachste Form, die der cylindrischen Kessel, zurück. Mit Ausnahme der Kessel der Dampfschiffe, die von verschiedenen Bedingungen abhängig sind, bestehen die Tubularkessel gewöhnlich aus einem Cylinder, in dem sich ein ebenfalls cylinderförmiger Herd oder mehrere solcher Herde befinden, wie auch eine Anzahl von Röhren mit einem Durchmesser von 0,05 bis zu 0,10 Mm., die entweder als Fortsetzung des Herdes nach dem hintern Theile des Kessels hin liegen, wie bei den Locomotiven, oder nach vornhin gehen, wie bei mehreren Kesseln von Dampfschiffen.

Die Figuren 3 und 4, Pl. 12, stellen einen kleinen Tubularkessel mit 8 Qm. Heizfläche vor, der eine Maschine von 5—6 Pferdekraften speisen kann.

Die Figuren 9, 10 und 11, Pl. 12, stellen eine Ma-

schine von 12 Pferdekraften vor, mit nach dem vordern Theile des Kessels zurücklaufenden Röhren, die so eingerichtet ist, dass man den Kessel und die Röhren herausnehmen kann, wenn man einen dieser Theile reinigen oder repariren will. Dieser Kessel ist von Herrn Pérignon verfertigt und gehört zu dem Locomobilsysteme der Herren Laurentz und Pérignon.

Die bei dem Bau dieser Art von Kesseln anzuwendenden Regeln sind dieselben, die wir für Kessel mit innerm Herde und mit innern Kanälen angegeben haben. Der Querschnitt muss in jedem Punkte der Kanäle wenigstens die durch die Regel von Darcet vorgeschriebene Grösse haben, namentlich einen Quadratdecimeter per Kilogramm Kohlen und per Stunde, was einen Quadratdecimeter per Quadratmeter der Heizfläche beträgt, wie wir bereits früher angedeutet.

Aus der hierauf bezüglichen Berechnung ¹⁾ geht her-

1) Man kann zwischen der Heizfläche und der Anzahl und den Dimensionen der Röhren eines Tubularkessels, mit cylinderförmigen Herden, ähnliche Relationen feststellen, wie die, welche von uns für cylindrische Kessel mit innerm Herde gefunden worden sind.

Wir bezeichnen auch hier mit S die Heizfläche und mit s einen Querschnitt in irgendeinem Punkte der Feuerkanäle. Damit nun der Luftzug hinlänglich sei, muss zwischen diesen beiden Flächenwerthen ein gewisses Verhältniss a bestehen, sodass eine der zu erfüllenden Bedingungen durch

$$s = \frac{S}{a} \quad (1)$$

ausgedrückt wird.

Wir bezeichnen nun mit D den Durchmesser der Röhren, welche die Herde enthalten, mit N ihre Anzahl, mit L die Länge des Rostes, L' die Länge des über den Rost hinausreichenden Theils, und, wie früher, bezüglich mit d, n, l den Durchmesser, die Anzahl und die Länge der kleinen Röhren.

Da die Heizfläche aus der Hälfte der Oberfläche der Herde und aus der ganzen Oberfläche der Röhren besteht, so hat man

$$S = \frac{N \pi D L}{2} + N \pi D L' + n \pi d l. \quad (2)$$

vor, dass man dieser Bedingung nur dann genügen kann, wenn die Länge der Röhren nicht grösser als 25 mal

Bezeichnet S einen Querschnitt der Herde, S_2 einen Querschnitt jenseit des Rostes und S_3 einen Querschnitt der Röhren, so ist:

$$S_1 = \frac{N \pi D^2}{8} \quad (3)$$

$$S_2 = \frac{N \pi D^2}{4} \quad (4)$$

$$S_3 = \frac{n \pi d^2}{4} \quad (5)$$

Das Verhältniss $S_1 = \frac{1}{2} S_2$ zeigt, dass die Herde nicht zu gleich mit den andern Theilen des Kessels der Bedingung $s = \frac{S}{a}$ genügen können. Diese Herde sind immer zu klein, wie wir bereits bei Gelegenheit der Kessel mit innerm Herde gesagt haben. Damit jenseit der Herde der Querschnitt hinreichend sei, muss man haben:

$$\frac{n \pi d^2}{4} = \frac{1}{a} \left(\frac{N \pi D L}{2} + N \pi D L' + n \pi d l \right) \quad (6)$$

und
$$\frac{N \pi D^2}{4} = \text{oder} < \frac{n \pi d^2}{4}; \quad (7)$$

mithin ist $N D^2 = < n d^2$ (7) der Ausdruck einer zu erfüllenden Bedingung.

Man kann die Gleichung (6) unter folgende Form bringen:

$$a n d^2 = 2 N D L + 4 N \pi D L' + 4 n d l. \quad (8)$$

Hieraus erhalten wir

$$n = \frac{2 N D (L + 2 L')}{d (a d - 4 l)}. \quad (9)$$

Da nun n nicht negativ sein kann, so sieht man, dass die Relation (1) nur in dem Falle möglich ist, wo

$$a d < 4 l, \quad (10)$$

was eine zweite Bedingung ausdrückt.

Die Gleichung (9) ist eine dritte Bedingungsgleichung, durch welche man die unbekannten Grössen in Function der Werthe der bekannten bestimmen kann.

Zur Fundamentalbedingung, die durch die Gleichung (1) ausgedrückt wird, kann man noch andere Bedingungen hinzufügen, wie z. B. dass die Grösse der Oberfläche des Rostes und die der

der Durchmesser derselben ist. Um ein passendes Verhältniss zwischen der directen Heizfläche der Herde und

Heizfläche, wie auch die Heizfläche der Röhren und des Herdes in einem bestimmten Verhältnisse zueinander stehen sollen. Die Erfahrung hat erkennen lassen, dass die Heizfläche der Röhren nicht grösser als das Zehnfache der Heizfläche des Herdes sein darf. Wir wollen allgemein annehmen, dass

$$n \pi d l = \text{oder} < b S_1 \quad (11)$$

sein muss, indem wir mit S_1 die ganze Heizfläche mit Ausnahme derjenigen der Röhren bezeichnen.

Die Gleichung (6) gibt:

$$S_1 + n \pi d l = \frac{a n \pi d^2}{4} \quad (12)$$

oder
$$S_1 = n \pi d \left(\frac{a d}{4} - l \right).$$

Aus (11) erhält man

$$\frac{l}{b} = \text{oder} < \frac{a d}{4} - l$$

oder
$$l = \text{oder} < \frac{a}{4 \left(1 + \frac{1}{b} \right)} d. \quad (13)$$

Setzen wir, wie in der vorhergehenden Note, $a = 100$ und überdies $b = 10$, so erhalten wir

$$l = \text{oder} < 25, d$$

und die Relation (12): $l = \text{oder} < 22,73 d.$

Die Herstellung eines guten Luftzugs erheischt also, dass die Länge der Röhren nicht das Fünfundzwanzigfache ihres Durchmessers übersteige, und damit die directe und die indirecte Heizfläche in einem guten Verhältnisse zueinander stehen, darf man selbst nicht über das Verhältniss 22,73 hinausgehen.

Wenn wir die Bedingung hinzufügen, dass die Oberfläche des Rostes gleich $\frac{1}{c}$ der Oberfläche der Heizfläche sein soll, so hat man allgemein:

$$N L D = \frac{1}{c} \left[\frac{n \pi}{2} (L + 2 L') + n \pi d l \right] \quad (14)$$

oder wegen der Gleichung (6)

der Oberfläche der Röhren zu erhalten, ist es selbst rathsam, den Röhren nur eine Länge zu geben, die 22—23 mal so gross wie der Durchmesser derselben ist.

Man bestimmt zunächst den Durchmesser der Röhren, den man gewöhnlich zwischen 0,05 und 0,100 M. wählt; dann dividirt man die Grösse der Heizfläche, die man haben will, durch das Hundertfache der Oberfläche

$$N L D = \frac{a}{C} \cdot \frac{n \pi d^2}{4}, \quad (15)$$

mithin
$$L = \frac{a}{c} \cdot \frac{n}{N} \cdot \frac{\pi d^2}{4 D}. \quad (16)$$

Nehmen wir in (13) die Gleichung $4 l = \frac{b a d}{b + 1}$ und substituieren in (9), so finden wir, wegen (16):

$$L^1 = \frac{a n}{4 N} \cdot \frac{d^2}{D} \left(\frac{1}{b + 1} - \frac{\pi}{2 c} \right). \quad (17)$$

Setzen wir, wie früher, $a = 100$, $b = 10$, $c = 20$, so bekommen wir:

- 1) Die Maximallänge der Röhren:

$$l = 22,75 d; \quad (a)$$

- 2) die Minimallänge des Rostes:

$$L = 3,925 \frac{n}{N} \cdot \frac{d^2}{D}; \quad (b)$$

- 3) die Minimalgesamtlänge der Röhren, die die Herde enthalten, die Länge des Rostes mit inbegriffen:

$$L + L_1 = 4,238 \cdot \frac{n}{N} \cdot \frac{d^2}{D}; \quad (c)$$

- 4) die Minimalanzahl der kleinen Röhren:

$$n = \frac{S}{100 \cdot \frac{\pi d^2}{4}}. \quad (d)$$

S ist die Gesamtheizfläche. Wenn man die Anzahl und den Durchmesser der kleinen Röhren kennt, kann man den Durchmesser der Herde, deren Anzahl von der Grösse des Kessels abhängt, wie bei den Kesseln mit innerm Herde bestimmen. Diese Bestimmung ist eine einfache geometrische Operation, deren Resultat sich ändert, je nachdem die Röhren in Rautenform oder in Quadratform in verticalen Linien angebracht werden.

des Kreises, der dem Durchmesser entspricht und findet so das Minimum der Röhren, unter welches herabzugehen man soviel wie möglich vermeiden muss.

Hierauf sucht man die Grösse, die den Durchmessern der Röhren der Herde gegeben werden muss, damit der hintere Theil derselben die kleinen Röhren so aufnehmen kann, dass dieselben hinreichende Zwischenräume untereinander haben. Dieser Durchmesser wird verschieden sein, je nachdem man die Röhren in Rautenform oder in Form von Quadraten anbringen will, die durch horizontale und verticale Linien gebildet werden.

Andererseits, wenn man die Länge der Röhren gleich 22 mal dem Durchmesser nimmt, kann man, da die Anzahl derselben bekannt ist, ihre Gesammtheizfläche berechnen; man zieht diese von der nöthigen Fläche ab und findet dann die Länge, die man den Röhren der Herde geben muss, damit die Oberfläche dieser Röhren den Rest der nöthigen Heizfläche ausmache.

Für den Kessel der Figuren 3 und 4 hat man den Durchmesser der Röhren gleich 0,05 M. genommen. Da man eine Heizfläche von 7—8 M. zu haben wünschte, so war für den Durchzug des Rauchs durch die Röhren ein Querschnitt von 7 Quadratdecimetern erforderlich, mithin waren wenigstens 35 Röhren nöthig, da der Querschnitt einer jeden Röhre ungefähr 0,200 Qdm. gross war. Indem man der Röhre des einzigen Herdes einen Durchmesser von 0,520 M. gibt, kann man 37 Röhren sowol in Rautenform wie auch in Quadratform anbringen. Wir gaben einer jeden Röhre eine Länge von 1,100 M., d. h. von 20 mal dem Durchmesser, was uns für die Heizfläche $37 \times 1,100 \times \text{Kreisumfang} = 6,40 \text{ Qm.}$ gibt. Es blieb nur noch eine Heizfläche von 0,60 Qm. vermittelst des Herdes herzustellen. Damit nun der Rost wenigstens $\frac{1}{20}$ der Heizfläche betrug, musste dessen Länge wenigstens $\frac{8}{20 \times 0,520} = 0,770 \text{ M.}$ betragen. Für

diese Länge wird die Oberfläche des Kessels unmittelbar über dem Roste gleich $0,770 \times \frac{\text{Kreisumfang } 0,520}{2} = 0,63 \text{ Qm.}$

Addiren wir hierzu $0,30 \times \text{Kreisumfang } 0,520 \text{ M.} = 0,49 \text{ Qm.}$, so finden wir eine Totalfläche von 7,52 Qm.

Der Kessel, dessen Dimensionen so festgestellt worden sind, befindet sich ganz in denselben Bedingungen in Betreff des Luftzugs, wie die gewöhnlichen Kessel. Andererseits sind die Proportionen der Dampfkammer dieselben wie bei Kesseln mit innerm Herde, da der äussere Durchmesser ganz derselbe sein muss, als wenn der Kessel nur mit innerm Herde ohne Röhren gebaut wäre, wie der Kessel der Figuren 4, 5 und 6, Pl. 12, dem wir dieselben Durchmesser der Herde gegeben haben, wie unserm Tubularkessel, aber eine Länge von 2,670 M. anstatt 2,170, weil diese Länge nöthig war, um dieselbe Heizfläche von 7,50 Qm. zu erlangen.

Wenn wir diese beiden Kessel von gleicher Stärke miteinander vergleichen, so finden wir, dass der Tubularkessel folgende Vortheile darbietet:

1) Bedarf der Tubularkessel gar keines Mauerwerks und es wird mithin gar keine Wärme durch dieses verschluckt.

2) Die Vertheilung der Heizfläche ist eine bessere, woraus eine Kohlenersparniss hervorgeht, wie die Erfahrung zeigt, auch gleich anfänglich eine schnellere Erzeugung von Dampf, was ebenfalls zu einer Ersparniss an Brennmaterial führt und zugleich zu einer Zeitersparniss.

3) Leichter Transport von einem Punkte zu einem andern.

Diesen Vortheilen haben wir den Uebelstand der Schwierigkeit der Reinigung gegenüberzustellen, wie auch die Nothwendigkeit häufiger Reparaturen; denn es kann geschehen, dass die kleinen Röhren schon nach kurzer Zeit unbrauchbar werden, besonders wenn das Speisewasser starke Krusten absetzt und man den

Kessel nicht häufig von diesen reinigt. Es ist zu bemerken, dass die Quadratform der Röhren es möglich macht dieselben mehr oder weniger vollkommen zu reinigen, indem man mit einem Kratzeisen dazwischen durchfährt, während die Rautenform eine solche Reinigung unmöglich macht. Diese letztere Form darf deshalb nur dann gewählt werden, wenn sie es möglich macht, einige Röhren mehr anzubringen und man dieser durchaus bedarf.

Die Anschaffung und die Einrichtung beider Kessel sind nur sehr wenig voneinander verschieden. In der That muss man nach den gesetzlichen Vorschriften den Eisenblechplatten des Kessels mit innerm Herde ohne Röhren eine Dicke von 9,5 Mm. geben, während bei dem Tubularkessel die Dicke nur 7,5 Mm. beträgt. Bei beiden Kesseln müssen wir die Platten des Herdes 8 Mm. dick machen, welche Dicke bedeutender als die vorgeschriebene ist, die nur 6,75 Mm. beträgt. Die kleinen Röhren sind von Eisen und 4 Mm. dick. Nach diesen Angaben findet man, dass der Kessel mit innerm Herde 1200 K. und der Tubularkessel mit dem Rauchbehälter 1000 K. wiegen muss. Ungeachtet des Gewichtsunterschiedes ist der letztere Kessel theurer als der erstere, weil die Construction desselben schwieriger ist; der Unterschied ist aber so klein, dass er durch die Ausgabe für das Mauerwerk, die beim ersten Kessel nöthig ist, aufgewogen wird.

Man muss mithin die Tubularkessel dem einfachen Kessel mit innerm Herde vorziehen, also auch allen andern Arten von Kesseln, aber nur wenn das Wasser keine starken Krusten absetzt; da die Schwierigkeit des Reinnachens der einzige ernstliche Uebelstand ist, den diese Art von Kesseln darbietet.

Da alles, was wir bisjetzt gesagt haben, sich gleichmässig auch auf die beiden andern Arten von Tubularkesseln unserer Zeichnung bezieht, so bleibt uns nur

noch übrig, die Vortheile auseinanderzusetzen, die ihnen besonders eigenthümlich sind.

Der Kessel der Figuren 8, 9, 10 und 11 gehört zu dem Typus von Kesseln mit Flammenrückgängen, die gewöhnlich bei Dampfschiffen angewendet werden. Diese Einrichtung der Röhren der Rückgänge erlaubt es, denselben eine grössere Länge zu geben, ohne die Länge des Kessels selbst gar zu gross zu machen; auch erlaubt dieselbe den Raum für den Dampferzeuger besser zu benutzen, was bei Schiffen von Wichtigkeit ist. In der That ist leicht ersichtlich, dass wir die Röhren des Kessels der Figuren 3 und 4 um den Herd herum hätten anbringen und diesen Kessel um die ganze Länge des Raums, den die Röhren einnehmen, hätten kürzer machen können, wenn wir nur einen zweiten Rauchbehälter am vordern Theile des Kessels angebracht hätten.

Allerdings ist dieser Vortheil nicht so gross, wie man sich wol einbilden möchte. In der That haben wir gesehen, dass das Verhältniss zwischen der Länge und dem Durchmesser der Röhren nicht über einen durch die Erfahrung und durch Berechnung ermittelten Werth hinausgehen darf, der gleich 25 ist. Wenn die Länge grösser als das Fünfundzwanzigfache des Durchmessers ist, so wirkt dies nachtheilig auf den Luftzug ein, wenn man nicht zugleich die Heizfläche kleiner macht. Wir haben die Zahl 25 festgestellt, indem wir auf eine Dampfproduction von 20 K. per Quadratmeter Heizfläche und auf einen Querschnitt von wenigstens 1 Quadratdecimeter per $3\frac{1}{3}$ K. Kohlen per Stunde für alle Rauchgänge rechneten, was 1 Qdm. per Quadratmeter Heizfläche ausmacht, unter der Voraussetzung, dass jedes Kilogramm Kohlen 6 K. Dampf erzeugt. Nun ist evident, dass wenn man der Heizfläche eine solche Grösse gibt, dass man sich mit der Erzeugung von 10 K. Dampf per Quadratmeter begnügen kann, 1 Qdm. per 2 Qm. Heizfläche für den Querschnitt hinreichen kann, und wir finden dann nach

angestellter Berechnung, dass die Länge der Röhren bis 50 mal so gross wie der Durchmesser genommen werden darf. Im allgemeinen muss der Maximalwerth des Verhältnisses der Länge der Röhren zu ihrem Durchmesser gleich 500 getheilt durch die Anzahl der Kilogramme Dampf, die man per Quadratmeter Heizfläche verlangt, genommen werden.

Umgekehrt kann man darauf rechnen, dass bei einem regelmässigen Gange und ohne eine aussergewöhnliche Wirksamkeit des Herdes die normale Dampferzeugung nicht die Zahl von 500 K. getheilt durch das Verhältniss der Länge zum Durchmesser der Röhren, übersteigt. Man würde mithin ohne wirklichen Nutzen die Länge der Röhren vermehren und den Durchmesser unverändert lassen, wenn man nicht seine Zuflucht zu einem forcirten Luftzuge nimmt, was selten ökonomisch ist, oder die Heizfläche sehr gross macht.

Auch ist zu bemerken, dass wenn man die Länge des Kessels verringert, auch die Dampfkammer kleiner wird, die bei den Tubularkesseln schon fast zu klein ist.

Ich bin mithin der Ansicht, dass, wenn nicht die Räumlichkeiten dazu zwingen, wie auf den Dampfschiffen, kein hinreichender Grund dazu vorhanden ist, die Röhren nach vornhin zu legen, anstatt sie hinter dem Herde anzubringen.

Der Erfinder des Kessels der Figuren 8—11 hatte jedoch einen gewichtigen Grund die Röhren nach vornhin zu setzen; er wollte nämlich aus dem Herde und den Röhren ein einziges Ganzes machen, welches man zusammen in einem Stücke aus dem Kessel herausziehen kann, wenn die vollständige Reinigung des Apparats oder vorzunehmende Reparaturen dies nöthig machen.

Zu diesem Zwecke ist der Herd auf einer Seite an eine Eisenblechplatte AB festgenietet, auf der andern an eine vollkommen geschlossene Rauchkammer, von welcher einige Röhren ausgehen, die auf der Seite des Herdes angebracht und mit ihrem andern Ende auf der

Eisenplatte AB befestigt sind. Auf dem Umfange dieser Platte sitzt auf der einen Seite wie ein Hut der Kessel, auf der andern die vordere Rauchkammer, über dem sich der Rauchfang befindet. Da diese drei verschiedenen Theile durch Bolzen miteinander verbunden sind, so kann man dieselben leicht voneinander trennen, um so mehr als die Schraubenmuttern dieser Bolzen sich ausserhalb befinden und der Einwirkung der Hitze ganz und gar nicht ausgesetzt sind. Wenn man nun z. B. den Kessel reinigen will, so braucht man nur die Bolzen e loszuschrauben, durch welche der Kessel mit dem Herde verbunden wird, und diesen zugleich mit der Rauchkammer herauszunehmen. Man kann dann ohne Schwierigkeit das Aeussere des Herdes und der Röhren wie auch das Innere des Kessels reinigen.

Wir müssen hier bemerklich machen, dass diese sinnreiche Einrichtung der Anbringung von guten Proportionen zwischen den verschiedenen Theilen des Kessels hinderlich ist. Der Herd wird nothwendigerweise sehr eng und der Querschnitt der Röhren kann nicht wohl für den Durchgang der Gase des Herdes hinreichend gross sein. So finden wir, dass beim Kessel unserer Figuren die Heizfläche = 12 Qm. und der Totalquerschnitt der Röhren = 6 Qdm. ist. Der Querschnitt der Röhren ist also nur gleich $\frac{1}{200}$ der Heizfläche, während das für dies Verhältniss festgestellte Minimum $\frac{1}{100}$ beträgt.

Dieser von Herrn Piedboeuf gebaute Kessel bietet indessen weit bessere Proportionen dar wie der in dem Portefolio der Maschinen des Herrn Oppermann beschriebene (Theil III), der zu der Locomobile der Herren Thomas, Laurentz und Pérignon gehört. Dieser letztere Kessel ist für eine Maschine von 7 Pferdekräften gebaut, hat eine Heizfläche von ungefähr 8 Quadratmetern, enthält nur 10 Röhren, deren innerer Durchmesser 0,065 M. beträgt und die mithin einen Gesamtquerschnitt von 3,3 Qdm., also $\frac{1}{240}$ der Heizfläche haben.

Bei dieser Einrichtung kann der Apparat nur mit Hülfe eines sehr energischen Luftzugs wirksam sein, wie z. B. dem durch den austretenden Dampf einer Maschine veranlassten, was hier der Fall ist. Dann kann ein solcher Kessel, wie die Erfahrung bewiesen hat, gute Resultate liefern. Uebrigens erlauben die Grenzen, innerhalb deren der Durchmesser des Herdes bleiben muss, nicht, dies System auf grosse Maschinen anzuwenden.

Es ist schon schwer, demselben selbst mit Hülfe eines starken Luftzugs hinreichende Proportionen zu geben, wenn die Maschine 20—25 Pferdekräfte stark sein soll. Man kann dieses System also nur für kleine Maschinen empfehlen, besonders für den Fall, wo das Speisewasser starke Krusten bildet und man doch gezwungen ist, Tubularkessel anzuwenden, z. B. bei Locomobilen oder bei solchen Maschinen, die nur vorübergehend aufgestellt werden.

Es bleibt uns noch übrig, von dem Kessel des Herrn Fairbairn zu sprechen, der, meiner Ueberzeugung nach, als die vollkommenste Combination der besten Einrichtungen zu wohlfeiler Dampfzeugung betrachtet werden kann. Dieser Kessel wurde ursprünglich für Locomotiven construirt, und die Hauptaufgabe, die Herr Fairbairn lösen wollte, war die Rauchverzehrung bei diesen Maschinen und die Möglichkeit der Anwendung von Kohlen bei der Feuerung derselben. Er verwendete zu diesem Zwecke die Tubularkessel mit doppeltem Herde, die, wie wir bereits gesagt, von allen rauchverzehrenden Herden, wenn nicht die vollkommensten, doch die beständigsten Resultate liefern.

Der Kessel der Figuren 5, 6 und 7, Pl. 12, gehört zu einer feststehenden Maschine. Ich verdanke die Zeichnung desselben der grossen Gefälligkeit des Erbauers, des Herrn Piedboeuf, der mir auch die Zeichnung des Kessels mit innerm Herde der Tafel 11 mitgetheilt hat. Man kann übrigens in der allgemeinen Einrichtung dieser beiden Kessel eine grosse Analogie erkennen und

bei beiden ist die Einrichtung so einfach, wie es bei dieser Art von Kesseln nur irgend möglich ist. Man hat nach Möglichkeit die Anwendung von innern Armaturen vermieden und nur die Boden sind verstärkt.

Die Herde dieses Tubularkessels sind ebenfalls kreisförmig und die Eisenblechstücke, aus denen die Wände desselben bestehen, sind senkrecht aufwärts gebogen, da wo sich die Linien der Nietnägeln befinden. Diese mit denen eines Kessels mit innerm Herde identischen Herde stehen beide mit einer Verbrennungskammer C in Verbindung, von deren Boden die Röhren ausgehen.

Die Producte der Verbrennung der beiden Herde vermischen sich in dieser Kammer miteinander und verbrennen einander gegenseitig, wenn man dafür sorgt, dass nicht gleichzeitig auf beide Herde frisch aufgelegt werde.

Die erwähnte Brennkammer ist von elliptischer Form. Sie wird gegen den Druck des Dampfes einerseits durch ihren senkrecht emporstehenden vordern Rand geschützt, andererseits durch die in gleicher Weise gebogenen Ränder der Platte, welche die Röhren aufnimmt. Drei Rippen, die in der Richtung der Länge dieser Kammer liegen, vervollständigen die Verstärkung derselben. Die Röhren dieser Kessel haben insgemein einen Durchmesser von 0,070 M. In dem Kessel der Figuren 5, 6 und 7, Pl. 12, beträgt die Zahl der Röhren 151 und deren Länge 3,3 M., also 50 mal den Durchmesser. Es muss hier bemerkt werden, dass, während die Heizfläche des Kessels ungefähr 120 Quadratmeter beträgt, die Maschine nur auf 60 Pferdekraften berechnet ist und dass nur für diese Stärke der Querschnitt der Röhren den Gasen einen hinreichenden Raum zum Durchzuge darbietet.

Der Totalquerschnitt beträgt in der That $151 \times 3,14 \left(\frac{0,70}{2}\right) = 58$ Qdm., also fast einen Quadratdecimeter per Pferdekraft, was im allgemeinen hinreichend ist. Die Oberfläche des Rostes beträgt $2 \times 0,864 \times 2,300 =$

345 Qdm., also fast 6 Qdm. per Pferdekraft, was ebenfalls der von uns festgestellten Proportion entspricht.

Der Kessel ist mithin wohl proportionirt, wenn man denselben nur bei einer Maschine von 60 Pferdekraften verwendet. Er könnte ohne Zweifel noch mehr liefern, aber dann müsste der Gang der Feuerung forcirt werden und man könnte nicht mehr auf so vortheilhafte Resultate in Bezug auf Oekonomie rechnen, wie bei einem normalen Gange.

Man kann behaupten, dass keine Art von Dampferzeugungsapparat, in Bezug auf Oekonomie an Brennmaterial, so merkwürdige und so beständige Resultate liefert, wie der Tubularkessel, mit dem wir uns jetzt beschäftigen. Nur in Ausnahmefällen hat ein Fairbairn'scher Kessel bei genügenden Dimensionen weniger wie 8 K. Dampf per Kilogramm Kohlen erzeugt, mithin 33% mehr als die gewöhnlichen guten Kessel, die 6 K. liefern.

Wie vortheilhaft aber diese Art von Kesseln ist, wenn die Proportionen gut gewählt sind, ebenso grosse Uebelstände bieten sie dar, wenn man beim Bau derselben irgendeine der von uns als wichtig bezeichneten Regeln verletzt hat.

So z. B. würde ein zu kleiner Querschnitt der Röhren die Wirksamkeit des Kessels hemmen, und es hat sich mehrfach ereignet, dass man infolge dieses einzigen Uebelstandes einen Kessel für unbrauchbar angesehen hat.

Wir empfehlen diese Art von Kesseln vor allen andern, besonders bei Maschinen von 30—60 Pferdekraften, den Fall ausgenommen, wo das Wasser starke Krusten absetzt. Denn in diesem Falle bietet die Reinigung der Kessel grosse Schwierigkeiten dar. Wenn das Wasser nicht übermässig Krusten erzeugt, kann man die Röhren reinigen, wenn man den Kessel häufig leert, und wenn der Kessel leer ist, ein kleines Holzfeuer in die Herde macht. Die Krusten bröckeln sich ab, wenn sie warm werden und fallen auf den Boden des Kessels,

von wo man sie durch die vorn am Herde angebrachte Oeffnung entfernt, durch die man zu allen Theilen des Bodens gelangen kann. Ohne weitere Mühe zu verlangen, als diese leichte Reinigung, können diese Kessel lange verwendet werden. Der Kessel unserer Figuren ist seit fast vier Jahren in einer Zuckerraffinerie zu Köln im Gange, ohne dass irgendeine Reparatur nöthig gewesen wäre. Die erzielten Resultate sind dermassen befriedigend, dass dasselbe Etablissement nach und nach fünf ähnliche Kessel bestellt hat.

Wir hätten noch von den verticalen Tubularkesseln zu sprechen; aber wir halten es für unnöthig, uns bei der Beschreibung der verschiedenerlei Formen aufzuhalten, die man für Kessel dieser Art erdacht hat, weil alle weit hinter den horizontalen Kesseln zurückstehen. Die verticalen Kessel bieten keinen andern Vorthail dar, als den, in horizontaler Richtung weniger Raum einzunehmen. Dieser Vorthail wird aber durch die Uebelstände eines complicirtern Baues, der die Reinigung und die Reparaturen sehr erschwert und für die Heizfläche eine wenig passende Lage nöthig macht, mehr als aufgewogen. Man weiss, dass die verticalen Flächen als Heizflächen hinter den horizontalen sehr zurückstehen. Bei den verticalen Kesseln ist aber die Platte, auf der die Röhren stehen, die einzige horizontale Heizfläche und es wäre besser, wenn sie es nicht wäre; denn gerade auf dieser Platte setzen sich zwischen den Röhren Krusten fest, die um so gefährlicher sind, weil die Platte direct dem Feuer ausgesetzt ist. Wenn man nun nicht sehr häufig die Platte und das untere Ende der Röhren rein macht, so verderben sie leicht. Ein Gleiches ist bei dem obern Ende der Röhren der Fall, das sich im Dampfe und nicht im Wasser befindet, und mithin nicht hinreichend gegen die Wirkung der Hitze geschützt ist. Man hat häufig aus diesem Grunde die Anwendung der verticalen Tubularkessel verboten. Gewisse Einrichtungen vermeiden aber den bezeichneten Fehler, wobei die Röhren sich ganz

im Wasser befinden und die Wände des Rauchfangs in der Mitte eines ringförmigen Dampfbehälters ¹⁾ isolirt stehen; aber diese Einrichtungen führen zur Verkleinerung des Dampfbehälters, der bei dieser Art von Kesseln ohnehin immer sehr klein ist.

Die verticalen Kessel können nur für besondere Fälle anempfohlen werden, z. B. für gewisse Formen von Locomobilen, oder für kleine feststehende Maschinen, die nur einen kleinen Raum einnehmen dürfen.

35. Neue Systeme von Dampfzeugern.

Wir haben bereits gesagt (§. 28), dass, nachdem wir uns mit den Dampfzeugern, die im Gebrauche sind, beschäftigt haben würden, wir auch einiger andern Systeme, deren Bau sehr verschieden von dem der erstern ist, erwähnen würden. Wir müssen wenigstens die Haupt-einrichtungen derselben kennen lernen, wäre es auch nur um zu wissen, was für die Zukunft von ähnlichen Einrichtungen zu hoffen ist. Wir haben bereits der Dampfzeuger der Herren Belleville, Boutigny und Testud gedacht. Der Apparat des Herrn Belleville besteht aus einer schlangenförmigen Röhre, die vertical über einem Herde steht, und in welche eine Pumpe beständig das in Dampf verwandelte Wasser ersetzt. Ein in passender Weise belastetes Ventil regulirt die Speisung in der Weise, dass das Quantum des zugeführten und das des verdampften Wassers einander wirklich gleich sind. Der Mangel eines Dampfbehälters würde nothwendigerweise zur Folge haben, dass der Dampf eine Menge von Wassertheilchen mit sich fortführte, wenn nicht Herr Belleville die Einrichtung getroffen hätte, dass der Dampf beim Austritte aus der Schlangenröhre, wo er sich gebildet hat, in eine andere Schlangenröhre tritt, deren

1) Siehe Wiebe, «Skizzenbuch für den Ingenieur und Maschinenbauer», 1ste Lief., Taf. 3.

Windungen einen weit kleinern Durchmesser als die des Erzeugers haben und diese umgebend zum Herde abwärts gehen. Während der Dampf durch diese zweite Röhre strömt, lässt er das Wasser, das er enthält, fahren und erhitzt sich stark, d. h. er nimmt eine weit höhere Temperatur an als die, welche dem Drucke entspricht, den er ausübt. Wir werden weiter unten diese Erhitzung des Dampfes näher besprechen; aber schon hier wollen wir andeuten, dass der zu stark erhitzte Dampf einen schädlichen Einfluss auf die Hauptorgane der Dampfmaschinen ausübt, indem er das Werch der Werchbüchse verbrennt und durch die Austrocknung der Theile, die eine Reibung erleiden, wie die Steuerungen und die Kolben, ein Kreischen hervorbringt, was auf diese Theile selbst und auf die Arbeit der Menschen sehr nachtheilig wirkt. Es scheint mir aber sehr schwer zu sein, die Erhitzung des Dampfes in dem Erzeugungsapparate des Herrn Belleville in passende Grenzen einzuschliessen. Im Anfange kann der Apparat zu bedeutenden Ersparnissen führen, aber sehr bald werden diese durch die Kosten, welche von der Abnutzung der Hauptorgane der Maschine herrühren, aufgewogen werden.

Der Erzeugungsapparat selbst erleidet verderbliche Einwirkungen. Da derselbe stark erhitzt wird und um so leichter verkrustet, als die Schlangenröhre gar nicht gereinigt werden kann, wird diese Röhre bald ihre Leitungsfähigkeit verlieren, wenn nicht das Speisewasser sehr rein ist.

Neben diesen Mängeln, über deren Wichtigkeit eine längere Erfahrung erst entscheiden muss, müssen wir auch sehr gute Eigenschaften erwähnen, wie eine bedeutende Verminderung in den Dimensionen und dem Gewichte der Kessel, eine sehr schnelle Verdampfung, die schon kurz nach der Anzündung des Feuers im Herde beginnt und endlich die Abwesenheit aller Gefahr beim Platzen, wie auch die Möglichkeit eines hohen Druckes. In der That hat die Erfahrung bewiesen, dass das Platzen

einer Schlangenröhre ohne grosse Gefahr stattfindet; die Röhre zerreisst in einer gewissen Länge, aber die Abwesenheit einer bedeutenden Wasser- oder Dampfmasse macht dies ungefährlich und der Riss kann leicht reparirt werden. Man könnte mithin ohne Gefahr den Druck bis zu einer Höhe steigern, bis zu welcher zu gehen man bei gewöhnlichen Kesseln nicht wagen dürfte, weil dies gefährlich wäre, und weil man den Eisenblechplatten der Dampferzeuger von gewöhnlicher Form eine zu ungeheure Dicke geben müsste.

Diese Eigenschaften sind so vorzüglich, dass man hoffen darf, den Belleville'schen Kessel einen Platz unter den gebräuchlichen Kesseln einnehmen zu sehen, wenigstens in gewissen Fällen, wo die Leichtigkeit des Dampferzeugers, seine kleine Ausdehnung und seine Gefahrllosigkeit besonders wünschenswerth sind. Dies ist besonders bei den Dampfschiffen der Fall. Uebrigens sind seit längerer Zeit in Frankreich mit diesem Apparate Versuche angestellt worden, und es wird bald möglich sein über den Werth desselben ein begründetes Urtheil zu fällen.

Der Kessel des Herrn Testud von Beauregard ist ein Gefäss von geringer Ausdehnung, dessen Boden eine bis zur Rothglühhitze durch einen Herd geheizte Platte bildet. Durch Röhren, die in den Feuerkanälen liegen, wird Wasser herbeigeführt, das in Tropfen auf diese Platte fällt und sich in stark erhitzten Dampf verwandelt. Versuche, die in Frankreich und in Belgien angestellt worden, haben gezeigt, dass dieser Apparat bei sehr kleinen Dimensionen eine grosse Kraft zu entwickeln vermag; aber Unglücksfälle, die sich bei den angestellten Versuchen ereignet haben, und die beständige Unregelmässigkeit bei der Dampferzeugung haben zur Folge gehabt, dass man die Fortsetzung der Versuche aufgegeben hat.

Der Dampferzeugungsapparat des Herrn Boutigny besteht aus einem von unten geheizten cylindrischen

Kessel. Eine Eisenstange befindet sich in der Achse des Kessels und es sind an derselben mehrere Kreis-ausschnitte von Eisenblech in der Weise angebracht, dass das zuerst auf den obern Ausschnitt gespritzte Wasser nach und nach auf die untern Ausschnitte fällt und sich auf deren Oberfläche ausbreitet, bis es gänzlich in Dampf verwandelt ist. Wie bei den beiden vorhergehenden Apparaten empfängt der Kessel in jedem Augenblicke nur das Wasserquantum, was unmittelbar in Dampfform verbraucht werden soll, und man kann durch eine entsprechende Regulirung dieses Quantums den Dampf, soviel man nur immer will, erhitzen. Man braucht nur ein etwas geringeres Wasserquantum herbeizuführen als das, welches hinreichend wäre, den Kessel mit gesättigtem Dampfe anzufüllen.

Dieser Apparat, der nur bei kleinen Maschinen verwendet werden kann, scheint gute Resultate geliefert zu haben, denn Herr Boutigny versichert, dass er bis 8 K. Dampf per Kilogramm Kohlen erhalten hat und 95 K. per Quadratmeter der Heizfläche bei einem Kessel, dessen Durchmesser 0,31 M. und dessen Höhe 0,64 betragen, während in einer Stunde 50 Liter Wasser in Dampf verwandelt wurden.

Wahrscheinlich werden diese Resultate, deren Wichtigkeit augenscheinlich ist, nicht in constanter Weise erlangt; denn wenn solches der Fall wäre, so müsste dies bei kleinen Dampfmaschinen die allgemeine Einführung eines Apparats zur Folge haben, der bisjetzt eben nicht sehr verbreitet ist.

Wir müssen übrigens über die drei vorhergehenden Systeme eine allgemeine Bemerkung machen, die uns erklärlich macht, weshalb ungeachtet der glänzenden Resultate, die man erlangt zu haben versichert, keins derselben wahrhaft Eingang gefunden hat. Der specielle Charakter dieser Apparate besteht darin, dass sie den Dampf erzeugen, sowie derselbe verbraucht wird; sie haben weder Wasser- noch Dampfbehälter. Wie sinn-

reich nun auch die getroffenen Einrichtungen sein mögen, um das zugeführte Wasserquantum genau dem verbrauchten Dampfquantum anzupassen, so muss es doch sehr schwer sein, zwischen diesen Quanten nicht etwa eine mathematische, sondern auch nur eine dem praktischen Bedürfnisse entsprechende Gleichheit zu erzielen; da die Regelmässigkeit des Ganges eine Hauptbedingung bei jedem Dampfapparate ausmacht. Wenn man selbst bei den Versuchen, welche die Erfinder angestellt haben, nach langem Hin- und Hersuchen und durch Anwendung der grössten Sorgfalt zu der nöthigen Regelmässigkeit gelangt sein mag, so ist man wol berechtigt anzunehmen, dass dies nicht mehr der Fall war, wenn die Apparate den Händen von Heizern anvertraut waren, die auf deren Handhabung nicht die erforderliche Aufmerksamkeit verwenden konnten. Man kann sicherlich auch diesen Apparaten den Vorwurf machen, den die praktischen Techniker gegen alle complicirten Apparate erheben, dass dieselben von Ingenieuren und nicht von gewöhnlichen Arbeitern besorgt werden müssen.

Wir müssen noch hinzufügen, dass auch hier die Dauerhaftigkeit zu wünschen übrig lässt, da bei gewissen Theilen das Eisenblech der directen Einwirkung des Feuers ausgesetzt ist, ohne inwendig durch Wasser gegen eine zu hohe Temperatur geschützt zu sein.

36. Speisung der Kessel.

Die gegenwärtig gebräuchlichen Kessel werden ausschliesslich durch Druckpumpen gespeist. Ehemals standen häufig Maschinen mit Niederdruck mit Wasserbehältern in Verbindung, die sich in einer Höhe befanden, welche so gross war, dass der Druck der Wassercolonne den des Dampfes überwinden konnte. Die Höhe des Wasserspiegels im Behälter über dem Wasserspiegel in dem Kessel musste wenigstens so viel Meter betragen, als der überwiegende innere Druck Zehntel von Atmo-

sphären zählte. Diese Einrichtung, die übrigens nicht auf Kessel mit Hochdruck anwendbar war, bot nur in speciellen Fällen wirkliche Vorthelle dar, wo das Wasser von selbst in die Behälter gelangte. Denn wenn man dasselbe erst einpumpen musste, so war es weit vernünftiger und einfacher, es direct dem Kessel zuzuführen.

Die Pumpen, die zugleich Saug- und Druckpumpen sind, haben allgemein Taucher-Kolben. Es ist nicht unsere Aufgabe, eine Beschreibung davon zu geben, und wir begnügen uns damit, zu sagen, dass der Durchmesser und die Länge des Kohlenhubes so berechnet werden müssen, dass das in einer bestimmten Zeit, z. B. einer Stunde, gelieferte Wasservolumen doppelt so gross ist als das Volumen, welches während demselben Zeitabschnitte in Dampf verwandelt wird. Die Pumpe braucht dann nur während der Hälfte der Zeit, während der die Maschine arbeitet, in Thätigkeit zu sein. Man versetzt sie in Ruhe entweder mittelst einer Druckschraube, oder indem man einen Vorstecker herausnimmt, durch welchen der Kolben an der Stange befestigt ist, die ihn in Bewegung setzt, oder indem man einen in irgendeinem Punkte der Pumpe angebrachten Hahn öffnet, wodurch die Luft eingelassen und so die Wirksamkeit der Pumpe aufgehoben wird, obgleich der Kolben sich zu bewegen fortfährt.

Wir haben bereits §. 27 gesagt, dass man eine beständige Temperatur des Wassers im Kessel und mithin auch des Drucks, den der Dampf ausübt, dadurch erlangt, dass man eine continuirliche Speisung durch eine Pumpe ausführt, während eine andere Pumpe für den Fall, wo der Verbrauch grösser wird, in Reserve bleibt. Am besten ist es mithin bei jeder Maschine zwei Druckpumpen anzubringen, die so berechnet sind, dass eine jede genau das verbrauchte Wasservolumen liefern kann. Die eine Pumpe kann alsdann fast beständig wirksam sein; nur dann lässt man sie für einige Augen-

blicke ruhen, wenn man den Wasserspiegel im Kessel zu hoch steigen sieht. Ebenso lässt man die zweite Pumpe nur für einige Augenblicke in Wirksamkeit treten, wenn man sieht, dass ungeachtet der Arbeit der ersten Pumpe das Wasser continuirlich im Kessel sinkt. Auf diese Weise vermindert man durch die Anwendung von zwei Pumpen die Variationen der Höhe des Wasserspiegels, während man zugleich durch die Continuität der Speisung eine beständige Temperatur erlangt.

Noch mehr bekommt man eine beständige Temperatur und realisirt zugleich eine bedeutende Ersparniss an Brennmaterial, wenn man das Wasser erwärmt, ehe es in den Kessel kommt und hierzu die sonst verlorene Wärme der Gase des Herdes oder den abgelassenen Dampf einer Maschine ohne Condensation benutzt.

Man kann auf verschiedenerlei Weise den entweichenden Dampf zum Wärmen des Wassers anwenden: 1) indem man den Dampf mit dem Wasserspiegel in dem Behälter, wo die Pumpenröhre das Wasser aufnimmt, in Berührung bringt; 2) indem man den Dampf durch das in dem Behälter befindliche Wasser hindurchleitet; 3) indem der Dampf durch Röhren hindurchgeführt wird, die sich in dem zu erwärmenden Wasser befinden; 4) indem man das Wasser durch Röhren leitet, die sich in dem Dampfe befinden.

Das erste Verfahren ist nur wenig wirksam, da das Wasser nur an seiner Oberfläche erwärmt wird, indem seine schlechte Leitungsfähigkeit der Uebertragung der Wärme auf die untern Schichten entgegenwirkt, die kälter als die darüberliegenden sind und sich nicht mit diesen vermischen.

Vermittelst der zweiten Vorrichtung wird das Wasser besser erwärmt, aber es entsteht ein stets schädlicher Gegendruck, während zugleich Schwingungen in den Röhren entstehen, die durch die aufeinander folgenden Condensationen des Dampfes beim Eintritte ins Wasser veranlasst werden. Durch diese Schwingungen

entsteht ein unangenehmes Geräusch, das man oft zu hören Gelegenheit hat, wenn man das Wasser des Kessels einer Locomotive in das des Tenders fließen lässt.

Uebrigens haben diese beiden Arten des Wärmens den Uebelstand, dass die Pumpe warmes Wasser aufnimmt, und man darf voraussetzen, dass dieselbe dann weniger gut wirkt, als wenn sie nur warmes Wasser aufnähme. Die Ventile, besonders wenn dieselben von Kautschuk sind, die Ritzen und die Ausstopfung müssen durch die beständige Berührung mit warmem Wasser leiden.

Dieser Uebelstand ist der einzige, den man der durch Herrn Cavé vorgeschlagenen Erwärmung durch den directen Contact des Dampfes mit dem Wasser vorwerfen kann. Der hierzu dienende Apparat besteht aus einem cylindrischen Koffer, in den der Dampf gelangt und dann durch eine oben angebrachte kurze Röhre entweicht. Durch den obern Theil des Apparats geht eine Röhre, die unten mit kleinen Oeffnungen versehen ist. Das Speisewasser wird in diese Röhre geführt, strömt, indem es sich ausbreitet, durch die kleinen Oeffnungen heraus und fällt mitten in den Dampf. Der untere Theil des Koffers füllt sich so mit 90 — 100° heissem Wasser, welches die Speisepumpe aufnimmt. (Siehe Armengaud, «Publication industrielle», XI, 315.)

Auch die dritte Art der Wärmung bietet den Uebelstand dar, dass warmes Wasser in die Pumpe kommt; auch setzen die Länge und die Windungen der Entleerungsröhre dem Dampfe einen gewissen Widerstand entgegen.

Die letzte Vorrichtung ist die vorzüglichere. Man braucht den Dampf nur in einen Koffer zu leiten, der eine Schlangenhöhre enthält, in welche die Pumpe das kalte Wasser treibt, das sie aufgesogen hat und das auf diese Weise auf seinem Wege von der Pumpe zum Kessel gewärmt wird. Auch in Bezug auf Widerstand bietet dies Vortheile dar; denn während die grössere

Dichtigkeit des Wassers die Reibung vermehrt, bringt der Unterschied der Geschwindigkeit eine weit grössere Wirkung auf den Dampf hervor. Wir wissen in der That, dass bei gleichem Gewichte das Volumen des Dampfes 1700 mal grösser als das des Wassers ist. Wenn wir mithin, anstatt das Wasser durch die Röhre zu leiten, den Dampf durch dieselbe hindurchführten, so müsste, damit ebenso viel Dampf herauskäme, als wir hätten Wasser hinausbringen wollen, der Dampf eine 1700 mal grössere Geschwindigkeit haben. Die Erfahrung lehrt uns nun, dass die Reibung einer Flüssigkeit in einer Röhre annähernd der Dichtigkeit und dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionirt ist. Da nun die Dichtigkeit des Dampfes 1700 mal geringer als die des Wassers ist, so würde, bei gleicher Geschwindigkeit, die Reibung des erstern 1700 mal kleiner als die des letztern sein; da aber die Geschwindigkeit des Dampfes 1700 mal grösser ist, so müsste deshalb die Reibung 1700×1700 mal so gross als die des Wassers sein, wenn die Dichtigkeit die gleiche wäre; sodass bei einer 1700 mal geringern Dichtigkeit die Reibung des Dampfes noch immer 1700 mal grösser wie die des Wassers wäre. Wir haben hier vorausgesetzt, dass die Röhre für den Dampf und die für das Wasser gleiche Durchmesser haben, während im allgemeinen die Ableitungsröhre für den Dampf viel dicker ist wie die Wasserröhre; aber dieser Unterschied ist bei weitem nicht bedeutend genug, um die Reibungen gleich zu machen und es bleibt immer zu Gunsten des Wassers ein kleinerer Widerstand, den die Arbeit der Maschine zu überwinden hat.

Der ernstlichste Einwurf, den man gegen die Anwendung einer schlangenförmigen Röhre, durch welche das Wasser geleitet wird und die durch den austretenden Dampf geht, macht, betrifft die Bildung von Krusten an den innern Wänden der Röhre, die der Leitung der Wärme durch die Wände hinderlich sind und deren Wirksamkeit sehr schwächen. Dieser Vorwurf ist aller-

dings gegründet, wenn das Speisewasser leicht Krusten bildet. Man kann in diesem Falle anstatt der schlangenförmigen Röhre einen Apparat mit geraden Röhren anwenden, der einem kleinen Tubularkessel ähnlich ist und dessen Boden herausgenommen werden kann, was die innere Reinigung der Röhren möglich macht. Diese Einrichtung böte auch den Vortheil dar, den Widerstand gegen die Bewegung des Wassers, welches gleichzeitig alle Röhren durchlaufen würde, zu vermindern.

Man wärmt das Wasser durch die verlorene Hitze der Gase des Herdes, indem man dasselbe in irgendeinen Wärmeapparat bringt, ehe es in den Kessel kommt. Meistens besteht dieser Apparat aus einer einfachen Röhre, ähnlich den Siederöhren und den Heizröhren, man kann dieselbe in diesem Falle eher als einen Theil des Kessels oder des Systems von Kesseln, die sie versorgt, betrachten, wie als einen besondern Apparat.

Man kann auch als Wärmeapparat eine Schlangenhöhre oder einen Tubularapparat gebrauchen, wie der vorhin beschriebene, indem man dieselben in einem Punkte des Kanals anbringt, der zum Rauchfange führt, oder selbst am Eingange von diesem letztern. Das grösste Hinderniss, das diese Apparate darbieten, besteht auch hier in der Bildung von Verkrustungen in den Röhren und es müssen diese Verkrustungen hier stärker sein wie bei Röhren, die nur durch Dampf geheizt werden, weil die Temperatur, welche die Gase hervorbringen, natürlich eine viel höhere ist, wie die von dem Dampf herrührende. Oft ist es möglich, diesem Uebelstand durch Anwendung eines Tubularapparats zu begegnen, dessen Röhren man reinigen kann, wenn man einen daran angebrachten Deckel abnimmt. Nur bei Wasser, das ganz besonders starke Verkrustungen bildet, bietet diese Reinigung besondere Schwierigkeiten.

Eine andere Ursache der geringen Wirkung dieser Apparate liegt in dem Ueberzuge von Russ und Staub, der sich auf deren äusserer Oberfläche durch den Gas-

strom bildet und der die Durchleitung durch die Wände erschwert. Um die Bildung dieses Ueberzugs zu verhindern, hat Herr Green die Einrichtung getroffen, einen Kratzapparat durch die Maschine, zu welcher der Kessel gehört, in Bewegung zu setzen. Dieser Apparat wird durch Ringe, die miteinander verbunden sind und die Röhren umgeben, gebildet. Man versichert, dass man durch Anwendung dieser Vorrichtung Ersparnisse von 20, 25, selbst 30% erzielt hat. Ohne diese Angaben zu bestreiten, sind wir der Ansicht, dass man nur dann solche Ersparnisse erlangen wird, wenn die Kessel, an denen man den Apparat anbringt, eine zu kleine Heizfläche für das Dampfquantum, dessen man bedarf, darbieten. In diesem Falle ist es allerdings begreiflich, dass die Hinzufügung einer enormen Heizfläche von 175 Quadratmetern, wie beim Apparate, den Herr Green an acht Kesseln angebracht hat, eine bedeutende Ersparniss herbeiführen kann. Dann ist aber auch der Apparat nicht mehr eine einfache Heizröhre, sondern ein Supplementarkessel, welcher durch die verlorene Wärme der Herde geheizt wird. In diesem Falle wird nicht nur das Speisewasser erwärmt, sondern es wird auch in Dampf verwandelt. Solange dies aber nicht stattfindet und solange die Oberfläche des Dampferzeugers gross genug ist und der Wärmer keine andere Wirkung hervorbringt, als dem Wasser eine hohe Temperatur zu geben, ohne dasselbe in Dampf zu verwandeln, wird es nicht wol möglich sein, durch den Wärmeapparat eine Ersparniss von mehr als 10—20% zu erlangen. Wir wollen annehmen, dass man in einen Kessel, wo die Spannung des Dampfes 5 Atmosphären beträgt, Wasser brächte, dessen Temperatur = 0° wäre. Um jedes Kilogramm dieses Wassers in Dampf zu verwandeln, sind 650 Wärmeeinheiten nöthig. Erwärmen wir das Wasser bis zu 150°, d. h. bis nahe der Temperatur, bei welcher dasselbe unter einem Drucke von 5 Atmosphären siedet, ohne allen weiteren Verbrauch von

Kohlen; so brauchen wir nur noch für jedes Kilogramm Wasser 500 Wärmeeinheiten, um es in Dampf zu verwandeln. Wir haben dann 150 Wärmeeinheiten auf 650 erspart, mithin 23 %. So gross ist also das Maximum des Effects, den man hervorbringen kann unter der Voraussetzung, dass wir das Wasser bis zu dem Punkte, den wir angegeben haben, durch die Verwendung der verlorenen Wärme erhitzen. Ein solches Resultat wäre sehr befriedigend und man könnte selbst mit einem weit geringern zufrieden sein, aber es darf uns dasselbe nicht in Erstaunen setzen. In der That ist die Anwendung eines Vorwärmers, der die Temperatur des Wassers bis nahe zum Siedepunkte erhebt, wie dies Tubularwärmer mit grosser Oberfläche allerdings vermögen, eigentlich nichts anderes als die Umformung eines gewöhnlichen Kessels in einen Tubularkessel. Wir wissen aber, dass solche Kessel, im Vergleich mit den erstern, ganz leicht eine Ersparniss von 20% und selbst mehr darbieten.

Weit entfernt also die Anwendung von Tubularvorwärmern zu verwerfen, empfehlen wir deren häufige Anwendung als ein Mittel, durch ihre Hinzufügung zu den gewöhnlichen Kesseln die Vortheile einer hinreichenden Grösse und passenden Vertheilung der Heizfläche zu erlangen.

37. Verkrustungen der Kessel.

Wir haben schon oft in diesem Werkchen von den Niederschlägen gesprochen, die in den Kesseln durch die Absonderung und das Festsetzen an den Wänden derselben derjenigen festen Stoffe entstehen, die in dem Wasser aufgelöst oder mit demselben vermengt sind. Diese Materien bestehen besonders aus Kalksalzen, sei es nun Kalkcarbonat (eigentlicher Kalk) oder Kalksulfat (Gips). Diese Salze sind weniger auflösbar in warmem wie in kaltem Wasser. So kann das Wasser bei einer

Temperatur von 20° etwas weniger wie ein Viertel Procent seines Gewichts Kalksulfat auflösen, während es bei einer Temperatur von 100° nur $\frac{1}{4,6}$ Procent, also $\frac{1}{30}$ Procent weniger, auflöst als bei 20° . Hieraus geht hervor, dass wenn Wasser, das Kalksulfat enthält, von 20° bis zu 100° erhitzt wird, dasselbe von diesem Salze $\frac{1}{30}$ Procent seines Gewichts als Niederschlag entweichen lässt, also 1 Kilogramm per 3000 K. Wenn dieses Wasser nicht nur heiss gemacht, sondern auch verdampft wird, so muss es alles Kalksulfat, das es enthält, fahren lassen, also $\frac{1}{4}$ K. per 100 K. Wasser, oder 1 K. auf 400.

Da nun ein Quadratmeter der Heizfläche durchschnittlich 20 K. Wasser per Stunde in Dampf verwandelt und der Niederschlag sich im allgemeinen nur über der Heizfläche bildet, so muss über jedem Quadratmeter von dieser in einer Stunde ein Niederschlag von $\frac{1}{20}$ Kilogramm Kalksulfat entstehen, per Tag von 12 Stunden also $\frac{12}{20}$ K. und in einem Monate $30 \times \frac{12}{20}$ oder 18 K. Diese 18 K. werden auf einer Oberfläche von einem Meter vertheilt sein und durchschnittlich in einer Dicke von $\frac{18}{2,25}$ Mm. als 8 Mm. liegen; da ein Kubikdecimeter Kalksulfat ungefähr 2,25 K. wiegt. Stark mit Kalksulfat getränktes Wasser kann also in einem Monate eine Kruste von 8 Mm. Dicke bilden. Wir brauchen nicht von neuem darzuthun, wie sehr eine solche Masse von einer Substanz, die ein schlechter Wärmeleiter ist, der Verdampfung hinderlich wird, den Kohlenverbrauch vermehrt und zerstörend auf das Eisenblech einwirkt.

Der Niederschlag von Kalkcarbonat, bei kalkhaltigem Wasser, entsteht besonders, weil dieses Salz nur dann im Wasser auflösbar ist, wenn dasselbe aufgelöste Kohlensäure enthält. Da sich nun dieses Gas bei der Verdampfung frei macht, so verliert das Wasser die

Fähigkeit, Kalkcarbonat aufzulösen und setzt das Kalksalz als Kruste ab.

Es würde zu viel Zeit erfordern und auch überflüssig sein, die tausenderlei Mittel zu beschreiben, die man zur Bekämpfung der Verkrustungen vorgeschlagen hat. Der grössere Theil dieser von ihren Erfindern als unfehlbar angekündigten Mittel sind entweder erfolglos, oder es bieten dieselben neben zweifelhaften Vortheilen auch Nachtheile dar, die unzweifelhaft sind, wie z. B. die Beschmutzung der Maschinen durch das Wasser, welches die angewandten Substanzen enthält, oder das Einfressen der Kessel durch die chemische Wirkung dieser Substanzen auf das Eisen. Wir können für das Studium dieser Mittel auf den Aufsatz verweisen, den Herr van den Corput im XXXI. Bande des «Bulletin du Musée de l'Industrie de Bruxelles» veröffentlicht hat. Wir begnügen uns, einen Auszug aus dieser ausgezeichneten Arbeit zu liefern, unter Hinzufügung von einigen Details, die uns interessant scheinen.

Die Wirkung der vorgeschlagenen Substanzen ist wie die Einwirkung aller Körper aufeinander entweder eine mechanische oder eine physische, oder endlich eine chemische.

Die Substanzen, die mechanisch wirken, haben das Bestreben in der Masse der Materien solche Bewegungen hervorzubringen, die das Festsetzen derselben an die Wände des Kessels verhindern. In solcher Weise wirken z. B. kleine Kiesel, Metallspäne, gestossenes Glas u. s. w., mit denen man den Boden der Kessel zu bedecken vorgeschlagen hat. Diese Körper haben den Uebelstand, dass sie den Boden des Kessels stark abnutzen, indem sie sich während der heftigen Bewegung, in die sie beim Sieden des Wassers gerathen, stark an dem Boden reiben. Die Anwendung gestossenen Glases war ganz besonders gefährlich, weil die sehr dünnen Theilchen desselben oft vom Wasser bis zu den Maschi-

nenorganen mitgeführt wurden und die schnelle Abnutzung dieser herbeiführten.

Man kann mit grösserer Sicherheit kleine Faschinen oder auch Holzsplitter anwenden, die man in den Kessel wirft und die dort mit einer Kruste überzogen werden. Unglücklicherweise ist dieses Mittel, welches allerdings nur kleine Uebelstände darbietet, von sehr geringer Wirkung.

Ein Gleiches gilt von der Idee des Herrn Conrad Meyer, der vorgeschlagen hat, den vordern Theil der Siederöhren bis zu einer gewissen Höhe ins Innere des Kessels hin zu verlängern. Diese Verlängerung sollte einen dem eines Rauchfangs ähnlichen Effect hervorbringen und eine beständige Strömung in der Wassermasse veranlassen, unter deren Einwirkung die feinen, im Wasser enthaltenen festen Theilchen kleine Steinchen bilden würden, die man leicht aus den Kesseln entfernen könnte. Mit einiger Ueberlegung erkennt man, dass eine solche Strömung immer von selbst in den Kesseln entsteht, und dass die Verlängerung der Siederöhre kaum eine Verstärkung desselben bewirken kann.

Als eine physische Einwirkung hervorbringend, haben wir Lehmerde, Stärkemehl, Kleie, Sägemehl und Extracte von Farbehölzern zu bezeichnen. Diese Körper bilden einen Ueberzug um die erdigen Körpertheilchen, verhindern dieselben zusammen eine feste Masse zu bilden, und bewirken, dass sie eine breiartige Consistenz behalten, und so leicht aus den Kesseln, durch theilweise Ausleerung derselben, entfernt werden können, die vermittelt besonderer Hähne stattfindet.

Der Lehm hat den Uebelstand, die Masse des breiigen Niederschlags zu vergrössern. Die Anwendung der Erdäpfel, von denen man nur von Zeit zu Zeit einige Kilogramm in den Kessel zu werfen braucht, ist vortheilhafter.

Eine besondere Wirkung bringt eine Mischung hervor, die aus Reissblei, Unschlitt und Kohlenstaub besteht,

die mit Oel oder Theer zusammengemengt worden und so einen Firniss bilden, mit dem man die innern Wände der Kessel überzieht. Dieser Firniss verhindert allerdings die Bildung einer Kruste; da derselbe aber sehr häufig, womöglich alle 14 Tage erneuert werden muss, was viel Zeit (oft zwei ganze Tage) erfordert, so hat die Anwendung desselben sehr kostspielige Unterbrechungen in der Arbeit zur Folge, wenn nicht Reservekessel vorhanden sind.

Die chemischen Agentien, deren Anwendung vorgeschlagen wird, wie Aschensalz, Salmiak, Alaun u. s. w. wirken, indem sie die nur schwer auflösbaren Salze, die während der Verdampfung einen Niederschlag bilden, in auflösbare und in nichtauflösbare Salze verwandeln, welche letztern einen Niederschlag bilden, der sich nicht am Eisen festsetzt. Die erlangten Resultate sind weder constant noch vollständig gewesen, während sich bedeutende Uebelstände herausgestellt haben; wie das Anfressen der Wände durch die Säuren, die oft bei den vorkommenden Reactionen frei werden.

Gewisse Substanzen, wie Zuckersirup, Malz, Träbern, Runkelrüben u. s. w. wirken zugleich durch Dazwischentretung und als chemische Agentien durch den Zuckerstoff, den sie enthalten, durch den die Lösbarkeit der meisten Kalksalze erhöht wird. Fast alle diese Substanzen haben den Fehler, das Wasser der Kessel schäumen zu machen und die Ventile wie auch die Anzeigeröhren mit Schmutz zu überziehen.

Es gibt endlich ein Verfahren, zu dem man in gewissen Fällen seine Zuflucht nehmen kann, nämlich die Niederschlagung der Kalksalze, ehe das Wasser in den Kessel kommt. Hierzu ist es hinreichend, einen hinlänglich grossen Behälter zu haben, in dem man das Wasser wenigstens einen Tag lang aufbewahrt, nachdem man etwas Kalk hineingeworfen hat. Dieser Kalk bemächtigt sich der Kohlensäure und bewirkt hierdurch, dass das Wasser nicht mehr im Stande ist, Kalkcarbonat

aufgelöst zu enthalten. Dieses fällt auf den Boden des Behälters und man kann dann das, von dieser Substanz frei gemachte Wasser in einen andern Behälter abziehen, von wo es in die Speisepumpen kommt.

Man sieht, dass dieses Verfahren die Erfüllung gewisser Bedingungen und eine grosse Sorgfalt erfordert, was die allgemeine Anwendung desselben unmöglich macht.

Die am meisten praktischen Mittel, die man, wenn auch nicht mit vollkommenem Erfolge, doch wenigstens ohne besondere Schwierigkeit und ohne Uebelstand anwenden kann, bestehen in der Anwendung von Kartoffelmehl oder von Farbeholzextracten, besonders von Kampescheholz.

38. Fortführung von Wasser durch den Dampf.

Wir haben schon mehrmals die Hinwegführung eines oft bedeutenden Wasserquantums durch den Dampf als eine Ursache zu grossen Kohlenverbrauchs bezeichnet, wodurch nicht nur ein Wärmeverlust veranlasst, sondern auch Verlust an Arbeit und sehr bedeutende Unfälle in den Maschinenorganen herbeigeführt werden.

Man hat eine grosse Menge von Apparaten vorgeschlagen, durch die diesem Uebelstande gesteuert werden soll. Der einfachste und zugleich einer der wirksamsten dieser Apparate besteht in einer Eisenblechplatte, die etwa 0,300 M. breit ist und deren Länge mit der Länge des Kessels zu- oder abnimmt. Diese Platte wird unterhalb der Dampföffnung angebracht, in geringer Entfernung von den Wänden des Kessels. Indem sich die Platte der Dampföffnung über einen bedeutenden Theil der Oberfläche des Wassers ausdehnt, verhindert sie die Bildung bedeutender Ungleichheit im Druck, die in dem Augenblicke entstehen kann, wo der Dampf abfliesst, z. B. bei jeder Oeffnung des Zutritts zum Cylin-

der. Begreiflicherweise drängen sich die Dampfmassen, die sich in der Nähe des Austrittsrohres befinden, zuerst in dasselbe und der Druck muss bei jeder Ausströmung unter der Dampföffnung geringer sein, wie in entferntern Punkten, und um so geringer, je plötzlicher und mit je grösserer Geschwindigkeit die Ausströmung stattfindet. Zuweilen ist der Druckunterschied so bedeutend, dass das Wasser emporgetrieben wird und in die Austrittsröhre des Dampfes dringt. Auf diese Weise entstehen die meisten Wasserschläge, deren Folgen fast immer äusserst verderblich für die Maschinen sind. Auf diese Weise entsteht auch das schreckliche Phänomen der Wasserhose, wo das Wasser die Austrittsöffnung ganz anfüllt und dann durch den Dampf, den es abschliesst, mit grosser Gewalt fast gänzlich aus dem Kessel herausgetrieben wird.

Ohne immer so sehr schlimme Folgen zu haben, ist doch die Verschiedenheit des Drucks in den verschiedenen Punkten der Oberfläche des Wassers stets sehr schädlich; es wird dadurch das Sieden heftiger und mithin die Masse des durch den Dampf hinweggeführten Wassers bedeutender.

Andere Apparate, wie die Röhren von Ewbauk, unter dem Dome liegende, mit Löchern versehene Platten, bezweckten die Ausdehnung der Dampföffnung auf einen grössern Raum; aber auf weniger einfache und sichere Weise wie die Platten, von denen wir oben gesprochen haben. Wir betrachten den allgemeinen Gebrauch dieser letztern als sehr wünschenswerth, wäre es auch nur, um die vorhin erwähnten Unfälle zu verhindern.

Wir wollen uns nicht mit der Beschreibung von den Apparaten aufhalten, vermittelt deren man das weggeführte Wasser aufzuhalten gesucht hat, ohne zugleich auch den Dampf aufzuhalten. Diese Apparate bringen im allgemeinen sehr wenig Effect hervor, weil die Geschwindigkeit des Dampfes so gross ist, dass derselbe ungeachtet der entgegengesetzten Hindernisse, den

grössten Theil des Wassers mit sich fortreisst, das er enthält, und dies um so leichter, in je feinere Theilchen das Wasser getheilt ist.

Wir dürfen jedoch nicht unterlassen eines besondern Verfahrens zu erwähnen, nämlich der Ueberhitzung des Dampfes. Schon längst hat man vorgeschlagen, den Dampf durch Röhren zu leiten, die durch die Hitze des Herdes selbst oder durch die eines Hülfsherdes geheizt würden, um so das vom Dampfe mitgeführte Wasser ebenfalls zu verdampfen. Man hatte hierbei nicht den Zweck, dem Dampfe eine höhere Temperatur als die im Kessel zu geben, sondern man erkannte wohl, dass die Erhitzung des Dampfes neben dem gesuchten Effecte auch eine schädliche Wirkung hervorbringt. In der That hat oft der Dampf in den Röhren eine so hohe Temperatur angenommen, dass dadurch die Hauptorgane der Maschine angegriffen wurden; die Garnituren der Stopfbüchse verbrannten und die Bewegung der heiss gewordenen und ausgetrockneten Kolben in den Cylindern wurde unregelmässig. In Gegenwart dieser Uebelstände hat man auf die Verflüchtigung des Dampfwassers durch die Hitze verzichtet.

Seit einigen Jahren hat man von neuem Untersuchungen über die Ueberheizung des Dampfes vorgenommen. Man hat mit Recht in diesem Verfahren noch etwas anderes, als ein Mittel das entführte Wasser los zu werden, gesehen, nämlich ein Mittel Dampf und mithin Kohlen zu ersparen. Es ist leicht begreiflich, dass, wenn der Dampf nach seinem Austritte aus dem Kessel noch erhitzt wird, derselbe entweder eine grössere Spannung erlangt, falls sein Volumen dasselbe bleibt, oder ein grösseres Volumen unter demselben Drucke und demselben Gewichte, wenn er sich ausdehnen kann. Im ersten Falle erhält man durch die Verwendung desselben Volumens und Gewichts von Dampf eine grössere Kraft; in dem andern verbraucht man bei demselben Volumen

und demselben Drucke ein geringeres Gewicht. Wenn nun die Ueberhitzung des Dampfes auf Unkosten der sonst verlorenen Wärme stattfindet, so bringt die Vermehrung des Drucks oder die Verminderung des Verbrauchs an Gewicht einen Gewinn.

Wenn man z. B. den Dampf auf eine um 300° höhere Temperatur bringt, so verdoppelt man das Volumen eines Kilogramms Dampf, während der Dampf dieselbe Spannung behält. Man hat mithin Dampf für zwei Kolbenhübe, mit derselben Gewichtsmasse, die früher der einfach gesättigte Dampf zu einem einzigen Kolbenhube brauchte, woraus eine Ersparniss von 50% an dem Gewichte des verbrauchten Dampfes, also auch an Brennmaterial erzielt wird.

Die verschiedenen Anwendungen, die man mit überheiztem Dampfe gemacht hat, haben allerdings gezeigt, dass man auf diese Weise Vortheile erlangt, aber die Resultate sind durchaus nicht constant gewesen. Ich muss hier bemerken, dass die Fälle von Nichterfolgen entweder durch eine stattgefundenen zu starke Erhitzung des Dampfes erklärbar sind, deren praktische Nachtheile die Vortheile überwogen, oder auch durch eine zu schwache Erhitzung, deren Wirkung durch die zahlreichen Ursachen von Erkaltung verloren ging, durch die der Dampf wieder zu dem Zustande der Sättigung zurückgeführt wurde.

Es ist leicht zu begreifen, dass es schwierig ist, nach Willkür die Erhitzung des Dampfes so zu reguliren, dass die Wärmeverluste ersetzt werden, ohne über den Punkt hinauszugehen, wo die Temperatur den Organen der Maschinen nachtheilig wird. Die Umstände, unter denen die Ueberhitzung stattfindet, sind übrigens bei den verschiedenen Herden so sehr verschieden, dass man sich nicht über die Unbeständigkeit der Resultate wundern, noch an der Anwendbarkeit des Principis zweifeln darf.

Wir verweisen für ein vollständiges Studium dieses wichtigen Gegenstandes auf die ausgezeichnete Denkschrift, welche 1856 Herr Hirn der industriellen Gesellschaft von Mülhausen vorgelegt hat. Wir können nicht näher hierauf eingehen, ohne über die unserm Werkchen gesteckten Grenzen hinauszugehen; denn um einige befriedigende Folgerungen aus den bekannten Experimenten zu ziehen, ist eine gründliche Analysis der Vorrichtungen der Dampfmaschinen unentbehrlich.

Anmerkung.

39. Ueber die Dicke der Kesselwände.

Die belgischen Reglements schreiben drei Formeln für die Berechnung der Dicke der Kesselwände vor. Nennen wir e die in Millimetern ausgedrückte Dicke, n den in Atmosphären ausgedrückten Druck im Kessel, D den Durchmesser des Kessels (in Metern angegeben), so muss man haben:

1) Für alle die Theile der Kessel einer feststehenden Maschine, die der Einwirkung der Hitze ausgesetzt sind:

$$e = 3 + 1,8 (n - 1) D.$$

2) Für die nicht der Hitze ausgesetzten Theile, wie z. B. die äussern Flächen der Tubularkessel:

$$e = 2 + 1,5 (n - 1) D.$$

Infolge einer vor kurzem ergangenen Verordnung kann diese Formel auch für die Berechnung der Dicke der äussern Wände grosser Kessel mit innerm Herde angewendet werden.

3) Für die äussern Wände der Locomotiven:

$$e = 2 + 1,2 (n - 1) D.$$

In den preussischen Reglements sind vier verschiedene Formeln gegeben. Bezeichnet man mit e und D die Wändedicke und den Durchmesser in Zollen, und mit n den in Atmosphären ausgedrückten effectiven Druck des Dampfes, so hat man folgende Formeln anzuwenden:

1) Bei den Cylindern aus Eisenblech, auf die der Druck des Dampfes von innen wirkt:

$$e = \frac{1}{2} D \left(2,718^{\frac{0,003 \cdot n}{1}} - 1 \right) + 0,1.$$

2) Bei Röhren aus Gusseisen, wo der Dampf von innen drückt:

$$e = \frac{1}{2} D \left(2,718^{\frac{0,01 \cdot n}{1}} - 1 \right) + \frac{1}{3}.$$

3) Bei Röhren aus Eisenblech, wo der Dampf von aussen drückt:

$$e = 0,0067 D \sqrt[3]{n} + 0,05.$$

4) Bei Röhren aus Messing, die den Druck des Dampfes von aussen erleiden:

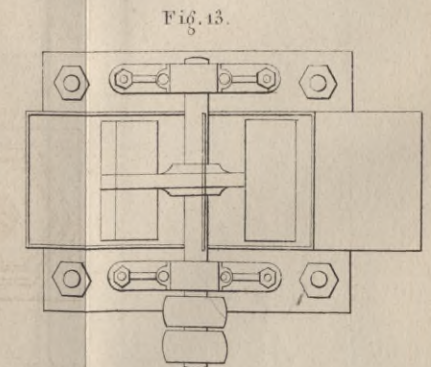
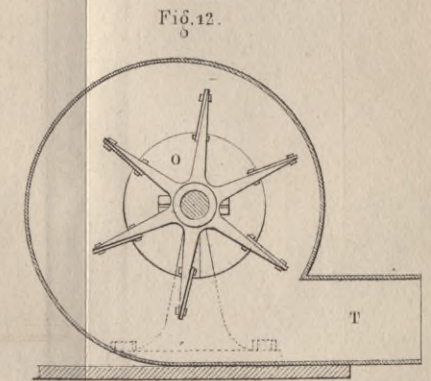
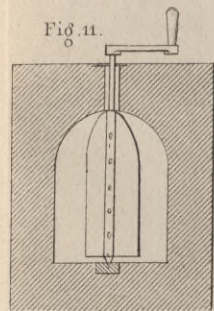
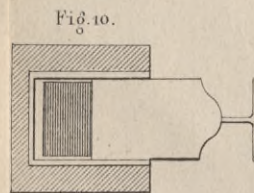
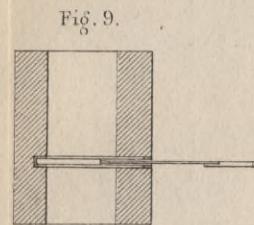
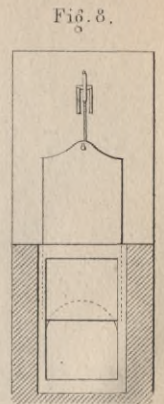
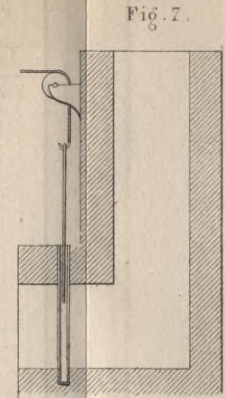
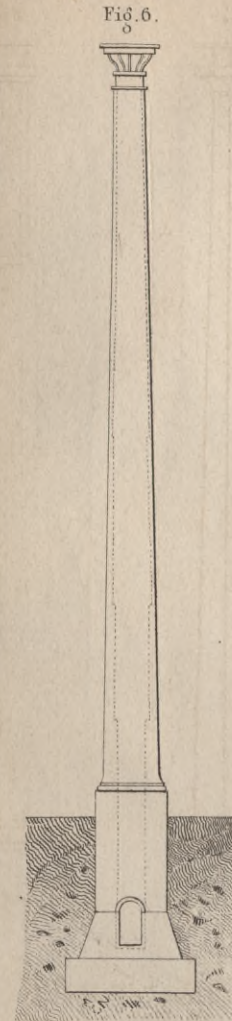
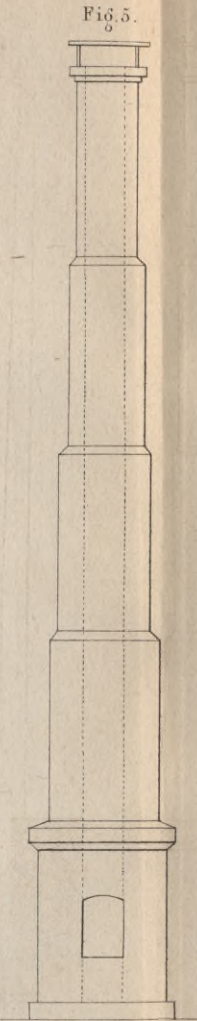
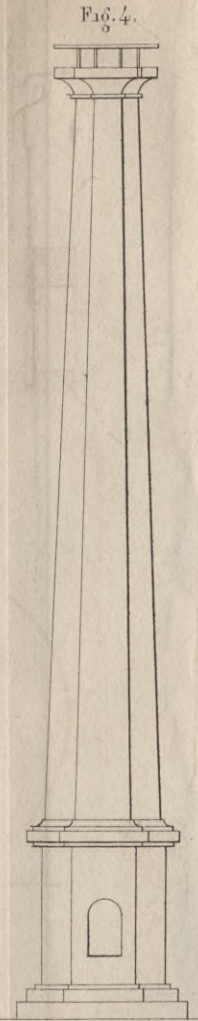
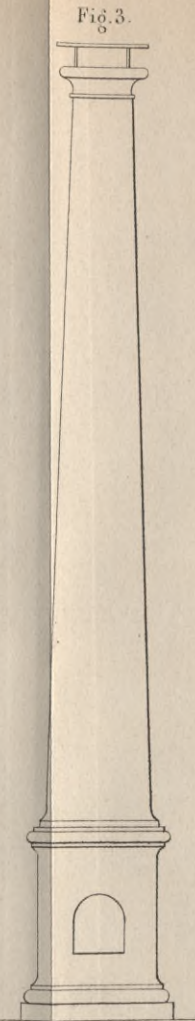
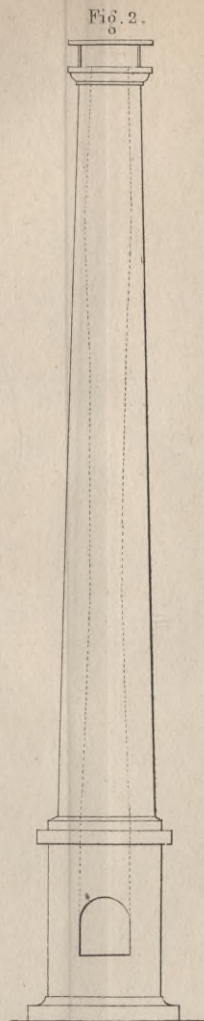
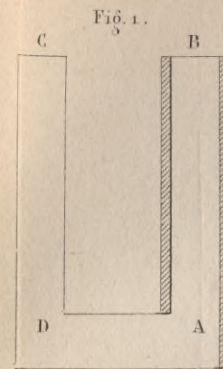
$$e = 0,01 D \sqrt[3]{n} + 0,07.$$

Die erste von diesen Formeln, d. h. diejenige, welche am häufigsten angewendet wird, liefert Zahlen, die bedeutend kleiner sind als die, zu denen die entsprechende belgische Formel führt. So z. B. findet man für einen Durchmesser von 1,50 M. oder 57 rheinländischen Zollen, eine Wändedicke von 0,445 Z. oder 11,7 Mm., während in Belgien 13,8 Mm. erheischt werden.

Andererseits führt die preussische dritte Formel zu stärkern Zahlen als die belgische. So findet man z. B. 9,7 Mm. statt 8,8 Mm. für eine Röhre von 0,80 M. (30 Zoll), die einen äussern Druck von 4 effectiven Atmosphären erleidet. — Uebrigens deuten die belgischen Reglements an, dass hier eine grössere Dicke nöthig ist, ohne jedoch anzugeben, wie viel die Vermehrung der Dicke betragen soll.

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

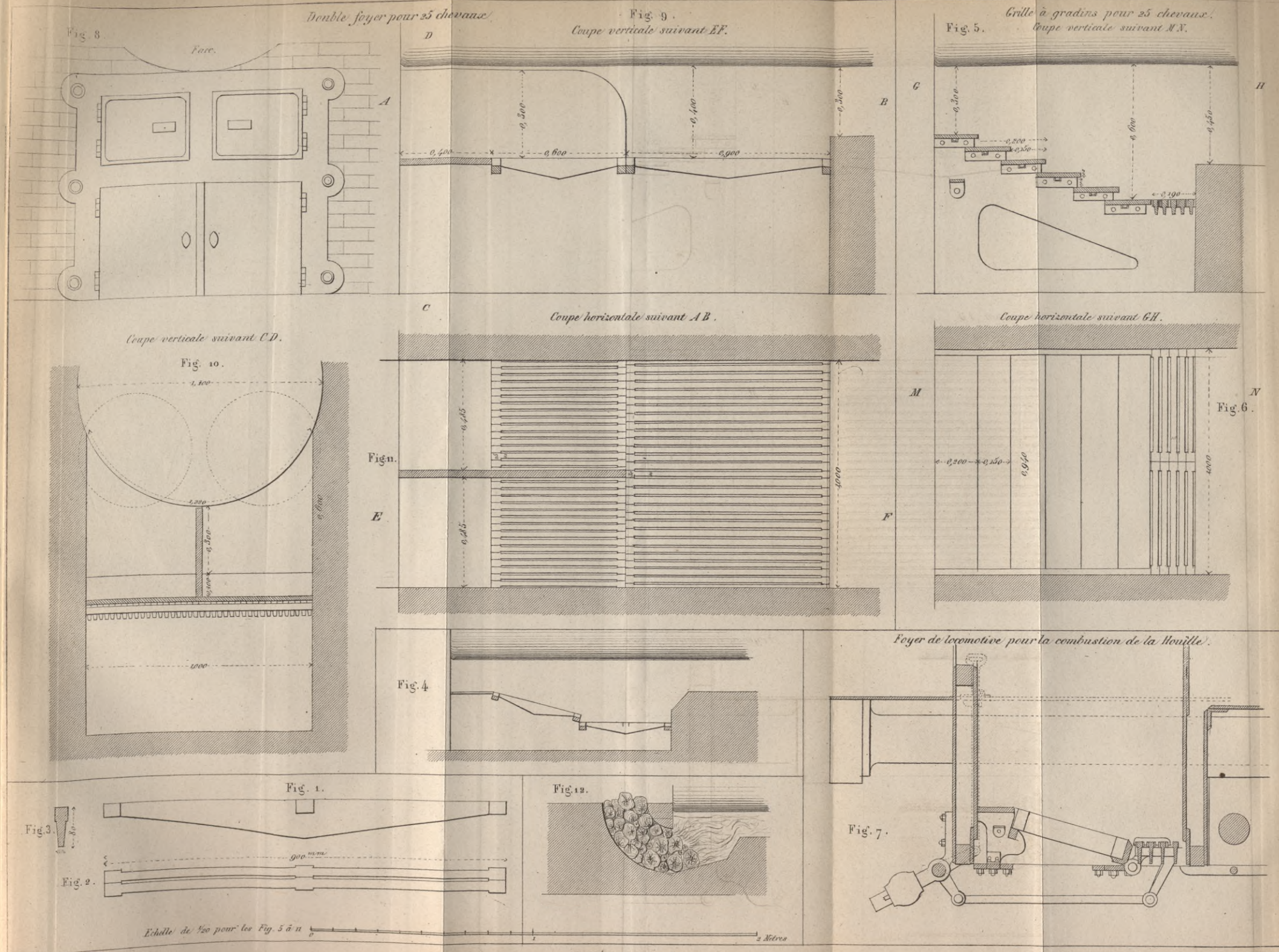




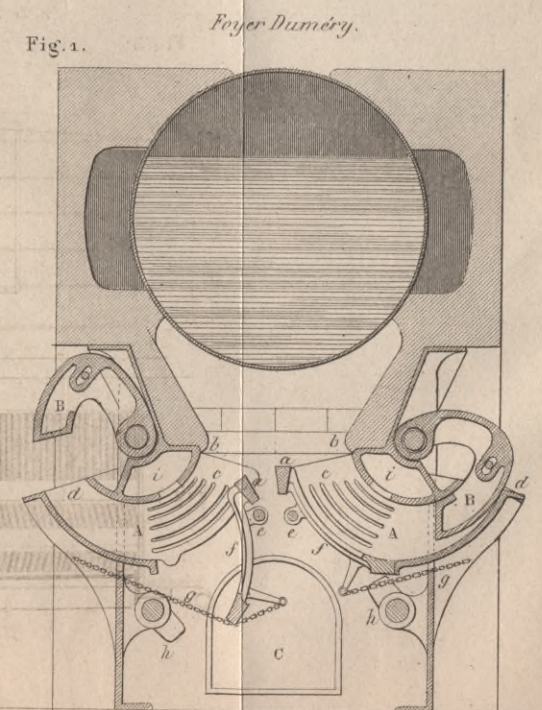
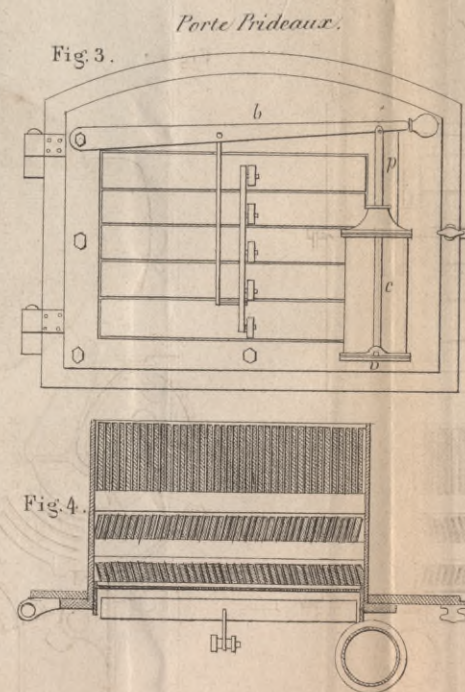
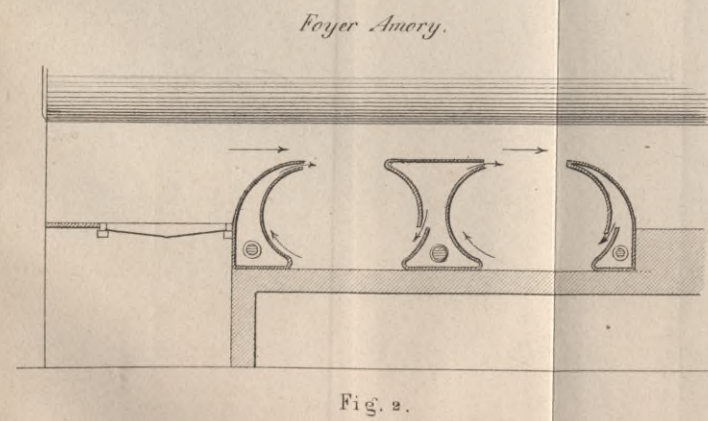
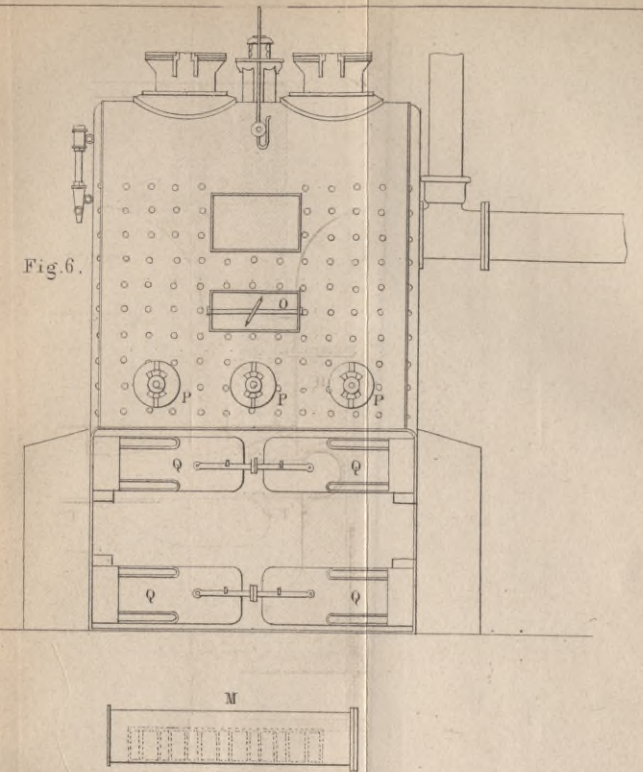
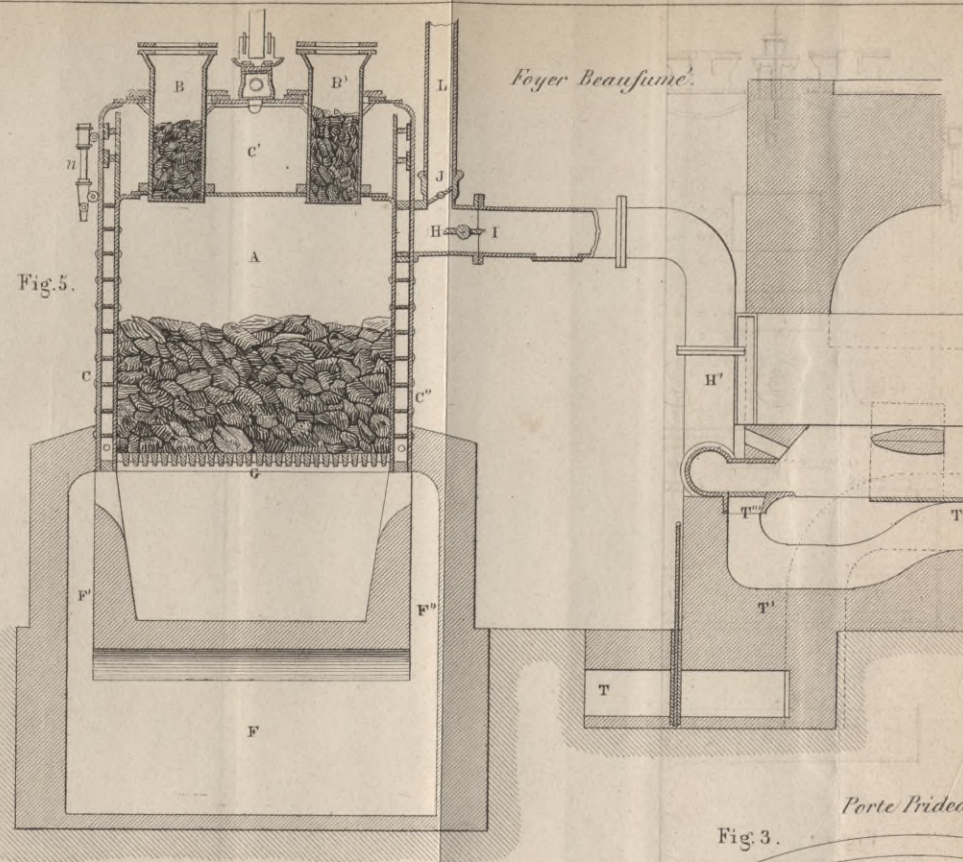
Echelle de 1/400 pour les fig. 8, 9, 10 et 11.

„ de 1/400 pour la fig. 12.











GRILLES MOBILES FUMIVORES.
JUCKES, TAILFER.

Fig. 1.

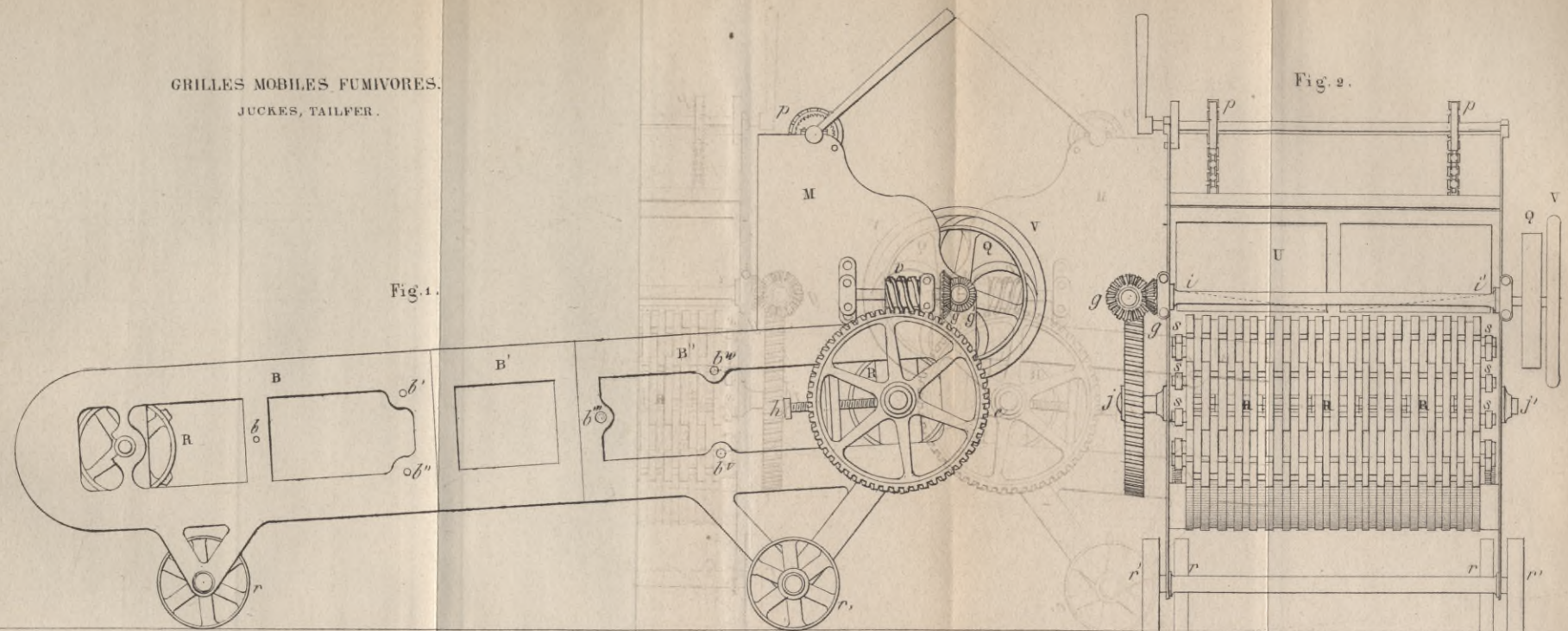


Fig. 2.

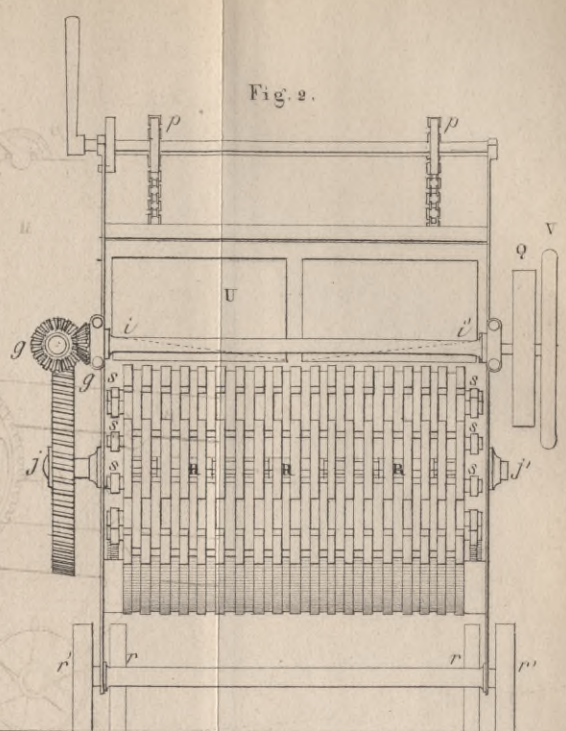


Fig. 3.

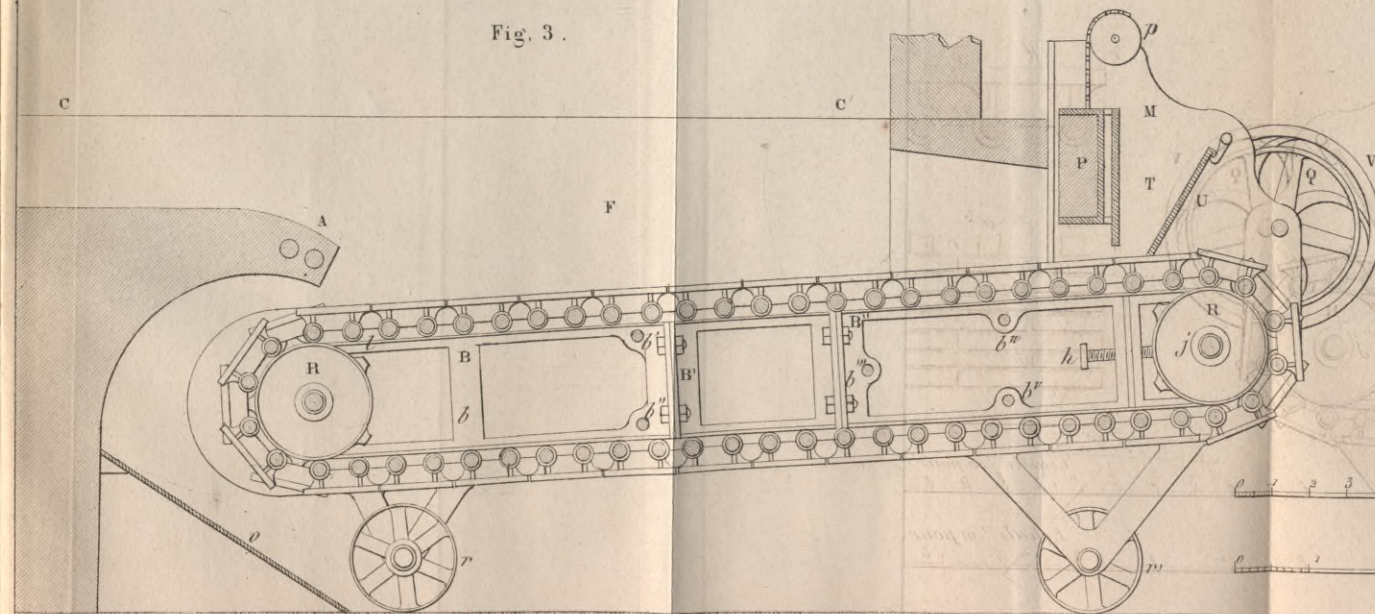


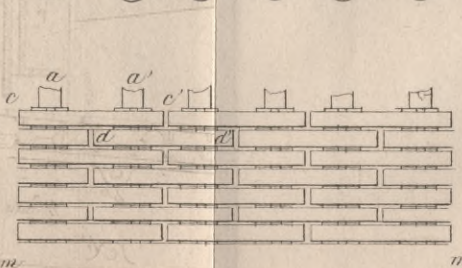
Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.



Echelle 1/20 pour les Fig. 1, 2, 3.

Echelle 1/10 pour les Fig. 4, 5, 6.



Fig. 1.

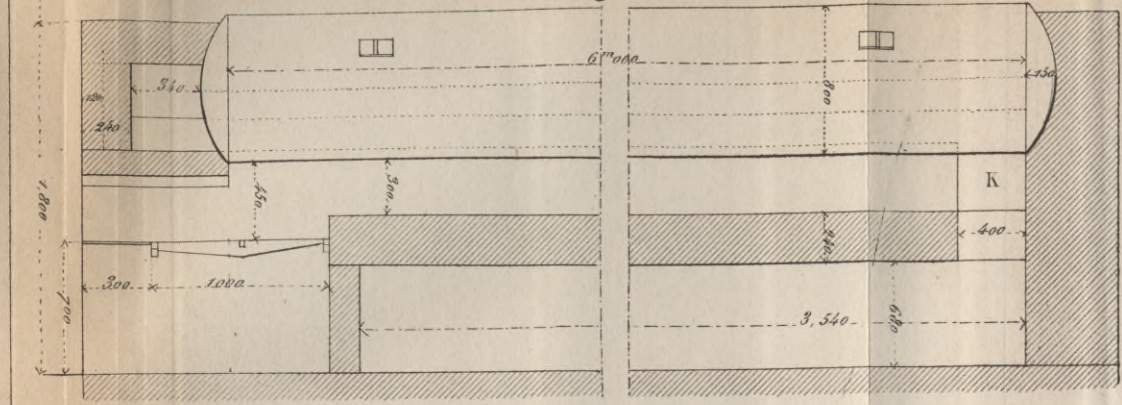


Fig. 2.

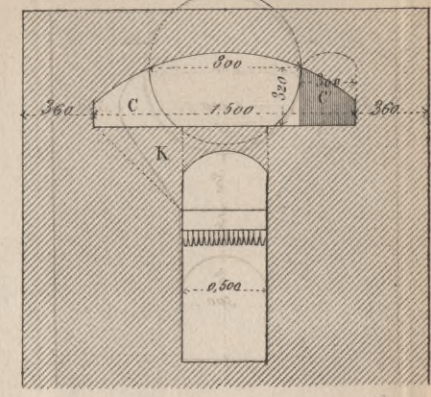


Fig. 3.

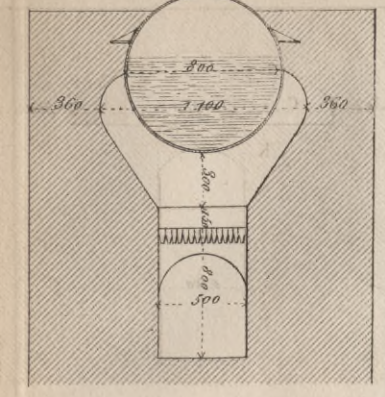


Fig. 6.

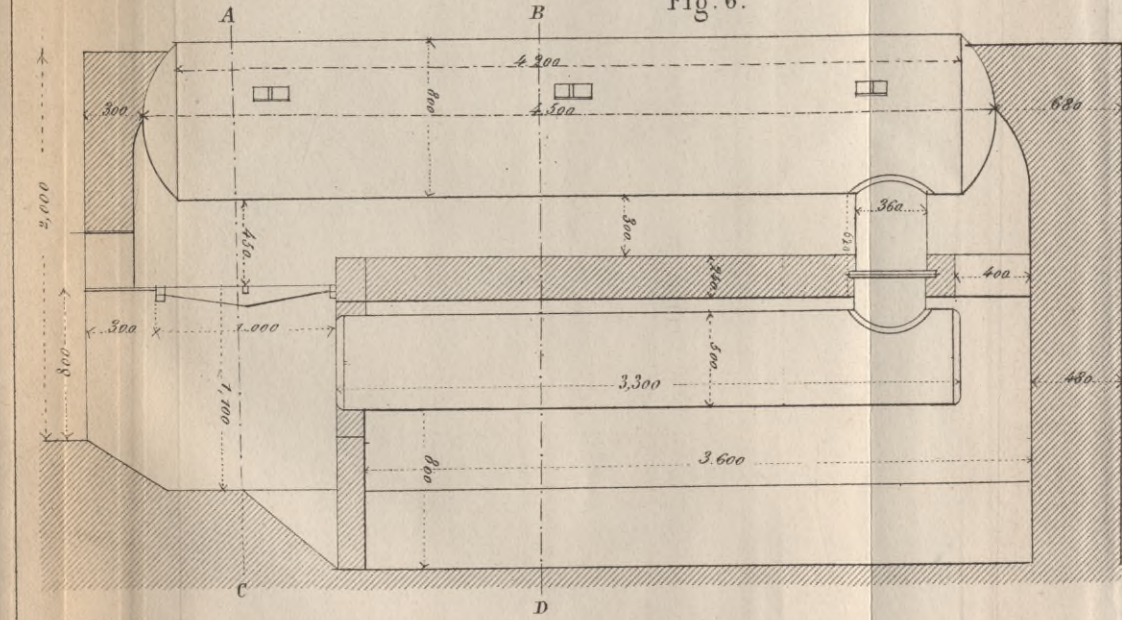


Fig. 7.

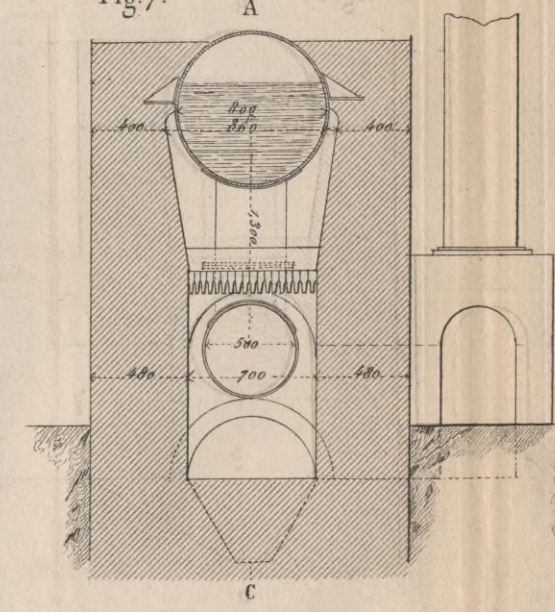


Fig. 8.

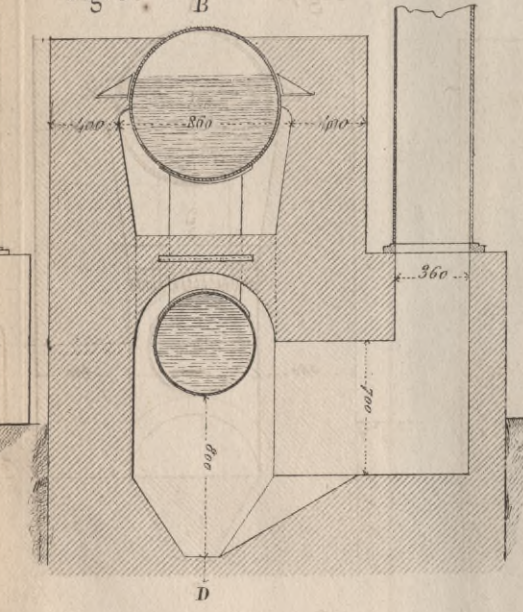


Fig. 9.

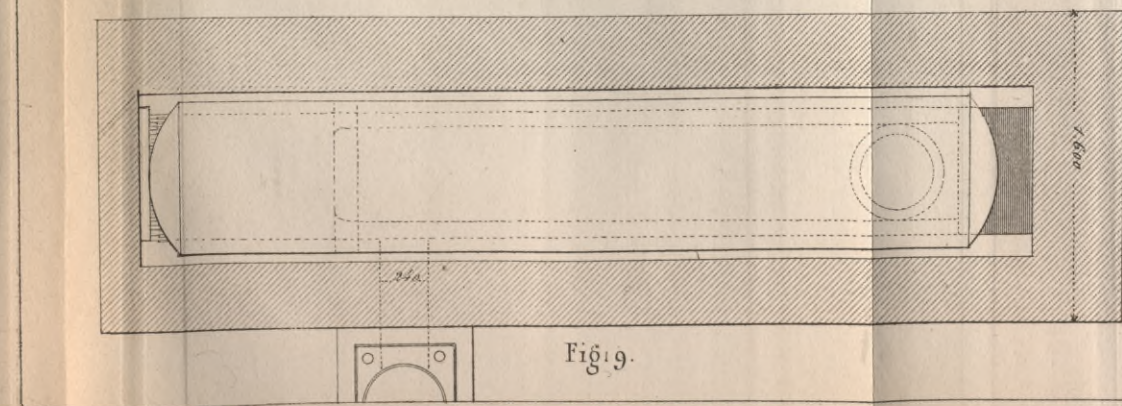


Fig. 5.

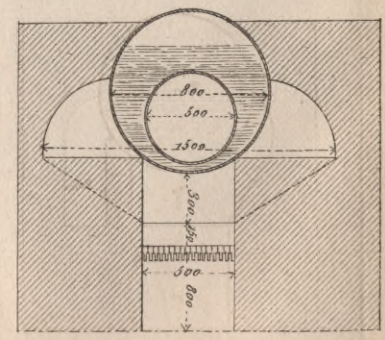
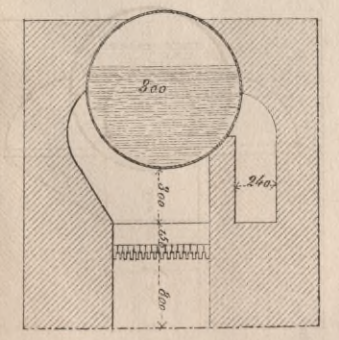


Fig. 4.





Chaudière de 15 Chevaux (Echelle de $\frac{1}{40}$)

Coupe longitudinale suivant C'D

Fig. 2.

Coupe transversale suivant E'F'

Fig. 3.

Plan avec Coupe de la maçonnerie suivant AB

Fig. 6.

Fig. 1. Vue de face.

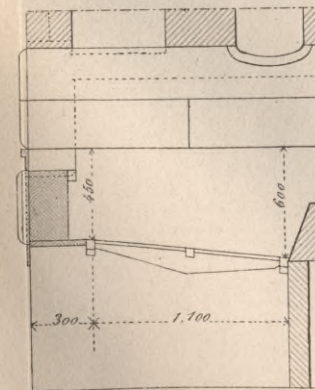
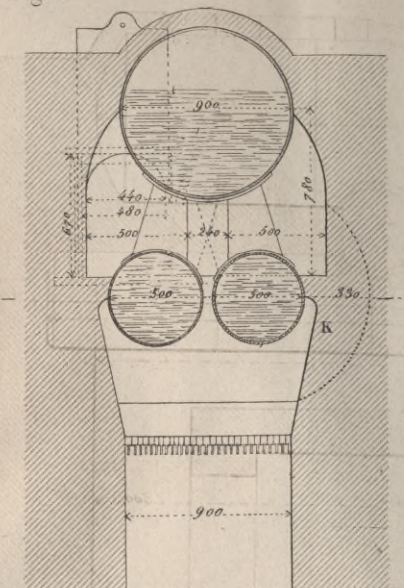
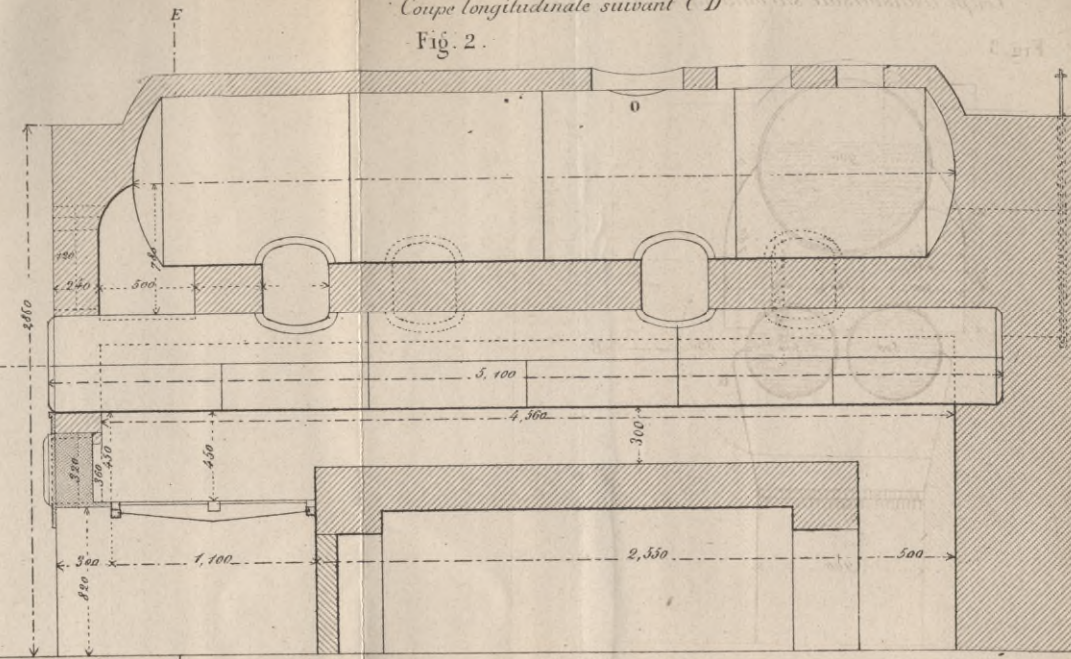
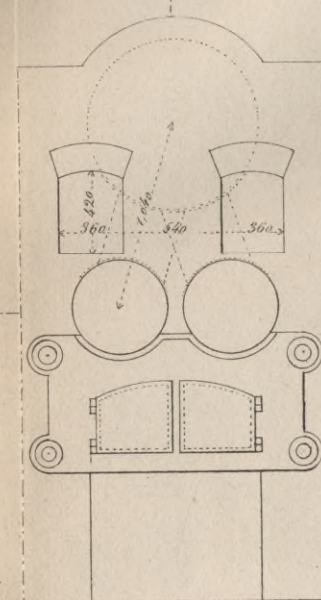


Fig. 5.

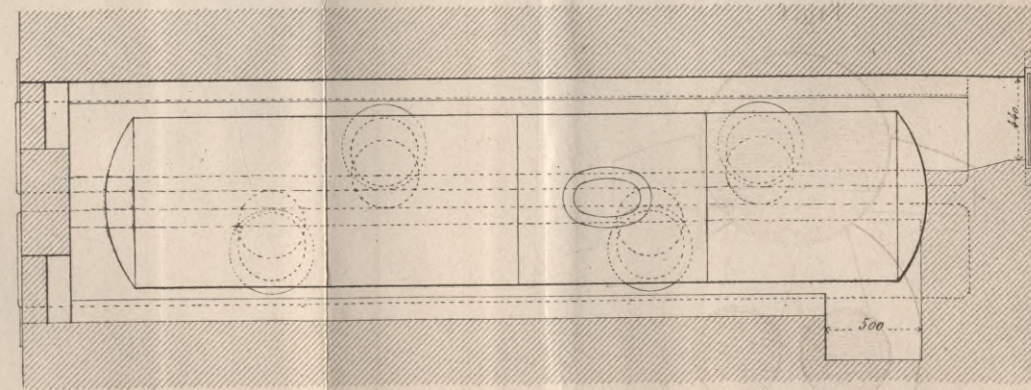
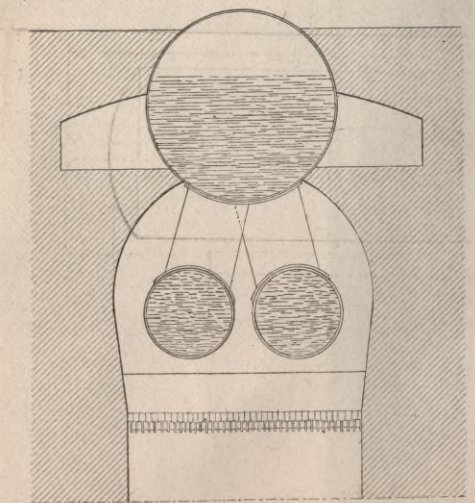


Fig. 4.



Echelle de $\frac{1}{40}$

1 2 3 mètres.



Fig. 1.

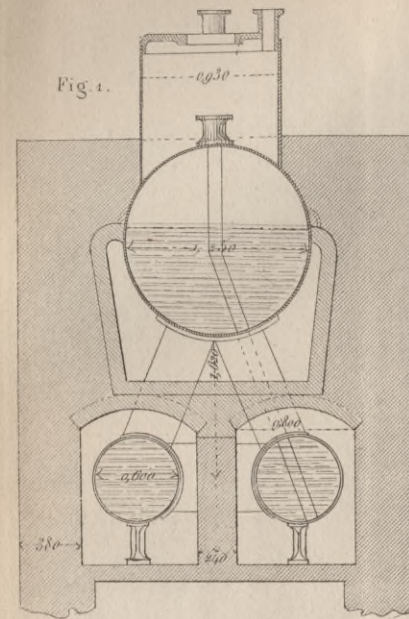


Fig. 2.

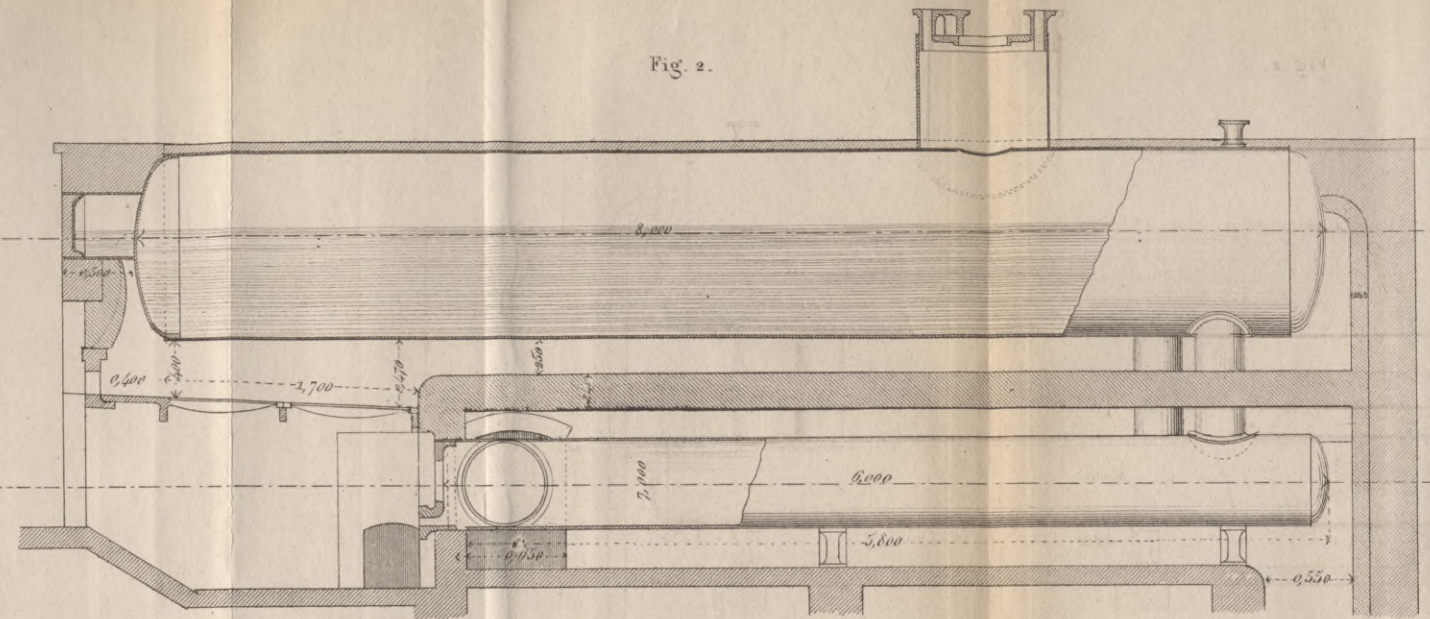


Fig. 5.

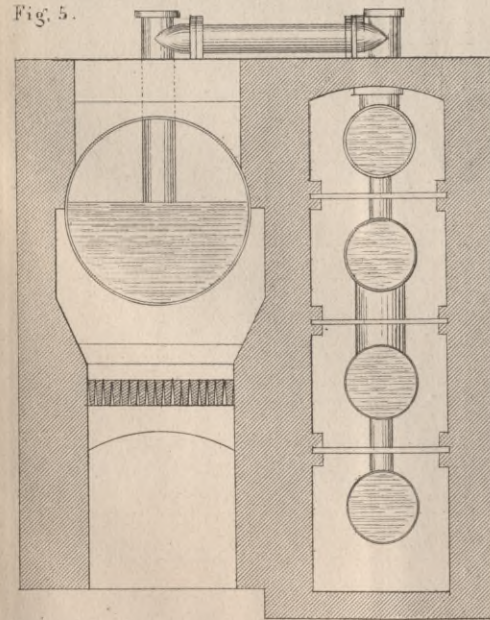


Fig. 3.

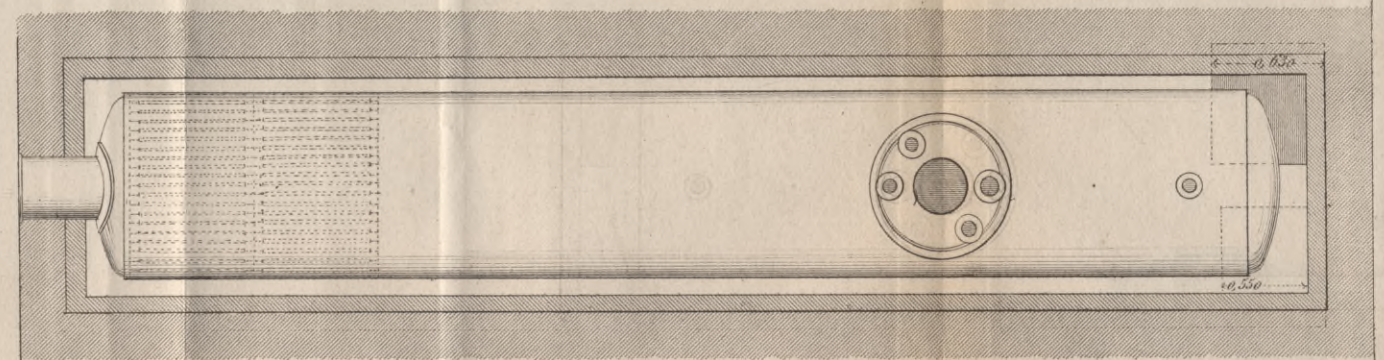
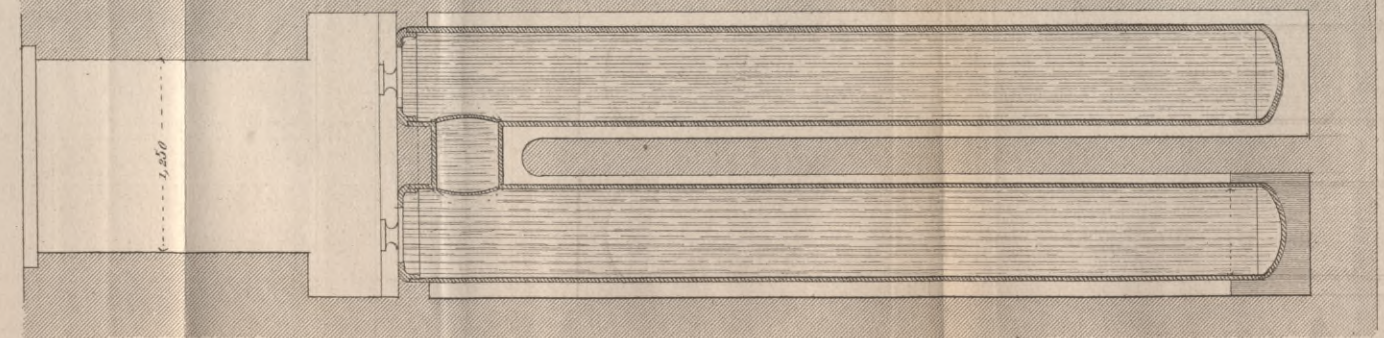


Fig. 4.





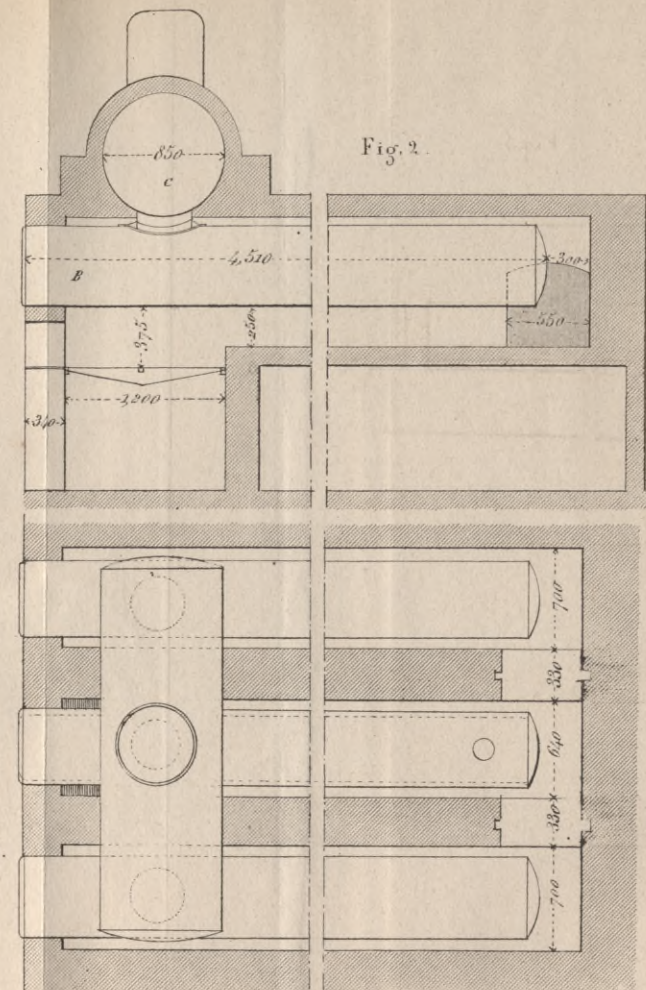
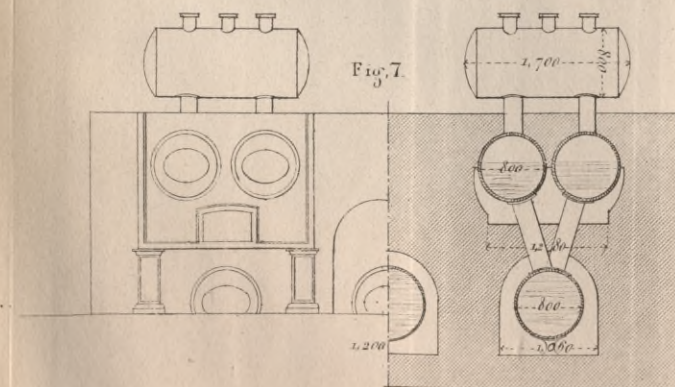
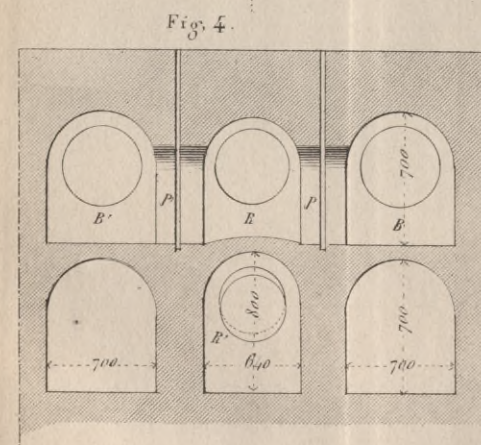
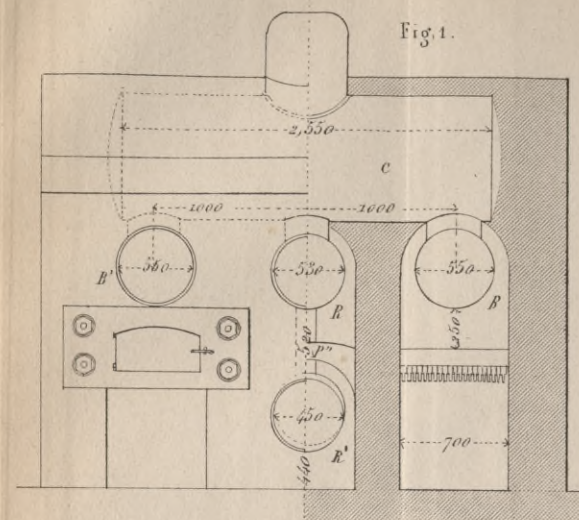


Fig. 5.

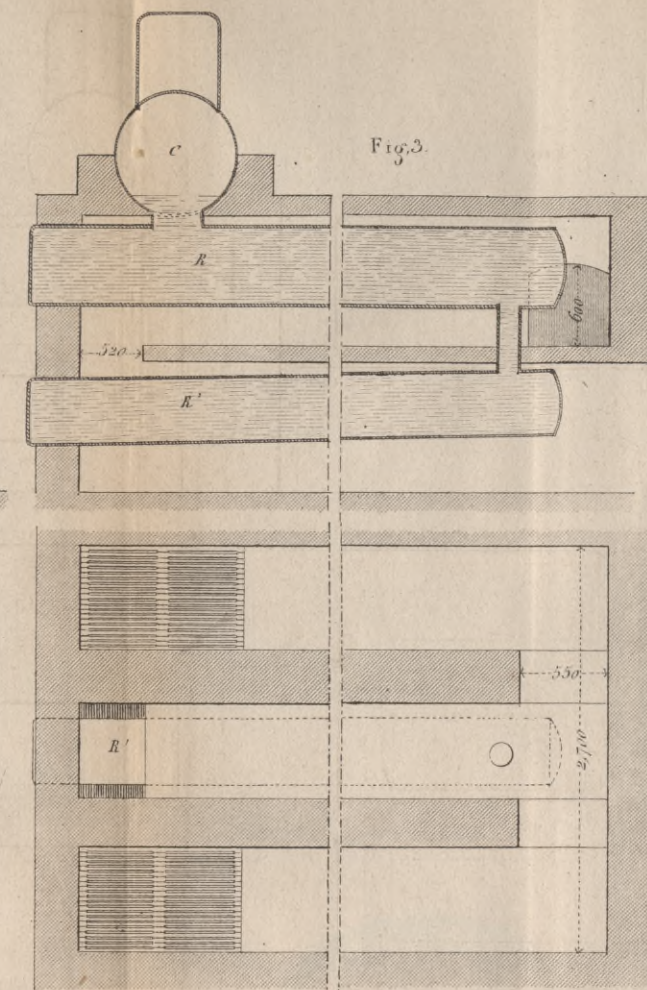


Fig. 6.

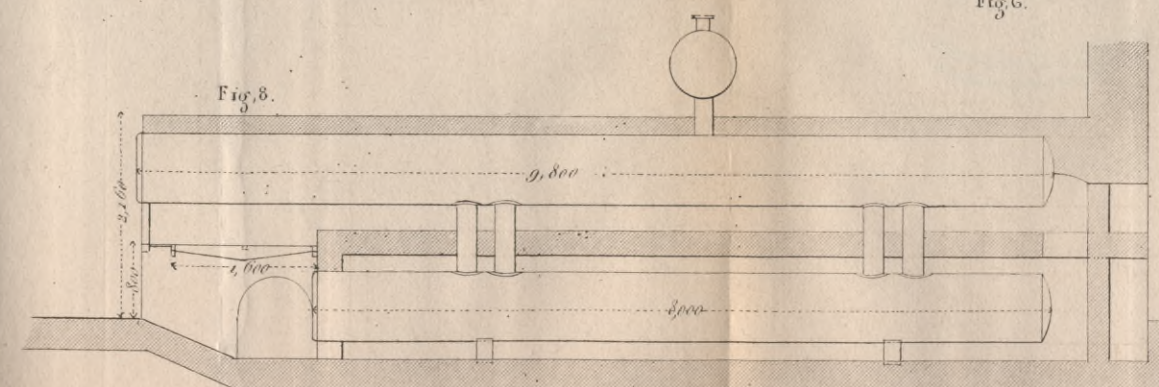




Fig. 7.

Fig. 7. a) b) c) d) e) f) g) h) i) j) k) l) m) n) o) p) q) r) s) t) u) v) w) x) y) z)

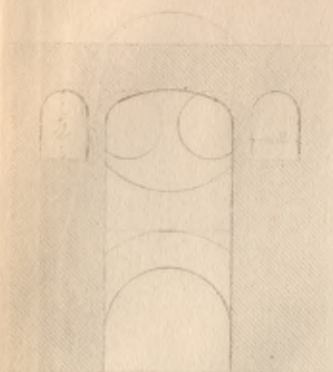


Fig. 8.

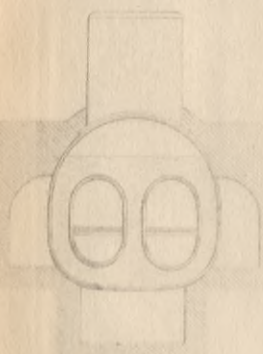


Fig. 9.

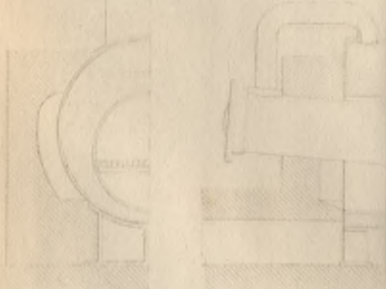


Fig.1. Coupe suivant AB. Fig.2.

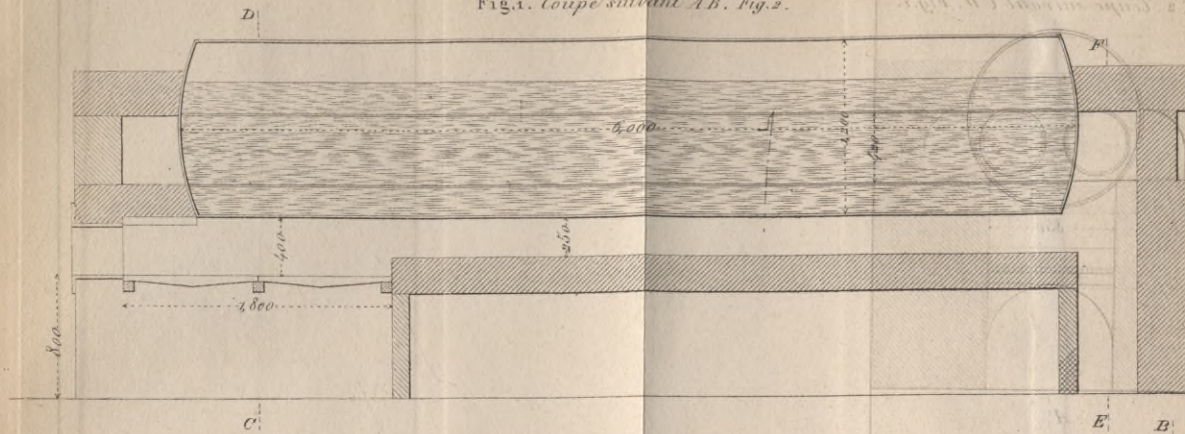


Fig. 2. Coupe suivant *CD*. Fig. 1.

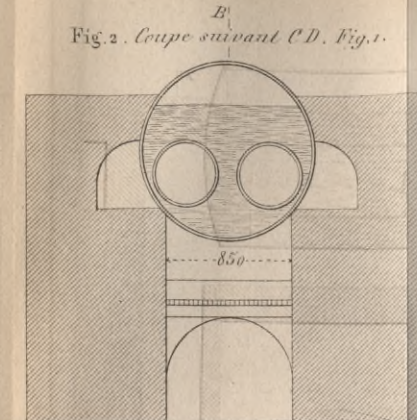


Fig.3. Coupe suivant EF. Fig.1.

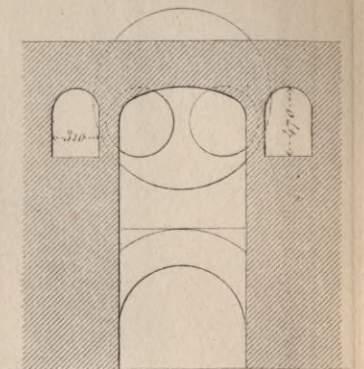


Fig.4. Coupe suivant AB. Fig.5.

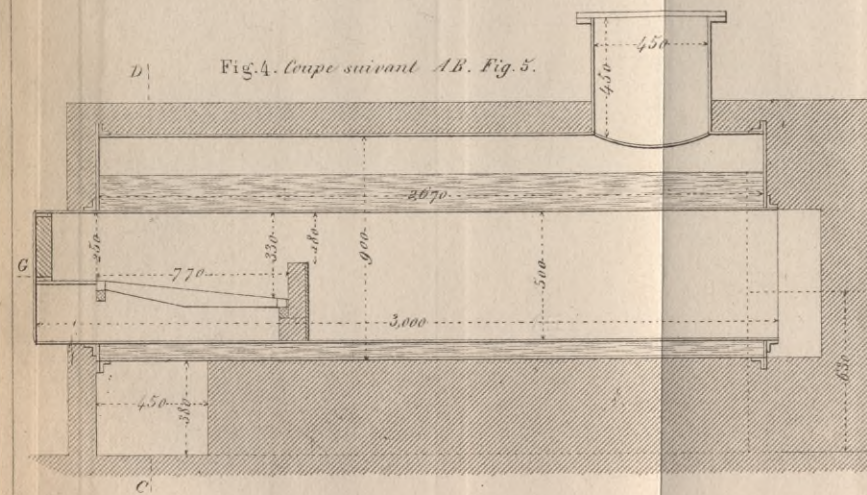


Fig. 5. Coupe suivant CD, Fig. 4.

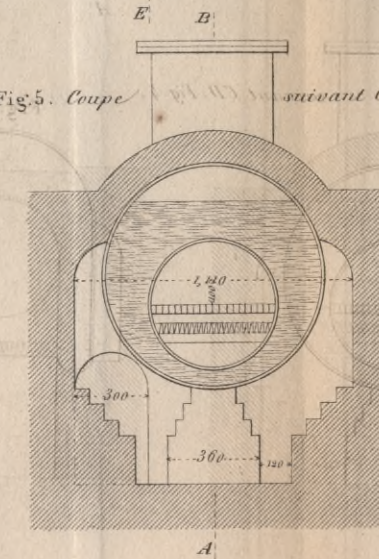


Fig. 7.

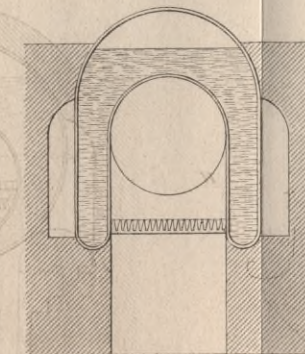


Fig. 8.

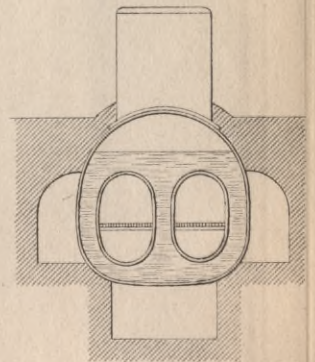


Fig. 6. Coupe suivant GH. Fig. 4.

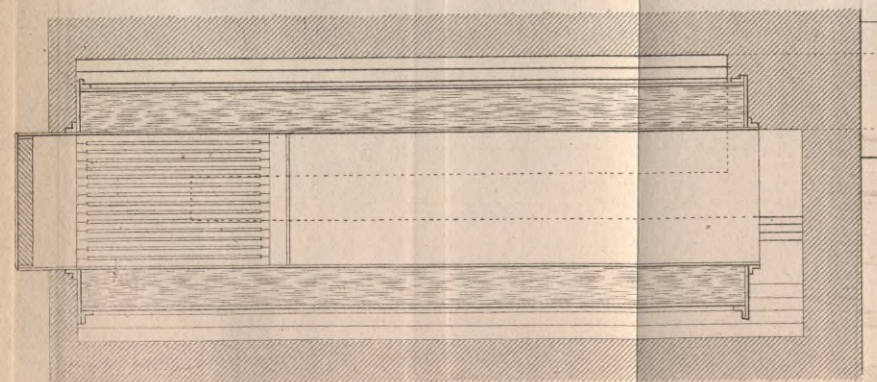


Fig. 9.

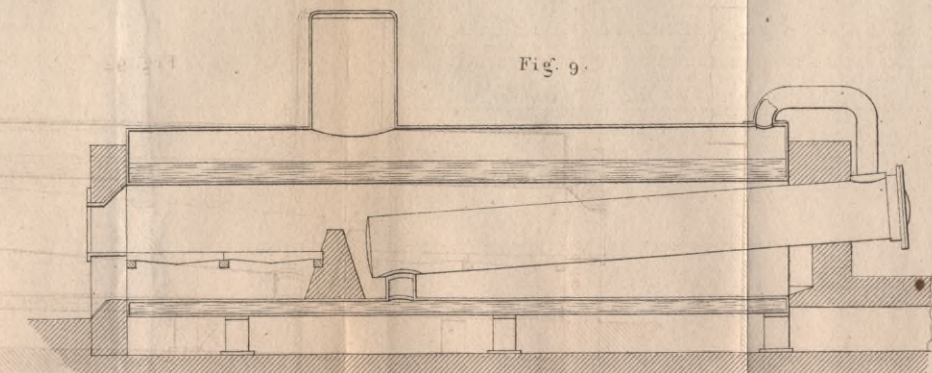
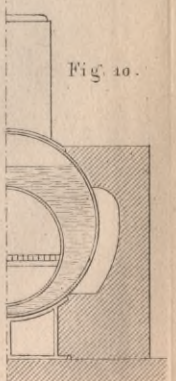


Fig. 10.



Echelle au 50.^e des fig. 1, 2, 3-9, 10

Echelle au 30^e des fig. 4, 5, 6.

Etabl^t de E Noblet, Editeur.



Fig. 1.

c | Coupe suivant AA.

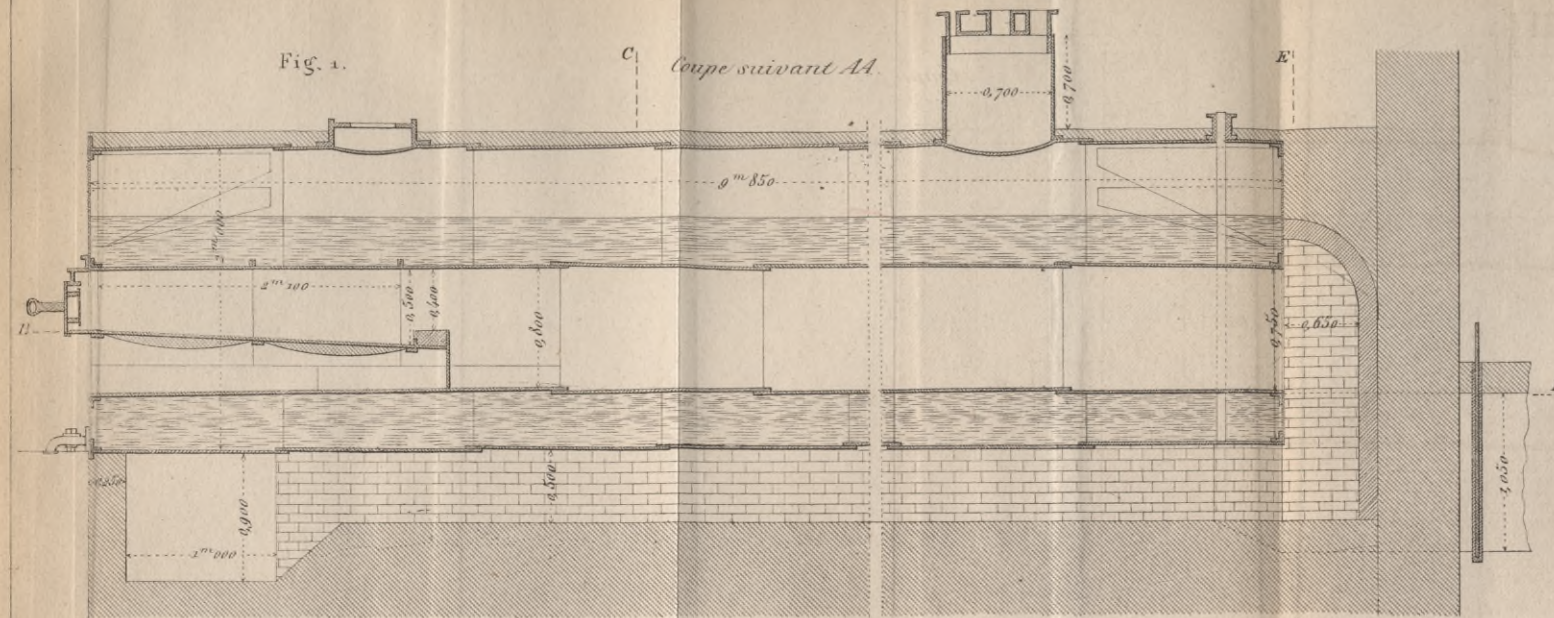


Fig. 2.

<i>Coupe suivant CC.</i>	<i>Vue de face.</i>
--------------------------	---------------------

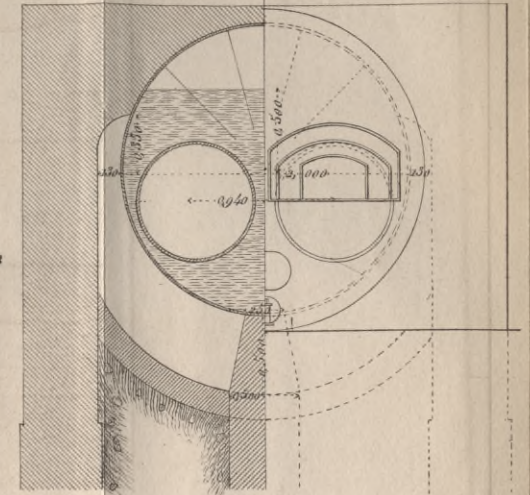


Fig. 3.

Coupe suivant BB.

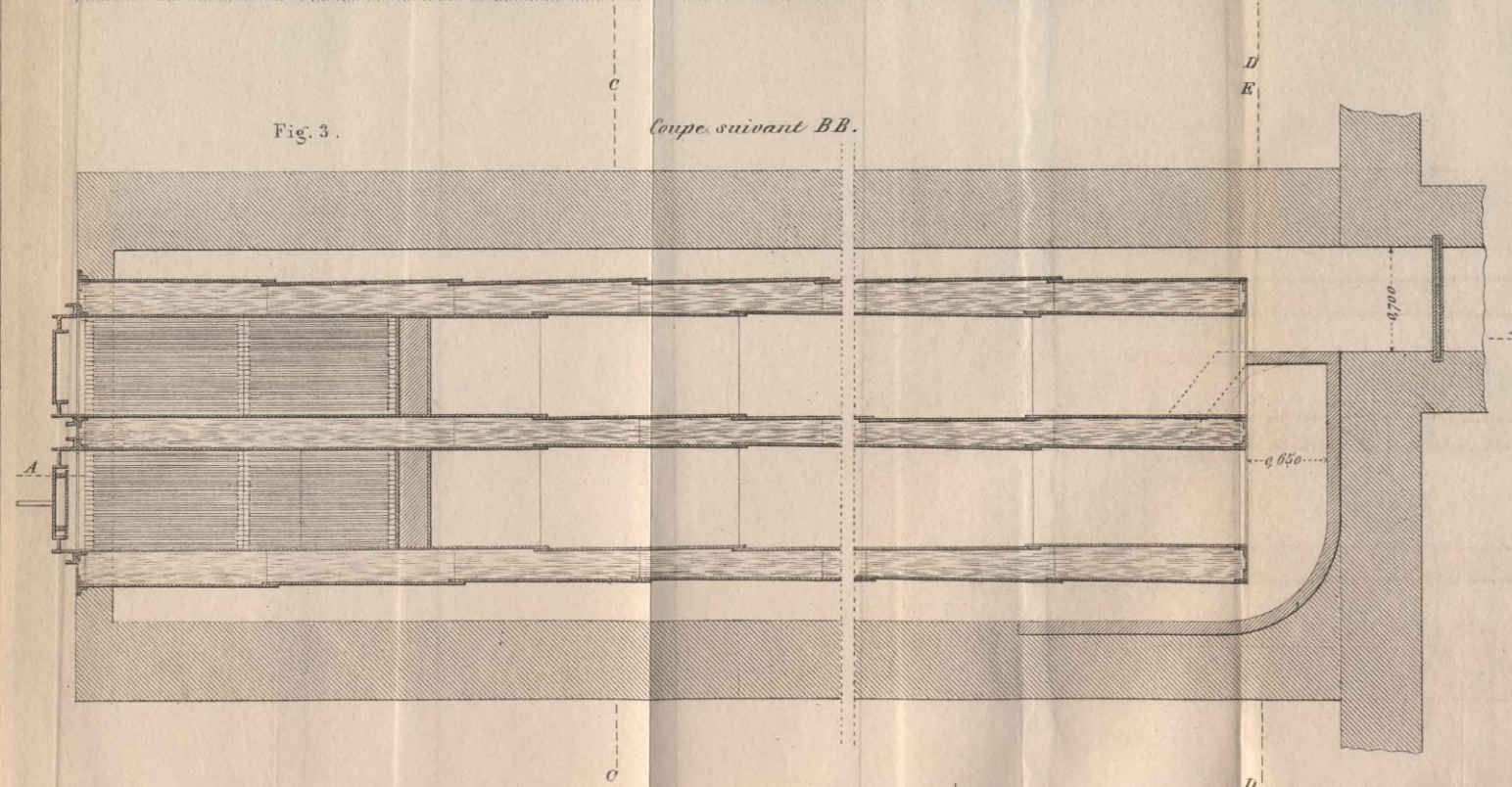
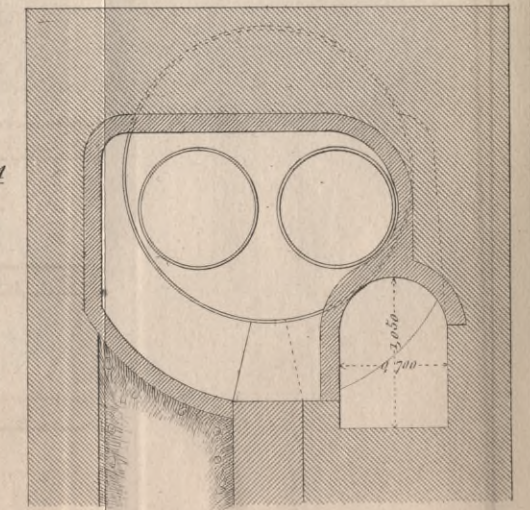


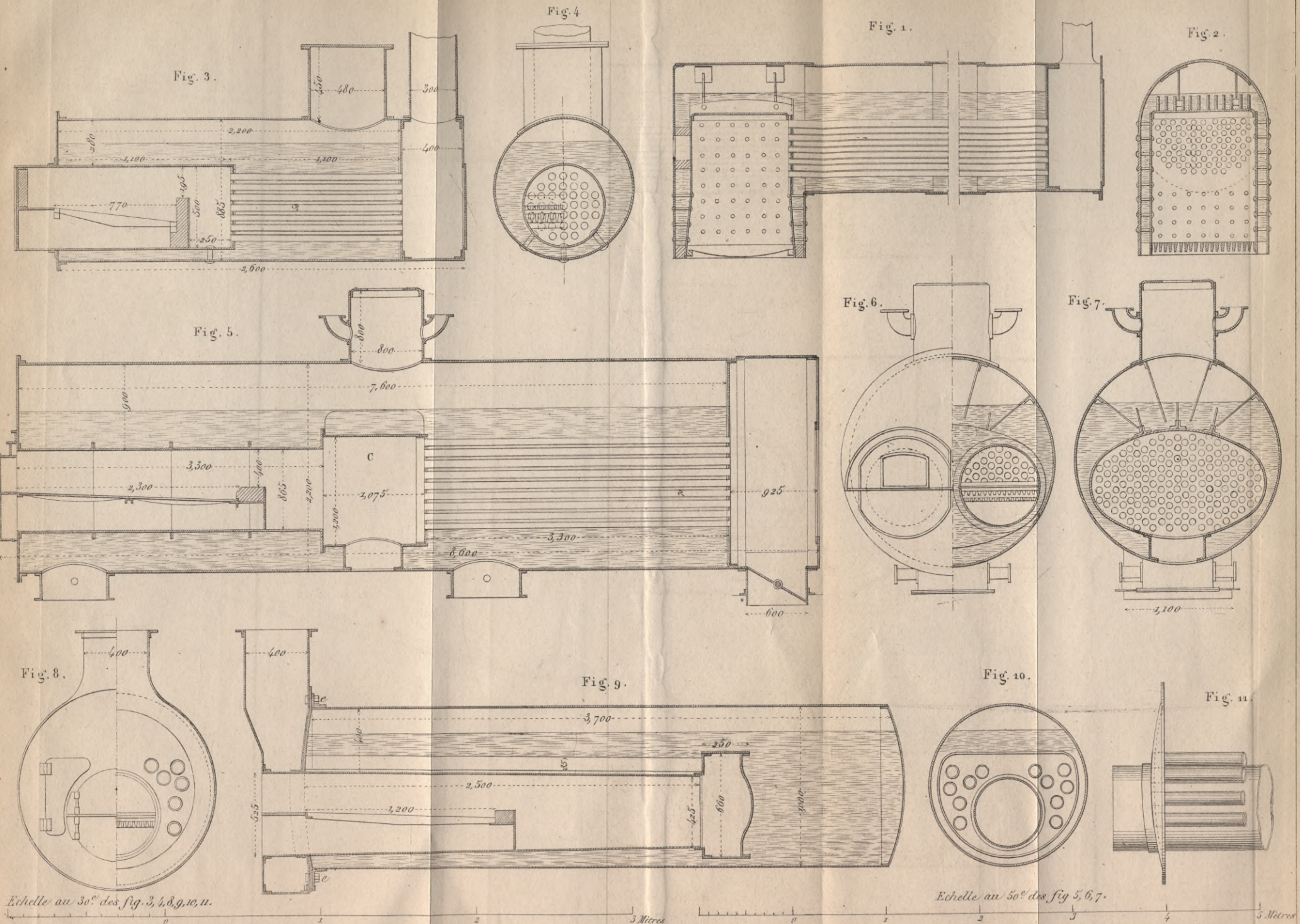
Fig. 4.
Coupe suivant D E.



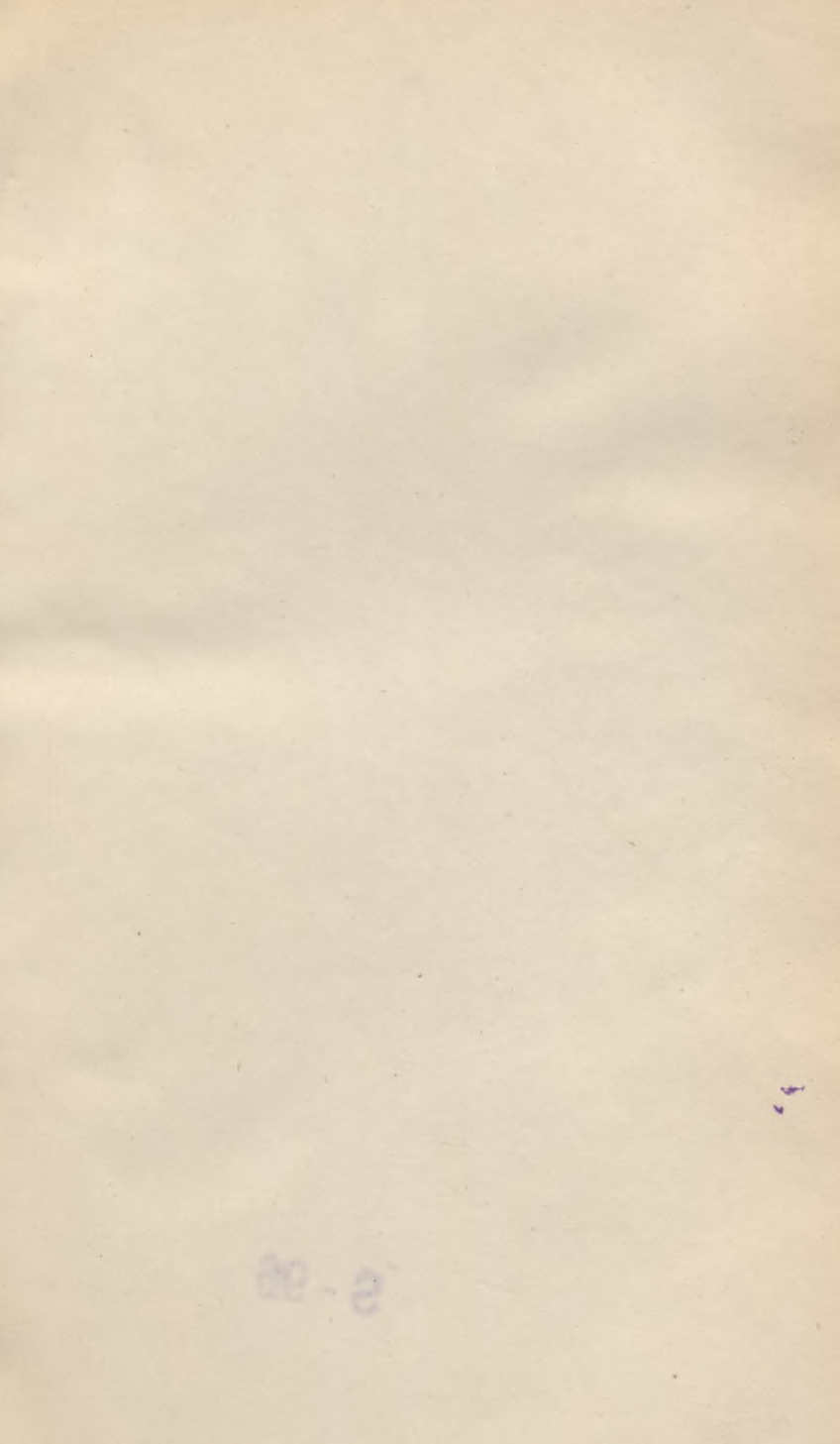
Echelle au 50^{ème} de la grandeur naturelle.

Établ.^t de E. Voblet, Éditeur.



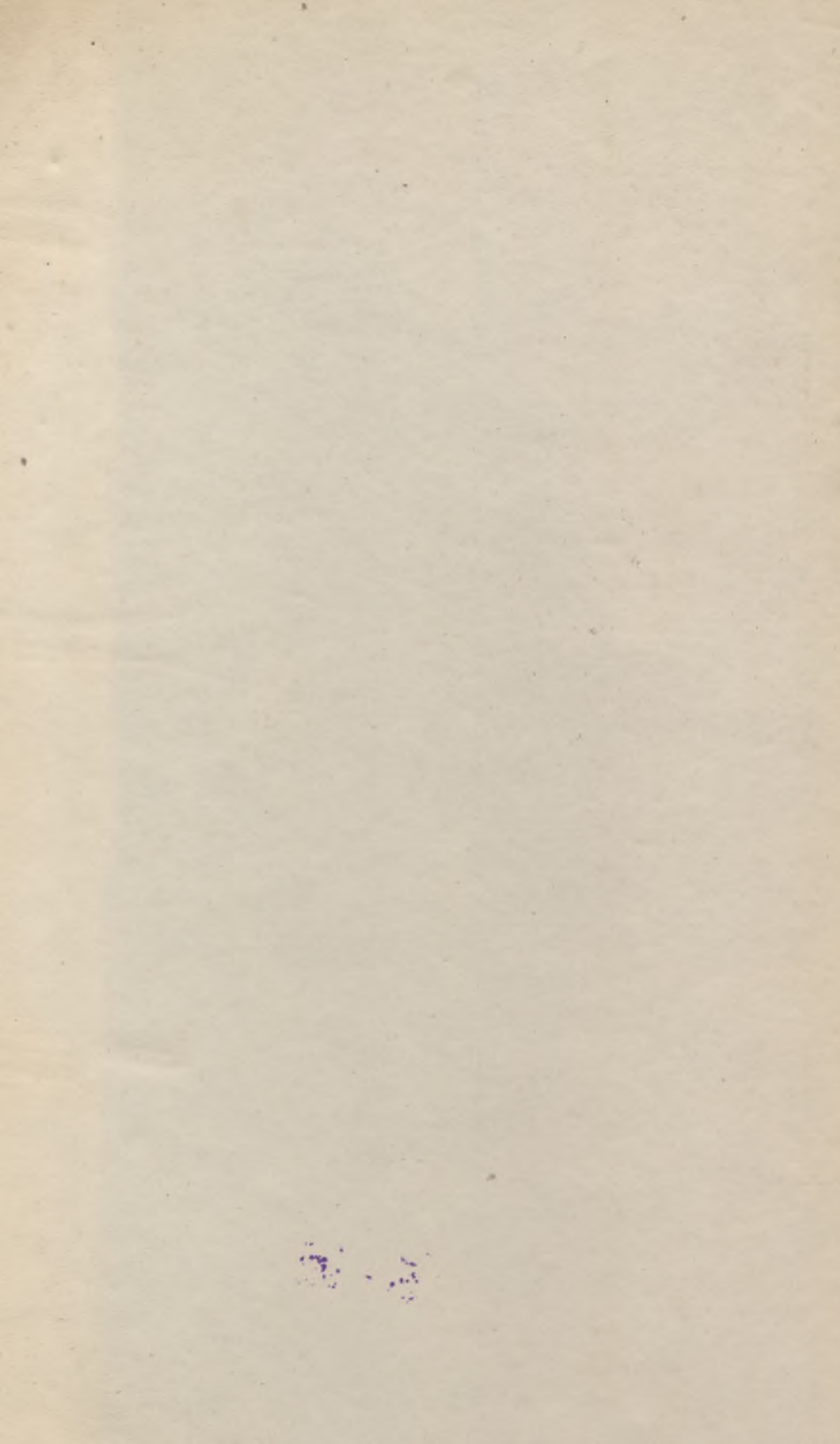






S-96





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

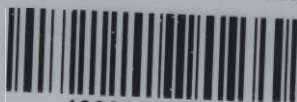
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

L. inv.

5412

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294817