

v. Reiche\*) empfiehlt in seinem die Anlage und den Betrieb der Dampfkessel betreffenden Werke

$$\text{für Steinkohlenfeuerung } Q = \frac{F}{4}$$

$$\text{„ Braunkohlenfeuerung } Q = \frac{F}{6}$$

zu machen, unter F die totale Kofstfläche zu wählen; weiter macht er

$$H > 16^m$$

$$H > 25d$$

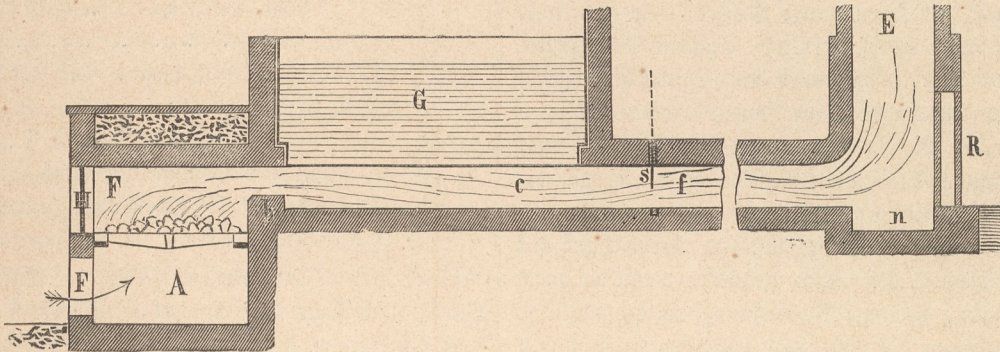
wobei d den kleinsten Durchmesser des Schornsteins bedeutet.

Zweites Capitel.

Feuerungs-Anlagen im Allgemeinen.

Im Anschluß an die Ausführungen des ersten Capitels, welches die an jeder Feuerungs-Anlage zu beobachtenden Erscheinungen vom Standpunkte der Theorie aus erörterte, mögen nunmehr die einer jeden der in vorliegendem Werke zu behandelnden Anlagen angehörigen Theile in ihren allgemeinen Umrissen gekennzeichnet werden, und wollen wir, an die Classification:

Fig. 5.



Wärmeerzeugung,  
Wärmeübertragung,  
Zugerzeugung

uns anlehnd,

den Verbrennungsraum als die Stätte der Wärmeerzeugung,

den Heizraum als Apparat der Wärmeüberführung,

den Schornstein als Zugerzeuger,

der Reihe nach besprechen.

Zu diesem Zweck haben wir in Figur 5 das Bild einer Feuerungsanlage skizzirt. F stellt den Feuerraum zugänglich durch die Heizthüre H dar; die Heizgase, bestimmt ihre Wärme an die in dem Gefäße G enthaltene Flüssigkeit abzugeben, werden in dem Kanale C an dem Boden des Gefäßes entlang geführt und schließlich in die Esse E geleitet.

§. 10.

Der Verbrennungsraum.

Dieser Raum soll den Brennstoff aufnehmen und den sich entwickelnden Heizgasen den Abzug nach dem Heizraum ermöglichen. Es ist deßhalb auf der einen (unteren) Seite durch den Herd beziehungsweise den Kofst, die Unterlage

des Brennmaterialies, auf drei anderen Seiten durch feste Wände begrenzt, während auf der fünften und sechsten Seite die zur Einbringung des Brennstoffes dienende Heizthür (Schüröffnung) bezw. die das Entweichen der gasförmigen Verbrennungsprodukte gestattende Oeffnung sich befinden.

Der Herd besteht in der Regel aus einem glatten Boden von Mauersteinen oder aus einer eisernen Platte, und wird die die Verbrennung unterhaltende Luft durch in der Heizthür befindliche spaltenförmige Oeffnungen, die mittels eines Schiebers nach Bedürfniß größer oder kleiner gemacht werden können, zugeführt.

Wird ein Kofst, d. i. eine durchbrochene Platte gewählt, so ist unter diesem stets ein Aschenraum, zugänglich durch das Aschenloch (A, Fig. 5), anzuordnen, durch welches letztere die Luft unter den Kofst tritt, um, dessen Spalten passirend, den Brennstoff zu durchstreichen. Die Bedienung des Kofstes ist hierbei so zu regeln, und die Dimensionen sind so zu bemessen, daß die Luftzuführung eine den jedesmaligen Umständen angemessene ist, und daß nur der Asche, nicht aber kleineren Brennstoffstückchen das Durchfallen ermöglicht wird. Ferner ist darauf Bedacht zu nehmen, daß der Kofst den Brennstoff mit genügender Sicherheit stützen und den verheerenden Einwirkungen des Feuers eine gewisse Zeit lang widerstehen soll.

Die für die Disposition der Kofstfläche empfehlens-

\*) v. Reiche, Anlage und Betrieb der Dampfkessel, Leipzig 1876.



wertigen Gesichtspunkte haben wir bereits im 1. Capitel gekennzeichnet und daher nur noch nöthig, die constructive Anordnung der Roste selbst zu erläutern und einige Details näher zu präcisiren.

Die üblichsten Rostconstruktionen lassen sich in folgende Kategorien bringen:

- 1) Planroste,
- 2) Treppenroste,
- 3) Stagenroste.

1) Der Planrost besteht bei kleineren Anlagen (Kochherden, Stubenöfen, kleineren Waschkesselfeuerungen) aus einr in einem Stücke gegossenen durchbrochenen eisernen Platte, wird jedoch bei mittleren und größeren Anlagen aus einzelnen Stäben, den sogenannten Roststäben (Tafel 1, Fig 1—3), zusammengesetzt. Diese erhalten Trapezquerschnitt, von oben nach unten um 4 bis 6<sup>mm</sup> sich verjüngend, und werden an den Enden und, wenn länger als circa 0,6<sup>m</sup>, auch in der Mitte derart verstärkt, daß bei dicht an einander gelegten Stäben die Rostspalten die gewünschte Weite erhalten. Die Stäbe werden auf gußeisernen Platten gelagert und zwar in der Weise, daß eine Verschiebung auf der Lagerfläche möglich ist. Dies geschieht, damit die durch Temperaturerhöhung bedingte Ausdehnung, welche ungefähr  $\frac{1}{50}$  der Roststablänge beträgt, nicht schädliche Spannungen erzeuge oder schließlich ein Sich-Krümmen der Stäbe veranlasse; doch hat die häufig anzutreffende Anordnung von Spelräumen den Nachtheil, daß diese illusorisch werden, sobald sie durch Schlacken oder kleine Brennstofftheilchen verstopft sind. In neuerer Zeit findet man daher nicht selten an dem einen Ende eine schräge Gleitfläche (Tafel 1, Fig. 2), eine Construction die sich empfiehlt, sobald der Rost nicht länger als zwei Roststablängen ist. Dies letztere ist in der Regel der Fall. Besteht der Rost aus zwei oder mehreren hintereinanderliegenden Rosten, Fig. 3 (Tafel 1), so wird der zwei Roststabsystemen gemeinschaftliche Rostträger zweckmäßig zu durchbrechen sein, damit die freie Rostfläche möglichst wenig geschmälert werde.

Bezüglich der Lage des Planrostes ist es empfehlenswerth, ihn stets horizontal anzuordnen, da es bei geneigtem Roste ungleich schwieriger wird, die Brennstoffschicht constant dick zu erhalten.

Das Bestreben, die Roststäbe feuerfest herzustellen, hat zu sehr verschiedenen Construktionen, die nur wenig Eingang gefunden haben, geführt. So hat man hohle Stäbe construirt und in diesen kaltes Wasser circuliren lassen; man hat ferner anstatt des Gußeisens sich des Schmiedeeisens bedient; ja man hat sogar hohle thönerne Stäbe gebildet — Alles aber ohne den gewünschten Erfolg, so daß man jetzt fast durchgängig mit beinahe alleiniger Ausnahme einiger hittemännischen Feuerungsanlagen (Puddel- und Schweiß-

öfen), bei denen noch schmiedeeiserne Stäbe anzutreffen sind, dem Gußeisen den Vorzug gibt.

Zweckmäßige Dimensionen der Roststäbe sind die folgenden:

Länge der Roststäbe  $\approx 1^m$ , so daß also bei

Rosten von mehr als 1<sup>m</sup> Länge zwei Roststablängen in Anwendung kommen.

Breite der Rostspalten:

für Holz als Brennstoff . . .	7—9 <sup>mm</sup>
„ Torf „ „ . . .	13—18 <sup>mm</sup>
„ staubige Braunkohle . . .	4—9 <sup>mm</sup>
„ stückige „ „ . . .	9—13 <sup>mm</sup>
„ fette, backende Steinkohle . . .	17—20 <sup>mm</sup>
„ nicht backende „ . . .	8—10 <sup>mm</sup>
„ Goks . . . . .	10—12 <sup>mm</sup> .

Höhe des Roststabes in der Mitte (nach v. Reiche)

$$h = 25^{\text{mm}} + 0,1 \cdot l$$

wobei  $l$  die Länge des Stabes bedeutet.

Dicke des Roststabes oben gemessen 20<sup>mm</sup>

Höhe des Stabes am Auflager 35<sup>mm</sup>.

2) Der Treppenrost (Fig. 4, Tafel 1), welcher häufig (und zwar nur) Anwendung findet, wenn der Brennstoff staubförmig ist, also vorzugsweise bei staubiger Braunkohle, besteht im Wesentlichen aus zwei in der Regel unter 30° geneigten und im Abstände 0,4<sup>m</sup> bis in maximo 0,6<sup>m</sup> von einander angeordneten Wangen, an denen horizontale, sich theilweise überdeckende Stufen befestigt sind, und die oben und unten auf je einen gußeisernen Balken sich lagern. Oberhalb des oberen Tragbalkens befindet sich ein Fülltrichter, durch welchen der Brennstoff in möglichst kleinen und häufigen Portionen dem Roste zugeführt wird. Das unverbrannt an der tiefsten Stelle des Rostes anlangende Brennmaterial wird auf dem dort befindlichen Planroste verbrannt und besteht dieser entweder aus einer durchbrochenen Platte oder aus einem Rahmen mit Roststäben der vorhin erläuterten Construction. Der Luftzutritt unter diesen Planrost wird dann bei sorgfältiger durchgeführten Construktionen durch theilweises Aufziehen des horizontalen plattenförmigen Schiebers S regulirt und dient dann letzterer gleichzeitig zur Aufnahme der durch den Planrost ausgestoßenen Asche. Auch die auf dem Roste P sich ansammelnde Schlacke kann man sehr leicht entfernen, wenn man den zur Aufnahme der Roststäbe dienenden Rahmen schieberartig einrichtet. Nach Ausziehen desselben fallen dann die Schlacken auf den Schieber S und nach Oeffnen dieses in das Aschenloch A.

Die zweckmäßigste Verbindung der Stufen mit den Wangen wird jedenfalls die sein, welche das Auswechselln jeder einzelnen Stufe gestattet und zudem verhindert, daß die Deformation einer Stufe die Formänderung sämtlicher



im Gefolge hat. Deshalb empfiehlt sich die in Fig. 5, Taf. 1, dargestellte Anordnung. Die Stufen ruhen auf an die Wangen angegossenen Leisten derart, daß einer Ausdehnung in Folge der Erwärmung kein Hinderniß sich entgegenstellt. Die oberste Stufe ist zur sogenannten Schürplatte erbreitert.

Nach v. Reiche erweisen sich folgende Abmessungen als zweckmäßig\*).

Breite der Wangen 100<sup>mm</sup> bis 120<sup>mm</sup>,  
 Stärke " " 25<sup>mm</sup>,  
 Gesamtlänge des Rostes höchstens 2 ,  
 Breite " " " 1,3<sup>m</sup>,  
 Dicke der Stufen 8<sup>mm</sup> bis 12<sup>mm</sup>,  
 Dichter Abstand der Stufen 19<sup>mm</sup> bis 20<sup>mm</sup>,  
 Breite der Roststäbe 118<sup>mm</sup> bis 120<sup>mm</sup>.

Die gußeisernen Balken zur Unterstützung des unteren Endes des Rostes und des Schiebers S sind 130<sup>mm</sup> breit und 40<sup>mm</sup> bis 50<sup>mm</sup> stark zu machen.

Dem Balken B zur Unterstützung des oberen Endes ist hingegen bei 6<sup>cm</sup> Breite eine Höhe von 9<sup>cm</sup> zu geben; auch ist derselbe 15<sup>cm</sup> tief in die Mauer einzulassen.

Der Schieber S erhält bei circa 45<sup>cm</sup> Länge 1,0 bis 1,2<sup>cm</sup> Dicke und springt 8<sup>cm</sup> in die Mauer ein.

Der Planrost wird — falls er aus einer durchbrochenen Platte besteht — 2,5<sup>cm</sup> stark gemacht; sonst erhält er 5—7<sup>cm</sup> Höhe.

Der Treppenrost hat den Vorzug leichter Bedienung und ist — wie bereits bemerkt worden — sehr empfehlenswerth für staubförmigen Brennstoff. Er hat jedoch den Nachtheil, die Asche nicht selbst auszustößen und macht deshalb während des Betriebes eine häufige Reinigung der Spalten nöthig; auch wird der Brennstoff mit einer verhältnißmäßig großen Masse Eisen in Berührung gebracht und dadurch merklich abgekühlt. Der Treppenrost ist unbrauchbar für sinternde oder gar backende Brennstoffe, da das bei diesen so nothwendige Aufbrechen nicht möglich ist.

3) Längen's Etagenrost. Eine Rostconstruction, die bei ihrem ersten Erscheinen großes Aufsehen erregte, die Erwartungen vieler auf das höchste spannte, jetzt aber wenig mehr in Gebrauch ist, da die Brennmaterialersparniß keineswegs die gewünschte war, ist die von Längen erfundene, und durch die Skizze, Fig. 6, Tafel 1, veranschaulichte Combination des Treppenrostes und Planrostes, bekannt unter dem Namen Längen'scher Etagenrost. Der Anordnung, auf deren Details wir nicht weiter eingehen wollen, liegt das Princip, mehrere über einander gelegene Schürplatten zu gewinnen, zu Grunde, und ist hiermit der große Vortheil verbunden, daß bei Beschickung einer der unteren

Schürplatten die aus dem frisch aufgeworfenen Brennstoffe sich entwickelnden und die Produkte einer sehr unvollkommenen Verbrennung enthaltenden Gase die heißen Edukte der oberen Schürplatten durchstreichen müssen und durch diese weiter verbrannt werden. Im Gefolge dieses Arrangements, welches einen immerhin nicht unbeträchtlichen Abstand der einzelnen Etagen bedingt, ist aber eine zu hohe Brennstoffschicht, welche der Luft nur schwer den Durchgang gestattet und zur Bewältigung der durch sie dem Luftzutritt entgegengesetzten Widerstände eine Verstärkung des Zuges erheischt. Dieser sehr schwer in die Wagschale fallende Umstand ist besonders gewichtig bei staubförmigem Brennstoff, während bei sinterndem und backendem Materiale aus Gründen des erschwerten Aufbrechens die Wahl des Etagenrostes als eine keineswegs glückliche sich erweisen dürfte. Da nun auch die Stückohle am besten auf einem Planroste verbrannt wird, so ist die Auswahl des Brennstoffes für den Etagenrost eine so geringe, daß es wohl erklärlich bleibt, warum die Construction verlassen wurde.

Zu der Skizze, Fig. 6, Tafel 1, werde noch bemerkt, daß an der tiefsten Stelle des Längen'schen Rostes ein Planrost sich befindet, dem die zweifache Function der Verbrennung des herabgefallenen Brennstoffes und der Entfernung der Schlacken obliegt.

Auf eine Beschreibung noch weiterer Rostconstructions müssen wir — dies Spezialwerken überlassend — verzichten, und wenden uns den anderen Theilen des Feuerraumes zu.

Zunächst ist hervorzuheben, daß die Seitenwände normal zur Rostfläche gerichtet sein müssen, um den Luftstrom zu zwingen, in dieser Richtung die Brennstoffschicht zu durchstreichen. Diese Bedingung veranlaßt auf der den Heizgasen den Abfluß gestattenden Seite das Entstehen der sogenannten Feuerbrücke b, Fig. 5, deren erster Zweck es also nicht ist — wie vielfach behauptet wird — den Querschnitt des Feuerraumes auf den etwa kleiner ausfallenden der Züge zu reduciren, sondern welche hauptsächlich deshalb bis zu einer gewissen Höhe — von mindestens 0,3<sup>m</sup> — aufgeführt werden muß, den Luftzutritt in die Verbrennung begünstigender Weise zu beeinflussen. Nebenzweck der Feuerbrücke ist allerdings die Abgrenzung des Feuerraumes und — namentlich bei schräg liegenden Rosten — die Bildung eines Widerlagers für die Brennstoffschicht; sie hindert auch das Mitreißen der Flugasche durch die Feuergase. Es geht hieraus hervor, daß es zweckmäßig sein wird, die Feuerbrücke nicht zu krümmen, sondern höchstens an den Oberkanten leicht abzurunden.

Die Höhe des Feuerraumes richtet sich zuvörderst nach der Beschaffenheit des Brennstoffes; sie muß so groß sein, daß die Flamme sich völlig entwickeln kann und die Heizgase noch vor Eintritt in den Heizraum möglichst vollständig verbrennen (vergl. S. 5). Weiter wird die Beschaffen-

\*) v. Reiche, a. a. O.



heit des die Decke bildenden Materiales maßgebend sein. Bei größeren Anlagen, in deren Feuerstätten hohe Temperaturen entstehen, wird der Verbrennungsraum einer Vorfeuerung stets mittels feuerfester Steine umschlossen. Ferner wird über dem die Decke bildenden Gewölbe — durch eine Isolirschiicht getrennt — ein zweites angeordnet, welches, mit schlechten Wärmeleitern bedeckt, Wärmeverlusten vorbeugt. Dann wird es sich empfehlen, den Feuerraum möglichst niedrig zu machen, damit das Gewölbe schnell glühend wird und den aus dem frisch aufgeschütteten Brennstoffe sich bildenden Rauch entzündet. Die Minimalhöhe ist gleich der durch die Ermöglichung einer bequemen Bedienung des Kofes normirten Minimalhöhe der Heizthür. Die Dimensionen dieser sind folgende:

- 1) wenn einflügelig:
  - Breite: 30—35<sup>cm</sup>
  - Höhe: 25—30<sup>cm</sup>
- 2) wenn zweiflügelig:
  - Breite: 45—53<sup>cm</sup>
  - Höhe: 30—35<sup>cm</sup>.

Theils zur Verhinderung von Wärmeverlusten, theils auch um die Heizthür gegen die verheerenden Wirkungen des Feuers zu schützen, empfiehlt es sich, an der Innenseite der Thür Rippen anzubringen und zwischen diese dann eine Schicht feuerfesten Thon zu lagern. Zu gleichem Zwecke wird sehr häufig im Abstände von circa 10<sup>cm</sup> von der Feuerthür eine mit dieser durch Stehholzen verbundene schmiedeeiserne Schutzplatte angebracht, behufs deren Abkühlung in der Thür kleine durch einen Schieber ganz oder theilweise verschließbare Oeffnungen sich befinden. Außerdem ist es bei größeren Anlagen durchaus rathsam, zwischen der Vorderkante des Kofes und der Feuerthür circa 30—40<sup>cm</sup> Abstand zu lassen; eine Anordnung, die sich übrigens schon des bequemeren Schürens wegen empfiehlt.

Der Aschenraum, auch Aschenloch, A in Fig. 5, genannt, erhält mit dem Kofe mindestens dieselbe Breite und Länge; geringere Dimensionen sind unter keinen Umständen zuzulassen. Die Höhe des Aschenraumes ist gleichgültig; sie übt auf den Luftzutritt keinen Einfluß; man wählt sie in der Regel so, daß die das Aschenloch schließende Thür nicht stark erhitzt wird. Diese Thür wird, um eine Regulirung des Luftzutritts zu ermöglichen, zweckmäßig durch einen in gußeisernem Rahmen laufenden Schieber ersetzt. Auf den Boden des Aschenraums stellt man zuweilen ein Gefäß mit Wasser, das bestimmt ist, die nach unten strahlende Wärme aufzunehmen und die Unterseite des Kofes zu kühlen, die Kofstäbe also zu conserviren. Auch tragen die sich entwickelnden Wasserdämpfe dazu bei, die Verbrennung lebhafter zu gestalten. Diese an und für sich rationelle Anordnung dürfte jedoch, namentlich bei größeren Anlagen, für die

Dauer etwas sehr unbequem werden, und ist dies vielleicht der Grund, warum man ihr nur selten begegnet.

## §. 11.

### Die Rauchverzehrung.

Nachdem wir das allgemeine Bild eines Verbrennungsraumes fixirt, liegt uns die Erörterung einer Frage ob, die seit Decennien den Geist der Ingenieure beschäftigt und zur Erfindung einer geradezu unübersehbaren Menge von Constructionen drängte, welche allerdings nur auf einer geringen Zahl von Principien beruhen. Es ist dies die Frage der Rauchverzehrung.

Nicht nur, daß es Gründe der Defonomie sind, welche die Beseitigung des der Esse entströmenden Rauches, dieses Kennzeichens einer unvollkommenen Verbrennung und einer unrationellen Auswerthung des immer kostbarer werdenden Brennstoffes wünschenswerth erscheinen lassen; es sind auch sanitätspolizeiliche Rücksichten, welche der Erzielung möglichst rauchloser Verbrennung das Wort reden; sie haben in beinahe allen Staaten Veranlassung gegeben, in die Vorschriften, betreffend die Ertheilung der Genehmigung zur Erbauung einer größeren Feuerungsanlage einen Passus aufzunehmen, der fast übereinstimmend sich dahin ausspricht, daß die benachbarten Grundbesitzer durch Rauch und Ruß keine erheblichen Belästigungen und Beschädigungen erleiden dürfen und daß, falls solche Uebelstände sich nach Eröffnung des Betriebes bemerkbar machen, der Unternehmer zur nachträglichen Beseitigung derselben durch Erhöhung des Schornsteins, Benutzung eines anderen Brennmaterialies, Anwendung rauchverzehrender Vorrichtungen oder auf andere Weise verpflichtet sei.

Trotz alledem, ungeachtet der Anstrengungen einer großen Anzahl tüchtiger Ingenieure ist die Frage nach einem allen Anforderungen entsprechenden Rauchverzehrungsapparate noch weit von ihrer Lösung entfernt, und ist es namentlich die Bedingung der größtmöglichen Defonomie, deren Erfüllung sich nicht unbedeutende Schwierigkeiten entgegenstellen. Eine große Zahl der entstandenen Constructionen, ja sogar solche, deren Grundprincipien zu hohen Erwartungen berechtigten, zählen demnach heute nur noch zu den historischen.

Der Grund hiefür ist vielleicht — wenigstens theilweise — in einer gewissen Einseitigkeit des Vorgehens zu suchen, darin gipfelnd, daß man sich lediglich um Erhöhung des Wirkungsgrades  $\eta_1$  des Feuerraums und zwar auf Kosten des Wirkungsgrades  $\eta_2$  der Heizfläche bemüht hat und ist es Thatfache, daß der Gesamteffect  $\eta = \eta_1 \eta_2$  (vergl. §. 8) sich häufig als kleiner herausgestellt hat als ohne die rauchverzehrende Vorrichtung; ja es entstanden



Constructionen, denen zwar gelang den Rauch ziemlich zu beseitigen, die aber selbst eine Verkleinerung von  $\eta_1$  im Gefolge hatten und zwar ohne etwa als Ersatz eine Vergrößerung von  $\eta_2$  zu bieten. Anderen der entstandenen Apparate und Anordnungen stellten sich Schwierigkeiten hinsichtlich der praktischen Ausführung entgegen; wieder andere ließen bezüglich der Höhe der Anlagekosten viel zu wünschen übrig.

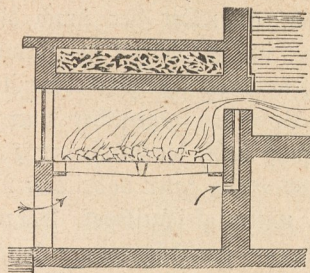
So sehr sich nun auch — namentlich in neuester Zeit — die Ansicht Bahn zu brechen scheint (und der Verfasser theilt dieselbe in hohem Maße), daß ein geschickt bedienter Planrost — oder bei staubförmigem Brennstoff ein sorgsam abgewarteter Treppenrost — dieselbe Wirkung zu erzielen im Stande sei, als die Mehrzahl der zu Tage geförderten und häufig mit großer Reclame eingeführten Rauchverzehrungen, und daß er dabei hinsichtlich der Anlagekosten weit unter jene zu stehen komme, so sind die Principien vieler dieser Anlagen doch so richtig, daß ein Aufgeben der Lösung der Frage keineswegs gerechtfertigt wäre; um so weniger als Mangel an verständnißvoller Dimensionirung und das unzulängliche Sich-Anschmiegen an die Verhältnisse der gesammten Anlage, nicht unwesentlich dazu beigetragen haben mögen, viele der Rauchverzehrungen zu discreditiren. Auch befinden sich einige Constructionen darunter, die als recht rationell von kompetenter Seite empfohlen sind.

Deßhalb sollen in Folgendem diese Principien besprochen und die Wege angedeutet werden, auf denen man die Lösung der Aufgabe zu finden bestrebt war und noch zu finden bestrebt ist.

1) Das am häufigsten in Anwendung gebrachte Mittel war die Zuführung von Luft durch besondere Kanäle und zwar von erwärmter Luft, weil sonst die Aufhebung des Luftmangels durch Erhöhung der Abkühlung leicht aufgewogen werden kann. Zu Gunsten dieser Lösung der Frage spricht der Umstand, daß gerade dann, wenn in Folge Beschickung des Rostes mit frischem Brennstoffe die Produkte einer unvollkommenen Destillation entweichen, der Luftzutritt in Folge der größeren Dicke der Brennstoffschicht eine unzulängliche ist und erst späterhin bei abnehmender Dicke lebhafter sich gestaltet.

Den Gedanken zu realisiren hat man hohle Roststäbe construiert, welche die Luft sich erwärmend passirt, um über der Feuerbrücke mit den Heizgasen sich zu mischen. Man hat ferner in den stark erhitzten Seitenwänden oder in der Feuerbrücke mit der atmosphärischen Luft communicirende Kanäle ausgespart (Fig. 6), denen die angewärmte Luft in der Nähe der Feuerbrücke entströmte, um zu den Verbrennungsprodukten sich zu gesellen. Indes ist bei derartigen Anlagen darauf zu achten, daß — falls nicht etwa heiße Luft zur Verfügung steht, — die Erwärmung der Luft dem Erdfeuer selbst obliegt, welcher Umstand einen Wärmeverlust

Fig. 6.



im Gefolge hat und leicht Veranlassung geben darf, daß bei nicht zweckmäßiger Regulirung dieses secundären Luftzutritts, der genau nur so lange währen darf, als die bei Neubeschickung entstehende Trockendestillation dauert, zwar eine theilweise Rauchverzehrung, aber auch Verlust an Wärme, also eine Verringerung von  $\eta_1$  zu gewärtigen ist.

2) Ein zweites sehr wirksames Mittel, eine vollkommene Verbrennung zu erzielen, ist:

„die Heizgase mit glühenden, möglichst porösen Körpern in Berührung zu bringen und an diesen sich entzünden zu lassen.“

Es wird dies bei der Vorfeuerung, wie schon erörtert, dadurch erreicht, daß die Höhe des Feuerraumes auf ein Minimum beschränkt bleibt, und daß man außerdem Decke und Seitenwände dick, aus feuerfestem Stein und unter Anwendung von Isolirsichten aufführt. Auch die Feuerbrücke gehörig zu erbreitern, ist empfehlenswerth, da bei größerer Oberfläche dieselbe in erhöhtem Maße fähig ist, von den Heizgasen der letzten Beschickung Wärme aufzunehmen, um sie an die Destillationsprodukte der neuen Beschickung wieder abzugeben. Bei Unterfeuerungen bleibt die Funktion der Rauchverzehrung, den Seitenwänden und der Feuerbrücke allein überlassen, bei der Innenfeuerung sogar lediglich dieser letzteren, so daß erklärlich ist, warum unter sonst gleichen Umständen der calorimetrische und in noch höherem Grade der pyrometrische Effect (da der Strahlungscoefficient s gleich Null wird) größer ist als bei der Unterfeuerung oder bei der Innenfeuerung. Unrichtig wäre es aber, hieraus den Schluß ziehen zu wollen, der Vorfeuerung sei auf alle Fälle der Vorzug einzuräumen. Hierüber wird sich stets nur bedingungsweise entscheiden lassen, da — wie nicht oft genug hervorgehoben werden kann — nicht der Wirkungsgrad des Feuerraums allein, sondern das Produkt aus diesem und dem Wirkungsgrade der Heizfläche maßgebend ist für die Beurtheilung des Effectes der gesammten Anlage.

Man wird sogar in sehr vielen Fällen der Vortheile, den die durch die Innenfeuerung und Unterfeuerung — bei ersterer in ausgedehnterem Maße — erzielte direkte Heizfläche bietet, sich nicht entschlagen, sondern darauf Rücksicht



nehmen, daß bei gleicher Verwerthung der nutzbar gemachten Wärme mit der Innen- und Unterfeuerung eine Verkleinerung der Heizfläche gegenüber der durch die Vorfeuerung bedingten verbunden ist, und dürfte man derart zu resumiren haben, daß dann, wenn ein schlechter oder mittlerer oder aber ein sehr theurer Brennstoff gegenüber einer billigen Heizfläche zur Verfügung steht, die Vorfeuerung vorzuziehen ist, daß jedoch bei Anwendung guten dabei aber nicht zu theueren Brennstoffes — unter gleichzeitiger Voraussetzung einer theueren Heizfläche — im Allgemeinen durch Wahl einer Unterfeuerung oder einer Innenfeuerung der größtmögliche Effekt der gesammten Anlage garantirt wird.

Wir halten es allerdings für unsere Pflicht hervorzuheben, daß eine sehr geschätzte Autorität mit ihrem Urtheile bedingungslos zu Gunsten der Vorfeuerung eintritt. Es schreibt nämlich Schinz in seinem „die Heizung und Ventilation in Fabrikgebäuden“ betreffenden Werke (Stuttgart 1868) auf Seite 91 wie folgt:

„Die erste Bedingung, die bei der Construction eines Feuerherdes zu erfüllen ist, ist die: daß derselbe aus möglichst schlecht leitenden Materialien construirt werde, um dem Feuer ja keine Wärme zu entziehen, ehe die Verbrennungsprodukte vollständig gebildet sind, da diese Bildung nur bei hoher Temperatur stattfindet und ohne vollständige Bildung derselben, Rauch, d. h. Verlust an Brennstoff entsteht.“

„Gegen diese erste und wichtigste aller Regeln und Grundsätze der Feuerungskunde sündigen nun bis heute noch auch die Koryphäen der Kunst. Namentlich bei Dampfesselfeuerungen werden die Feuerherde stets direkt unter dem Kessel angebracht, und es gewinnt sogar die Praxis, den Herd ganz in den Kessel hinein zu verlegen, immer mehr Anhänger. Diese Wahrnehmung ist es, welche dem Verfasser das Motto diktiert hat, daß er seiner Arbeit vorangesetzt hat\*), und man sollte wahrhaftig eine Posaune haben, die diesen Satz täglich denen in die Ohren bliese, die denselben anwenden sollten.“

„Ein als Mechaniker berühmter Name hat mir neuerlich geklagt, daß er mehrmals diesem Principe habe Rechnung tragen wollen und daher bei Dampfesselfeuerungen den Herd außer den Kessel verlegt habe, daß er alle Vorsichtsmaßregeln genommen habe, um jeden merklichen Wärmeverlust durch die Umhüllung des Herdes zu vermeiden, und doch sei es ihm auf 4 Fälle nur ein Mal gelungen, eine Brennstoffersparniß zu erreichen und in 3 Fällen sei derselbe größer geworden.“

Schinz sucht nun diese Thatsache durch Rechnung zu

erklären und gelangt zu dem uns keineswegs mehr überraschenden Resultate, daß der Kessel mit Vorfeuerung einer nicht unbeträchtlich größeren Heizfläche bedarf, führt jedoch an, daß die größeren Anlagekosten der Mehrausgabe für Brennmaterial gegenüber wenig in Anrechnung kämen. Abgesehen davon, daß die Rechnungsweise von Schinz nicht ganz zuverlässig ist, so dürfte es sehr gewagt sein, aus dem Resultate einer für specielle Verhältnisse hinsichtlich der Anlage- und Betriebskosten angestellten Rechnung eine Schlußfolgerung von so großer Tragweite zu ziehen. Es wird in jedem einzelnen Falle genau abzuwägen sein, welchen Einfluß die manchmal geringen Kosten des Brennstoffs und die oft recht theure Heizfläche auf die Rentabilität der Anlage haben, ehe eine endgültige Entscheidung zu treffen ist. Allgemein und bedingungslos darüber abzuurtheilen, ohne Berücksichtigung lokaler Verhältnisse, ist jedenfalls unstatthaft.

Noch eines Umstandes werde Erwähnung gethan, der namentlich bei Anlage von Dampfesseln beachtenswerth ist; es sind dies die Zeitintervalle, innerhalb deren Reparaturen sich nöthig erweisen, sowie der Zeitpunkt, bis zu welchem völlige Abnutzung des Apparates zu gewärtigen ist. Wie sich die einzelnen Systeme in dieser Beziehung einander gegenüberstellen, werden wir später erörtern; vorläufig werde angeführt, daß die Innenfeuerung häufigeren Betriebsstörungen ausgesetzt ist und daß — namentlich an Orten, welche, von den Verkehrsstraßen entfernter liegend, durch diese ihre Lage eine schleunige Erledigung von Reparaturen unmöglich machen — die Vorfeuerung stets vorzuziehen ist, wenn nicht eine der Größe der Anlage entsprechende Zahl von Reserveapparaten zur Verfügung steht, oder wenn die Anlage nicht so disponirt ist, daß durch Versagen eines Apparates eine bemerkbare Betriebsstörung nicht eintritt.

3) Sehr rationell ist die Anordnung von zwei nebeneinander oder übereinander liegenden Kasten, welche abwechselnd beschickt werden. Der Vorzug der Anlage ist nicht allein der anfänglich bezweckte, nämlich eine Mischung der auf dem jetzt beschickten Kasten sich bildenden Destillationsprodukte mit den heißen Gasen der anderen Feuerstätte, sondern auch eine bessere Regulirung des Luftzutritts, da Luftmangel über dem neu aufgeschütteten und Luftüberschuß über dem früher aufgebrauchten Brennstoffe sich annähernd ausgleichen.

Zwei derartige Anlagen sind auf Tafel 2 dargestellt. Die eine von Fairbairn herrührende Anordnung zweier übereinanderliegenden geneigten Planroste (Fig. 4) bedarf einer weiteren Erläuterung nicht. Die zweite, Fig. 1 und 2, von Reiche\*) als sehr vorzüglich empfohlen, besteht aus zwei nebeneinanderliegenden horizontalen Planrosten. Das Feuergerölbe a ist aus einzelnen Bögen gebildet, die zwischen

\*) Es ist dies Goethe's: „Warum willst Du Dich von uns Allen Und unserer Meinung entfernen? Ich schreibe nicht, Euch zu gefallen, Ihr sollt was lernen.“

\*) v. Reiche, a. a. D.



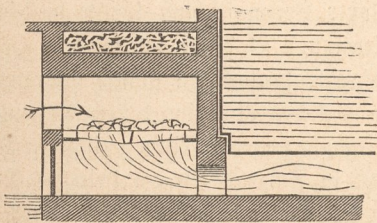
sich die Spalten *s* lassen, durch welche die Gase in den beiden Feuerstätten gemeinschaftlichen, ebenfalls feuerfest unter Anordnung der Isolirschicht *i* überwölbten Raum *K* strömen, in diesem vor Eintritt in den Heizraum *H* sich mischend. Der Vorzug der Construction ist nicht allein in der jedenfalls in hohem Maße stattfindenden Rauchverbrennung zu suchen, welche namentlich dadurch sehr gefördert wird, daß der Rauch an den glühenden Bögen *a* sich entzündet, sondern auch darin, daß die den Feuerraum nach hinten völlig abschließende vertikale Wand die zuströmende Luft zwingt, die Brennstoffschicht normal zur Ebene des Rostes zu durchstreichen, eine Bedingung, deren Erfüllung für den möglichst günstigen Verlauf der Verbrennung wir bereits früher als unerlässlich hingestellt haben, und welcher durch Anordnung einer Feuerbrücke immerhin nur unvollkommen Genüge geleistet wird.

4) Man hat die periodische Beschickung des Rostes durch eine continuirliche zu ersetzen versucht, und ist als eine der dahin zielenden Vorrichtungen, und zwar als die noch am häufigsten im Gebrauch sich befindende, der bei Gelegenheit der Besprechung des Treppenrostes erwähnte Fülltrichter anzusehen. Daß an eine continuirliche Beschickung des Rostes im vollen Sinne des Wortes nicht zu denken ist, dürfte selbstverständlich sein; alle dahin zielenden Versuche scheiterten an der unregelmäßigen Beschaffenheit und der allzu sehr variirenden Stückgröße der Brennstoffe.

5) Sehr empfehlenswerth ist weiter das Bestreben, das neu aufzubringende Brennmaterial zwischen den Rost und die auf diesem befindliche Brennstoffschicht zu lagern. Dasselbe hat die Construction des Langen'schen Stagenrostes veranlaßt, der sich aber der vorhin gerügten Fehler wegen ein großes Feld praktischer Anwendung nicht zu erobern im Stande war.

6) Die weitere Verfolgung des sub 5 ausgesprochenen Gedankens führte zur Umkehrung des Zuges (veranschaulicht durch die Skizze in Fig. 7). Feuerbrücke und

Fig. 7.

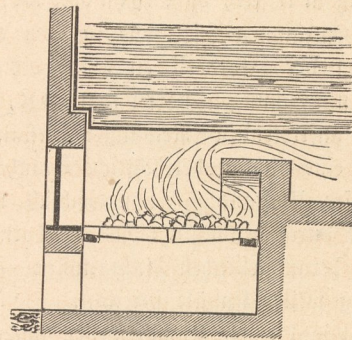


Heizkanal befinden sich unterhalb des Rostes. Das Aschenloch ist geschlossen, die Heizthür geöffnet, und sind somit die Heizgase gezwungen, ihren Weg durch die Brennstoffschicht zu nehmen. Die Gase einer Neubeschickung werden beim Passiren der glühenden Brennstoffschicht jedenfalls in einer

sehr rationellen Weise verwerthet; doch sind mit der Anlage nicht zu unterschätzende Nachtheile verbunden, welche dieselbe nur sehr bedingungsweise als empfehlenswerth charakterisiren. Es ist dies zunächst eine außerordentlich starke Abnützung der Roststäbe, welche, der größten Glühhitze preisgegeben, durch keinen Luftzug gekühlt werden, und demzufolge eine in einzelnen Fällen nicht unerhebliche Steigerung der Unterhaltungskosten veranlassen. Sodann ist aber durch das den heißen Gasen eigene Bestreben, nach Oben zu steigen, eine stärkere Zugwirkung erforderlich, als unter denselben Verhältnissen bei einer Feuerung mit gewöhnlichem Zuge, und dürfte dieser Punkt wesentlich die Anlagelkosten beeinflussen. Trotz alledem ist die Anordnung der Zugumkehrung dort empfehlenswerth, wo es sich um größtmögliche Ausnützung des pyrometrischen Effectes handelt, namentlich also bei Anlagen, wo es sich weniger um vollständige Verwerthung der nutzbar gemachten Wärme, als vielmehr um Erzielung einer sehr hohen Temperatur handelt, bei denen also die Heizgase mit noch beträchtlicher Temperatur in die Esse entweichen und deshalb selbst bei minder hohen Schornsteinen einen kräftigen Zug erzeugen.

7) Ein dem sub 6 erläuterten analoges Princip ist es, die Stichtlamme zu zwingen, vor Passiren der Feuerbrücke rückwärts zu schlagen (Fig. 8), um die Destillations-

Fig. 8.



produkte der auf der vorderen Partie des Rostes lagernden frischen Beschickung zu verbrennen. Es wird dies erzielt durch ein vor der Feuerbrücke angebrachtes glattes Gewölbe.

8) Eine 8. Kategorie rauchverzehrender Anlagen leitet einen Strom von Wasserdämpfen in den Feuerraum und bezweckt hierdurch nicht allein eine lebhaftere Verbrennung, sondern soll ein Glühendwerden des Rostes verhindern, hierdurch also wesentlich zur Conservirung der Roststäbe beitragen. Perkins brachte überhitzten Dampf in Anwendung und will hierdurch eine sehr beschleunigte Verbrennung erzielt haben.

9) Eine 9. Kategorie bilden die Gasfeuerungen,



aus zwei Verbrennungsräumen gebildet, in deren erstem, dem Generator, absichtlich eine unvollkommene Verbrennung, bestehend in Verwandlung des Kohlenstoffes in Kohlenoxydgas angebahnt wird, während der zweite die Generatorgase aufnimmt und als Stätte der Verbrennung derselben dient. Wir werden auf diese von Vielen mit Recht als „Zukunftsfeuerung“ gekennzeichnete Verbrennungsmethode noch zurückkommen.

## §. 12.

### Der Heizraum.

Der Heizraum ist der zwischen dem Verbrennungsraum und der Esse gelegene Apparat der Wärmeüberführung; er ist bestimmt, die nutzbar gemachte Wärme möglichst vollständig zu verwerthen und wird zu diesem Zwecke aus einem Systeme von Kanälen, den Feuerzügen, zusammengesetzt. In den Kanälen werden die Heizgase um den zu erwärmenden Körper herumgeführt, auf diese Weise gezwungen, ihre Wärme an jenen abzugeben, und schließlich mit einer auf ein bestimmtes Maß festzusetzenden Temperatur in die Esse geleitet, um den für die Verbrennung nothwendigen Zug zu erzeugen.

Zunächst drängt sich uns hierbei die Frage nach der zweckmäßigsten Anordnung der Kanäle auf und ist vor Allen die Entscheidung zu treffen, ob engen oder weiten Kanälen der Vorzug einzuräumen sei. Die in dem ersten Kapitel bei Ermittlung der erforderlichen Höhe des Schornsteins gepflogenen Untersuchungen haben dargelegt, daß die an den Kanälen auftretenden Reibungswiderstände zu ihrer Ueberwindung eine nicht unbeträchtliche Druckhöhe erfordern, und wird dieser Umstand — hauptsächlich mit Rücksichtnahme auf die durch den Bau höherer Schornsteine sich erheblich größer herausstellenden Anlagekosten — zu Gunsten der Anordnung weiter Kanäle sprechen.

Für die Wahl enger Kanäle lassen sich aber ebenfalls triftige Gründe aufstellen, und gehört hierzu namentlich die größere Wärmetransmissionsfähigkeit, d. i. also die größere nützliche Abkühlung derselben und — falls die Kanäle nur auf der einen Seite durch Heizfläche, auf der anderen aber vielleicht durch Mauerwerk begrenzt sind — eine geringere schädliche Abkühlung. Die Begründung dieser Behauptung ließe sich leicht aus den theoretischen Betrachtungen des ersten Kapitels herauslesen, möge aber trotzdem an dieser Stelle näher ausgeführt werden.

Werden Heizgase in einem Strome an einer Heizwand vorübergeleitet, so geben die mit letzterer in unmittelbarem Kontakt befindlichen ihre Wärme theils durch Leitung, theils durch Strahlung an die Heizwand ab, während die anderen nicht direkt an dieser Wand hinfließenden lediglich durch

Strahlung ihre Wärme verlieren. Da nun die Menge der nach der Heizfläche ausstrahlenden Wärme desto geringer sich herausstellt, je größer der Abstand der Gase von jener ist, da ferner Gase so schlechte Wärmeleiter sind, daß ihr Wärmetransmissionsvermögen geradezu Null anzuschlagen ist, so wird erklärlich, warum von diesem Gesichtspunkte aus engen Kanälen der Vorzug zu geben ist.

Was nun die schädliche Abkühlung betrifft durch die Abgabe von Wärme an diejenigen Kanalwände, welche nicht Heizfläche sind, und die bei weiten Kanälen größer ist als bei engen, so kommt dieselbe, wenn es sich um einen Vergleich beider Systeme handelt, nur wenig in Betracht, da das diese Kanalwände bildende Material ein so schlechter Wärmeleiter ist und überdies die Wände aus anderen Gründen so stark gemacht werden (sich auch leicht unter Anwendung von Isolirsichten aufführen lassen), daß von einem merklichen Einfluß dieser Abkühlung wenig die Rede sein kann. Noch mehr für die Vernachlässigung dieser Abkühlung sprechen die ihr gegenüberstehenden beträchtlichen Reibungswiderstände des engen Kanales, so daß hauptsächlich diese und die geringere Transmissionsfähigkeit des weiten Kanales gegen einander abgewogen werden müssen, sobald es sich darum handelt, das eine oder das andere System zu wählen. Eine endgiltige Entscheidung vermag die Theorie nicht zu treffen, da das Gesetz, nach welchem das Wärmeabgabevermögen der Heizgase mit ihrer Entfernung von der Heizfläche abnimmt, nicht bekannt ist und nur dieses eine rationelle Grundlage wissenschaftlicher Untersuchung der in Rede stehenden Frage bilden dürfte.

Es ist daher geboten, sich auf die Erfahrung des Praktikers zu stützen, welche insofern nicht völlig maßgebend ist, als sie wohl zeigt, wie eine Anlage gestaltet werden müsse, um ein gutes und die in der Regel gestellten Erwartungen befriedigendes Resultat zu erzielen, da sie aber nicht so leicht im Stande ist, uns auf diejenige Construction zu führen, welche das beste aller überhaupt möglichen Ergebnisse liefert. Dies zu erreichen, müßten noch sehr viele Variationen durchprobt werden.

Ein bloßer Vernunftschluß könnte vielleicht einen Anhaltspunkt bieten und ist dieser folgender.

Enge Kanäle besitzen ein großes Wärmetransmissionsvermögen, ermöglichen also eine bessere Ausnutzung der producirten Wärme; sie erfordern einen geringeren Brennmaterialverbrauch und in Folge dessen ein kleineres Betriebskapital. Diesem steht jedoch eine höhere Esse und, durch diese bedingt, ein größeres Anlagekapital gegenüber. Dagegen tritt im Gefolge weiter Kanäle ein größerer Consum an Brennstoff also ein größeres Betriebskapital, aber auch der kleineren Reibungswiderstände wegen eine geringere Schornsteinhöhe und ein kleineres Anlagekapital auf.

Was nun die Praxis anbetrifft, so spricht sich dieselbe



mit großer Entschiedenheit für die Anordnung enger Kanäle aus, und führt beispielweise v. Reiche in seinem die Anlage und den Betrieb von Dampfkesseln betreffenden Werke an, man solle den Heizkanälen der Dampfkessel-feuerungen für den Fall, daß sie nur einseitig von Heizfläche, im übrigen aber von Kesselmauerwerk begrenzt sind, nicht enger als 10<sup>cm</sup> und nicht weiter als 15<sup>cm</sup> machen, wobei die angeführten Maße diejenigen normal zur Heizfläche sind, für den Fall jedoch, daß die gesammte Begrenzung des Kanals Heizfläche ist, diesen so eng als möglich anordnen.

Einer weiteren Erwägung bedarf es, darüber schlüssig zu werden, ob man die Kanäle zweckmäßiger glatt oder rauh machen solle, ob man ihnen eine geradlinige oder gekrümmte Achse zu geben habe. Wieder stehen sich hier mit ganz verschiedenen Anforderungen die Bedingungen gegenüber, ein Minimum von Reibungswiderständen, also auch geringere Schornsteinhöhe zu erhalten und das Erforderniß, die Wärme gut auszuwerthen, den Wirkungsgrad der Heizfläche also groß zu gestalten.

Die erste Bedingung verlangt einen glatten Kanal mit geradliniger Achse; sie läßt uns jedwedes Vermeiden von Krümmungen, plötzlichen Querschnittsverengungen und Erweiterungen wünschenswerth erscheinen, während die Erfüllung der zweiten Bedingung zum strikten Gegentheile zwingt, da sie verlangt, den Heizgasen durch Vermehrung der Reibungs- und sonstigen Widerstände den Weg durch die Kanäle zu erschweren, sie recht lange innerhalb derselben festzuhalten, und uns namentlich die Erzeugung einer wirbelnden Bewegung der Heizgase als beste Lösung der Aufgabe darstellt. Denn es soll hierdurch vermieden werden — was bei geradlinigen Kanälen unausbleiblich — daß die Gase sich parallel der geometrischen Achse des Kanales bewegen und daß somit stets ein und dieselbe Schicht des Gasstromes mit der Heizfläche in Kontakt bleibt, während die anderen Schichten nur durch Strahlung ihre Wärme abgeben. Durch plötzliche Aenderung der Richtung der Kanäle kann diesem Uebelstande zwar vorgebeugt werden, jedoch in so geringem Maße, daß es keineswegs eines besonderen Nachweises bedarf, um einzusehen, wie gering die dadurch erhöhte Transmissionsfähigkeit den bedeutenden Reibungswiderständen gegenüber zu veranschlagen ist.

Hier war es nun wieder v. Reiche\*) der einen recht zweckmäßigen Ausweg dadurch erfunden hat, daß er zunächst durch Construction eines sich schlangenförmig windenden und eines durch verschiedene Feuerbrücken unterbrochenen Kanales die Heizgase zu einer Bewegung zwang, die ein häufiges Erneuern der an der Heizfläche dahinströmenden Schicht zur Folge hat. Später vervollkommnete er seine

Methode, indem er die vertikalen Wandungen der Kanäle durch Rippen (von ihm Coulissen genannt) armirte, welche im Abstände 2<sup>m</sup> von einander angeordnet bei 250<sup>mm</sup> Breite, circa 12<sup>mm</sup> weit in den Zug einspringen und unter 30 bis 45° gegen den Horizont geneigt sind. Die Formen, in denen die Flugasche sich ablagert, ergänzen dann, wie v. Reiche wahrgenommen haben will, die Coulissen zu einem Schraubengewinde und zwingen die Heizgase zu einer Bewegung, die der eines den gezogenen Lauf einer Schußwaffe passirenden Projektils nicht unähnlich ist. Diese letzte Anordnung bietet, nach v. Reiche's Ansicht, noch den Vortheil, daß, so lange die Achse des Kanales nicht scharf gebrochen wird, die dem Gase innewohnende lebendige Kraft — eine Folge der rotirenden Bewegung — eine Verstärkung des Zuges überflüssig macht.

Fragt man uns nun nach dem aus den vorstehenden Ausführungen zu ziehenden Resumé, so finden wir uns wieder veranlaßt, eine sehr reservirte Stellung einzunehmen; denn obgleich sich nicht hinwegläugnen läßt, daß die Praxis sich der Ueberzeugung immer mehr anschließt, durch Erhöhung der Reibungswiderstände gelange man im Allgemeinen zu den best wirkenden Anlagen, wofür wohl der Umstand Zeugniß ablegt, daß bei fast allen neueren Dampfkesselsystemen der Gedanke der lezt geschilderten Kanäle Verwirklichung gefunden und daß unter Anderen die gewichtige Autorität v. Reiche's den zuletzt erörterten Kanalsystemen sehr das Wort redet, so können wir nicht umhin, nochmals darauf hinzuweisen, daß ein günstiges Resultat noch keineswegs zu identificiren sei mit dem bestmöglichen Ergebnisse und daß die Untersuchungen über diesen Punkt noch weit davon entfernt sind, ihren Abschluß erreicht zu haben.

Einigen Anhaltspunkt wird wieder die Schlußfolgerung bieten, daß Kanäle mit großen Reibungswiderständen bei verhältnißmäßig starkem Zuge eine höhere Esse erfordern, daß sie jedoch wegen rationellerer Verwerthung der dargebotenen Wärme einen geringeren Brennmaterialverbrauch in Aussicht stellen. Die von lokalen Verhältnissen abhängigen Kosten des Brennstoffes und der Heizfläche werden stets einander gegenüberzustellen sein, wenn es sich darum handelt, einen günstigen Mittelweg einzuschlagen.

Wir machen noch auf einen Umstand aufmerksam, dessen Unterschätzung alle die etwa angestellten subtilen Untersuchungen illusorisch machen dürfte und der Veranlassung geben kann, daß das best construirte Kanalsystem den gewünschten Erfolg nicht zu liefern vermag.

Es ist dies ein Hinweis auf die Nothwendigkeit der häufigen Reinigung der Züge und führen wir als ein jedenfalls eclatantes Beispiel die von Nöggerath beobachtete Erscheinung an, daß durch berußte Metallflächen selbst Heizgase von bis 400° Temperatur kaum nennenswerthe Wärmemengen zu transmittiren im Stande sind. Es ist hiernach bei Anordnung der Kanal-

\*) v. Reiche a. a. D.



systeme vornehmlich darauf Bedacht zu nehmen, eine leicht vorzunehmende, den Betrieb nur wenig störende Reinigung sämtlicher Züge zu ermöglichen.

Was nun die Bestimmung der Größe des Kanalquerschnittes anbetrißt, so können wir die beinahe stereotyp gewordene Manier, dieselben gleich der der freien Kofstfläche zu machen, keineswegs gutheißen, leider jedoch, ohne einen Ersatz hierfür durch Angabe einer zweckmäßigeren Dimensionierung bieten zu können.

Es bedarf keines besonderen Beweises, um einzusehen, daß die Größe des Kanalquerschnittes nicht sowohl von der Größe der freien Kofstfläche, als vielmehr von der den Kanal passirenden Gasmenge abhängig ist, und daß auf demselben Kofste, entsprechend verschieden dicker Brennstoffschicht in derselben Zeit ein sehr variables Volumen von Heizgasen sich entwickeln wird. Es werden ferner die Richtungsänderungen der Kanäle sowie deren Länge und die Zugwirkung des Schornsteines in Betracht zu ziehen sein. Dies thut nun die Praxis nicht, sie empfiehlt ein für allemal die oben angeführte Regel und hält nur an der Feuerbrücke (resp. an denjenigen Stellen des Feuerbrückenkanales zc., wo der Kanal absichtlich verengt werden soll) eine Verminderung des Querschnittes für erlaubt. Trogdem halten wir es für gerathen, nur im Falle eines mittleren stündlichen Brennmaterialconsums, der bei

Steinkohlenfeuerung auf	50 <sup>k</sup>	pro	□ <sup>m</sup>	Kofstfläche
Braunkohlenfeuerung	"	100 <sup>k</sup>	"	"
Holzfeuerung	"	150 <sup>k</sup>	"	"
Torfteuerung	"	"	"	"
Coaksteuerung	"	50 <sup>k</sup>	"	"

zu normiren sein dürfte, sich an diese Regel zu halten, im Falle größeren oder kleineren Brennstoffverbrauchs jedoch den Kanalquerschnitt etwas größer oder kleiner zu machen.

v. Reiche führt aus, daß es zweckmäßig sei, die Größe des Kanalquerschnittes entsprechend der sich ändernden Dichtigkeit der Heizgase variiren zu lassen, dieselbe demnach hinter dem Kofste weiter als am Ende des Systems zu machen. Indem er hierbei von dem Principe, eine constante Geschwindigkeit der Gase zu erzielen, als nicht nothwendig, absieht, empfiehlt er — allerdings zunächst nur für Dampfkesselteuerungen — dem ersten Kanalquerschnitt die 1,5fache Größe des letzten zu geben und bei Dimensionirung der Zwischenkanäle successive zu der des letzten hinabzugehen. Dem das System schließenden Kanal gibt er denselben Querschnitt wie dem unteren Theile der Esse.

Wir verweisen übrigens an dieser Stelle nochmals auf das in dem theoretischen Theil hinsichtlich der Schornstein- Dimensionen Gesagte.

Noch ist uns die Erörterung einer Frage vorbehalten, welche von der Praxis sehr verschiedentlich beantwortet wird. Es betrißt dies die hinsichtlich der günstigsten Anzahl der

Kanäle zu treffende Entscheidung. Zu diesem Zwecke nehmen wir an, es werde behufs Erwärmung des in Fig. 9 skizzirten Gefäßes nur ein — vielleicht am Boden des Gefäßes fortlaufender — Heizkanal angeordnet, und es möge mit dieser Anordnung die in Fig. 10 dargestellte verglichen werden, welche bei gleichem Brennmaterialconsum eine gleich große

Fig. 9.

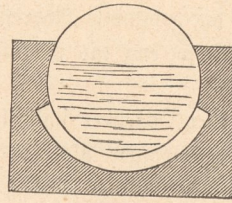


Fig. 10.

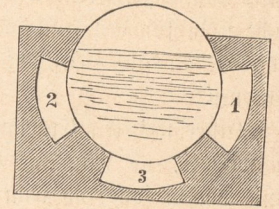
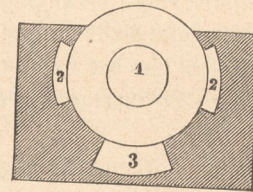


Fig. 11.



Heizfläche bietet und so getroffen ist, daß die Heizgase im Kanal 1 von vorn nach hinten, im Kanal 2 von hinten nach vorn und im Kanal 3 wieder von vorn nach hinten geführt werden. Dann ist leicht ersichtlich, daß die Anordnung Fig. 9 die rationellere ist, da sie bei gleicher Wirkung geringere Reibungswiderstände bietet, und da sie ferner die nur durch Strahlung ihre Wärme abgebenden Gastheilchen näher der Heizfläche vorüberführt. Der häufig gezogene Schluß, das System Fig. 10 sei besser, basirt auf der That- sache, daß die Verbrennungsprodukte bei gleicher Geschwindigkeit längere Zeit mit der Heizfläche in Berührung bleiben, übersieht aber den Umstand, daß die in der Zeiteinheit berührte Heizfläche kleiner ist.

Wenn trogdem in der Praxis die Anordnung Fig. 10 häufig vorgezogen wird, so liegt dies in verschiedenen anderen Vortheilen, z. B. Erzeugung eines Gegenstromapparates, Herstellung von Kanälen bestimmter Weite, Gewinnung von Stützpunkten für das zu erwärmende Gefäß zc. begründet, manchmal allerdings auch im Mangel an Verständniß. Jedenfalls ist klar, daß eine in's Extrem getriebene Verlängerung der Züge insofern sehr bedenklich wirken kann, als sie bei Nichterhöhung des Wirkungsgrades eine ungemein stärkere Zugwirkung bedingt.

Daß die Widerstände in der Anlage ebenfalls erhöht werden, wenn statt eines Zuges deren zwei angeordnet werden, ist evident. Fig. 11 zeigt eine solche Anordnung. Die Gase passiren den Kanal 1 von vorn nach hinten, gleichzeitig die Kanäle 2 von hinten nach vorn, füglich Kanal 3 von vorn nach hinten.



Auf weitere Besprechung dieser Anordnungen, auf Abwägung ihrer Vorzüge, auf die Entscheidung der Frage, ob es vielleicht zweckmäßig wäre, die Reihenfolge der Kanäle in Fig. 11 anders zu wählen u., können wir erst bei Besprechung der verschiedenen Heizapparate selbst eingehen und beschränken unsere diesbezüglichen Mittheilungen vorläufig darauf, hervorzuheben, daß für den Fall einer Theilung eines Kanals die einzelnen Theilzüge bei gleichem Querschnitte nothwendig gleich lang werden müssen, unter Voraussetzung ungleicher Längen aber in ihren Querabmessungen derart anzuordnen sind, daß die Summe der Widerstände in beiden gleich groß ist, da sonst erfahrungsmäßig die Heizgase denjenigen Weg wählen, auf dem die kleinsten Widerstände sich ihnen entgegenstellen.

## §. 13.

## Der Schornstein.

Nachdem die Heizgase die Feuerzüge verlassen haben, gelangen sie in den häufig mehreren Apparaten gemeinsamen Fuchs *f* (vergl. Fig. 5, Seite 19), d. i. den den Heizraum mit dem Schornstein verbindenden Kanal, dessen Querschnitt durch einen vom Heizstande regierbaren Schieber *s* nach Erfordern verengt werden kann.

Diesen Fuchs legt man, besonders wenn der Schornstein in einiger Entfernung von dem Heizraum liegt, möglichst tief, um einen Aufbau über dem Erdboden zu vermeiden; doch darf man sich, falls es sich als unthunlich herausstellt, den Ausgang des Kanalsystems in der gewünschten Tiefe anzulegen, durchaus nicht verleiten lassen, dem Fuchse Fall nach dem Schornsteine zu geben. Dieß könnte, namentlich wenn der Fuchs die Heizgase verschiedener Apparate sammelt, insofern zu Verminderung des Zuges Veranlassung geben, als die kälteren Gase an der tiefsten Stelle sich ansammeln und den Schornsteinquerschnitt verengen würden. Man lasse daher den Fuchs — wenn angängig — nach dem Schornstein hin ansteigen und vermittele überdies den Uebergang aus dem Fuchse in den Schornstein durch eine stark ansteigende Kurve.

Den Abschluß der Esse nach Unten pflegt man durch eine zur Ansammlung der Flugasche dienende Grube *n* (Fig. 5, Seite 19) zu vermitteln, bringt sogar häufig derartige Aschenfänge an mehreren Stellen des Kanalsystems an.

Münden verschiedene Fuchse in ein und denselben Schornstein, so theilt man diesen unten durch Zungen, welche so hoch aufzuführen sind, daß die Gase gezwungen werden, in verticalem Sinne sich zu bewegen.

Ein die Heizgase zweier Fuchse aufnehmender Schornstein ist auf Tafel 8 im Grundriß dargestellt; derselbe wurde auf dem Bureau für die Erweiterungsbauten der

städtischen Wasserwerke Berlins unter der Regide des Direktors Herrn Ingenieur Gill projektirt und ist für die Charlottenburger Station bestimmt.

Jeder freitragende Schornstein ruht auf einem Sockel mit in der Regel quadratischem Grundrisse. In diesem Sockel befinden sich dann die das Befahren des Fuchses und des Schornsteines ermöglichenden Oeffnungen, welche zweckmäßig so groß angelegt werden, daß ein erwachsener Mensch dieselben aufrecht zu passiren vermag.

Die Höhe der Oeffnungen dürfte hiernach auf mindestens 1,75<sup>m</sup>, die Breite auf circa 0,75<sup>m</sup> zu bemessen sein. Der Verschuß der Reinigungsöffnungen wird durch je zwei circa 0,13<sup>m</sup> starke Wände, aus gewöhnlichem Backstein in Lehm vermauert bestehend, welche sich nach Erforderniß schnell abbrechen und wieder erneuern lassen, bewirkt (vergl. Fig. 5). Die beiden Wände schließen überdies eine die Abkühlung der Heizgase vermindernde Luftschicht ein. Es dürfte sich überhaupt empfehlen, zum mindesten den unteren Theil des Schornsteines mit Isolirschiicht zu mauern (vergl. Tafel 15).

Was die Querschnittsform betrifft, so dürfte man zunächst sich veranlaßt fühlen, derjenigen den Vorzug einzuräumen, welcher die geringsten Reibungswiderstände entsprechen. Der günstigste Querschnitt ist dann der Kreis, darauf folgt das reguläre Achteck, während der Quadratquerschnitt der in dieser Beziehung am wenigsten zu empfehlende ist. Andere Querschnittsformen sind nicht üblich.

Weiter wird man aber bei Wahl des Querschnittes die Schwierigkeiten, welche sich der Ausführung entgegenstellen, sowie die Herstellungskosten der Esse in Betracht zu ziehen haben und gilt nach dieser Richtung hin der Quadratquerschnitt als der beste, da er es möglich macht, den Schornstein mittels gewöhnlicher Backsteine aufzuführen. Der Achteckquerschnitt bedingt schon — nämlich zu solider Herstellung der Kanten — die Beschaffung von Formsteinen, während ein runder Schornstein so viele verschiedene Facetten erfordert, als verschiedene Wandstärken zur Anwendung gelangen.

Die theoretischen Untersuchungen des §. 9 lehren allerdings überzeugend, daß es so sehr viel auf die Querschnittsform nicht ankommt, da die durch die Widerstände in der Anlage bedingte Schornsteinhöhe den bei weitem größten Theil der Gesamthöhe ausmacht; es dürfte daher sich sehr häufig ereignen, daß ein Schornstein mit Quadratquerschnitt, welcher höher geführt wird, als ein solcher mit Kreisquerschnitt, bei gleicher Zugwirkung sich billiger herausstellt als dieser.

Die Praxis wendet in der Regel bei größeren Anlagen den runden oder den diesem nur wenig nachstehenden achteckigen Querschnitt an, während bei kleineren Anlagen



der Schornstein mit Quadratquerschnitt der häufiger anzutreffende ist.

Hinsichtlich der Form des Längenprofils fragt es sich, ob der prismatische, der nach oben verjüngte oder nach oben sich erweiternde Schornstein die beste Lösung des Zug-erzeugungsproblems bietet. Daß die letztgenannte Anordnung zu verwerfen ist, nicht allein der größeren Reibungswiderstände wegen, sondern namentlich, weil dem Einfallen kalter Luft und dem Eintreten von Windstrahlen sehr Vor-schub gethan wird, liegt auf der Hand; aus gleichen Gründen leuchtet ein, daß der Pyramidenstumpf mit kleinerer oberer Grundfläche die zweckmäßigste Form ist.

Auf Tafel 3 sind in den Figuren 1, 2, 4, 5 einige ausgeführte Schornsteine dargestellt. In Fig. 2 nimmt der Querschnitt nach oben hin ab; Fig. 5 weist einen constanten Querschnitt. Die verschiedenen Wandstärken verursachen in Fig. 2 nach der Innenseite gelegene Absätze, während die Außenseite glatt bleibt. Den schädlichen Einfluß derartiger Absätze theoretisch zu untersuchen ohne Einführung unzuverlässiger Hypothesen dürfte sehr schwer sein. In Weiß, „Allgemeine Theorie der Feuerungs-Anlagen“ (welchem Werke die gemauerten Schornsteine, Fig. 1 und 2, und der eiserne Schornstein, Fig. 3, entnommen sind), finden sich diesbezügliche Erörterungen, welche das Ergebnis liefern, daß bei geringem Brennmaterialconsum die Absätze von ganz unmerklichem Nachtheile sind, daß dieser schädliche Einfluß aber bedeutend wächst, sobald der Brennstoffverbrauch sich steigert. Die Praxis hat diesen Ausspruch jedoch nicht verificirt; sie hat schon verschiedentlich bei großen Anlagen Schornsteine mit den beredeten Absätzen ausgeführt und wesentliche Nachtheile nicht entdeckt. Daß allerdings ein Schornstein unter übrigens gleichen Umständen besser ziehen wird, wenn er innen glatt ist, dürfte evident sein.

Die Schornsteine mit quadratischem Querschnitte erhalten in der Regel oben einen Aufsatz mit stark geneigten Seitenflächen, Fig. 5, Tafel 3. Es ist bei Herstellung desselben darauf zu sehen, daß die behauenen Seiten der Backsteine weder nach der Außen- noch nach der Innenseite der Schornsteinwandung zu liegen kommen, da sie sonst schnell verwittern würden. Einen häufig angewandten Verband zeigt Fig. 6, Tafel 3.

Den Schornstein architektonisch auszubilden, wird derselbe in der Regel als Säule decorirt und in den Kopf, den Schaft und den Sockel zergliedert. Der Kopf wird dann mit einem häufig weit ausladenden Gesims (Schornsteinkranz) geziert. Ist schon an und für sich diese Decoration wenig gerechtfertigt, da sie dem Zwecke des Schornsteines nicht im Geringsten entspricht, so erscheint sie um so weniger nachahmenswerth, als sie nicht zu unterschätzende Nachtheile im Gefolge hat. Der den Schornstein treffende Wind fließt nämlich theils nach unten theils nach oben ab,

verhält sich gleichsam wie ein auf eine ruhende Fläche treffender Wasserstrahl. Dies hat zur Folge, daß die nach oben gehenden Windstrahlen über der Mündung ein Vacuum zu erzeugen suchen und auf diese Weise den Zug erhöhen. Durch einen Schornsteinkranz wird nun diese den Zug der Esse begünstigende Wirkung des Windes nicht nur unmöglich gemacht, sondern es bilden sich über der Mündung Wirbel, welche das Eindringen des Windes in den Schornstein unausbleiblich machen. In richtiger Erkenntniß dieses Uebelstandes hat man über dem Kopfgesims den Schornstein circa 0,6<sup>m</sup> prismatisch (außen glatt) weiter geführt und ist es dadurch zwar gelungen, die schädliche Wirkung des Kranzes aufzuheben, jedoch nur unter Verzichtleistung auf die günstige Wirkung der Windstrahlen. Daß außerdem der Schornstein durch einen derartigen Aufbau entstellt wird und dem glatt ohne jegliche Verzierung des Kopfes hoch geführten auch in Bezug auf das ästhetische Moment nachsteht, hätte kaum einer Erwähnung bedurft. Es erscheint deßhalb dringend geboten, jenen ungerechtfertigten und schädlichen Schmutz fortzulassen, oder aber auf andere Weise die in seinem Gefolge auftretenden Uebelstände aufzuheben. Es geschieht dies in der Regel durch Anbringen eines Schornsteinaufsatzes, welche Anordnung sich auch für Schornsteine ohne Kopfgesims empfiehlt, da sie sehr geeignet ist, den Unempfindlichkeitsgrad gegen meteorologische Einflüsse zu steigern.

Ein namentlich in Schlesien und Sachsen sehr häufig anzutreffender Schornsteinaufsatz ist der von Röggerath erfundene, in Fig. 12 und 13 dargestellte\*). Er besteht aus einem cylindrischen, oben derart eingezogenen Aufsatz-

Fig. 12.

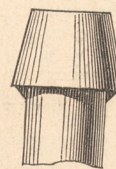
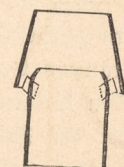


Fig. 13.



rohre, daß der Mündungsquerschnitt auf  $\frac{2}{3}$  des Querschnittes der Esse reducirt wird, und hat dies den Zweck, die Ausflußgeschwindigkeit zu erhöhen. Auf dieses Rohr setzt sich ein Kegelmantel, dessen Mündung in der Höhe  $d$  über der Mündung des Aufsatzrohres liegt, unter  $d$  den Durchmesser des letzteren verstanden. Die Ringfläche zwischen dem Schirm (dessen Seiten circa 75° gegen den Horizont geneigt sind) und dem Aufsatzrohre ist gleich dem Querschnitt des Rauchrohres; sie gestattet den an dem Rohre aufwärts gleitenden Windstrahlen unter den Schirm zu treten

\*) Muißchel, „Ueber Schornsteinaufsätze,“ Deutsche Bauzeitung, Jahrgang 1870.



und den Zug zu fördern. Windstrahlen, welche weniger als  $45^\circ$  Neigung besitzen, können in den Schornstein nicht eintreten. — Der Aufsatz wird aus Metall oder Thon angefertigt.

Vielfach in Gebrauch befindlich ist der Dorn'sche Schornsteinaufsatz, Fig. 14 und 15, im Jahre 1867 er-

Fig. 14.

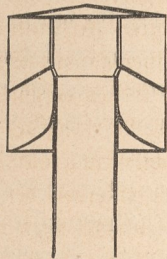
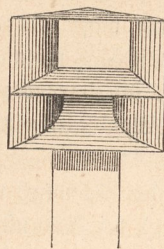


Fig. 15.



funden und zuerst auf dem neuen Rathhause in Berlin aufgestellt. Er sitzt auf einem Aufsatzrohre mit Quadratquerschnitt. Ein aus vier die Seiten des Aufsatzrohres tangirenden Flächen bestehender Schirm trägt 4 diagonal angeordnete vertikale Wände, welche die unten horizontale, oben aber abgedachte Decke tragen. Zwischen diesen Scheidewänden sind vier mittlere Schirmwände unter  $30^\circ$  eingeschoben. Der Aufsatz bietet dem Röggerath'schen gegenüber unter Anderen den Vorzug, daß das Einfallen des Regens in den Schornstein annähernd unmöglich gemacht wird; er zwingt auch einen großen Theil der ihn treffenden Windstrahlen, zur Verstärkung des Zuges mitzuwirken.

Den Schornsteinaufsatz von Windhausen und Büsing, Deflector genannt, zeigt Fig. 16 und 17. Der untere Schirm s ist wie vorhin das Rauchrohr (hier rund gedacht)

Fig. 16.

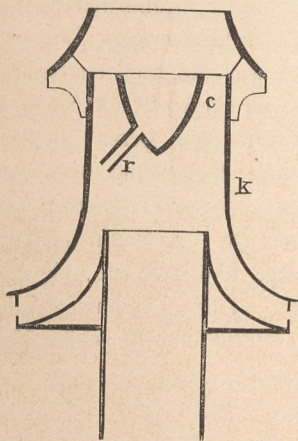
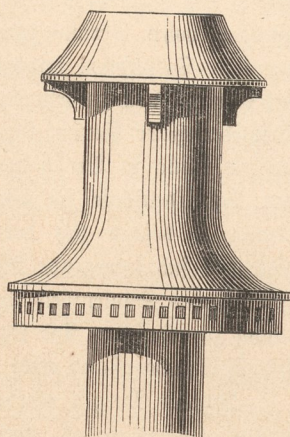


Fig. 17.



tangirend angeordnet, darüber sitzt ein Umhüllungsmantel k, dessen untere Partie gleiche Krümmung besitzt, wie der untere Theil des Schirmes. An den Mantel k und zwar mittels Laschen ist ein nach Oben offener hohler Kegel c mit convexem Mantel gehängt, von dem ein kleines Rohr r

zur Abführung des Regenwassers ausgeht. Die Wirkung des Apparates beruht wieder darauf, die den Aufsatz treffenden Windstrahlen zu veranlassen, eine Verstärkung des Zuges zu erzeugen und ferner darauf, das Einfallen von Regentropfen und Windstrahlen in den Schornstein auf ein unschädliches Minimum zu reduciren. Der Ringquerschnitt a ist gleich dem doppelten Querschnitte des Rauchrohres. Der Apparat wird aus Kupfer, Zink oder Gußeisen hergestellt und ist in Norddeutschland sehr verbreitet.

Ganz vorzüglich soll ferner der in Fig. 18 und 19 zur Anschauung gebrachte Wolpert'sche Rauch- und Luftsauger wirken. Die ältere in Fig. 18 und 19 darge-

Fig. 18.

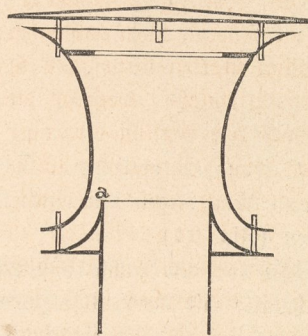
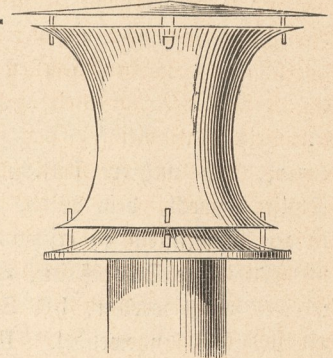


Fig. 19.



stellte Construction hat mit den letztbeschriebenen Apparaten den an das Aufsatzrohr sich anschmiegenden unteren Schirm gemein, über dem dann ein nach oben ausgeschweiffter trichterförmiger Mantel sich befindet, der seinerseits eine in geringem Abstände über ihm befindliche Decke trägt. Der Ringquerschnitt a wird gleich dem Rauchrohrquerschnitt gemacht.

Die neuere bedeutend vereinfachte Construction zeigen die Figuren 19a und 19b. Das Princip ist dasselbe geblieben, nämlich, sowohl bei Sonnenschein wie bei jedem Winde in dem mittleren Theile, dem sogenannten Saugkessel, eine bedeutende Luftverdünnung zu erzeugen und den Rauch emporzusaugen.

Fig. 19a.

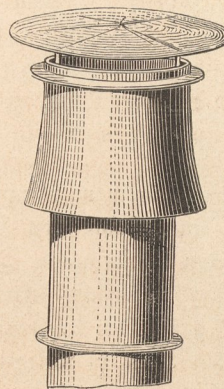
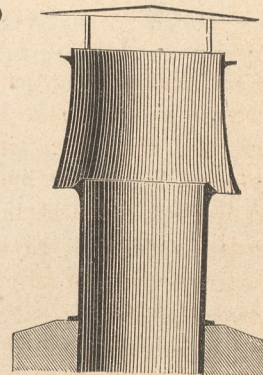


Fig. 19b.





Bei kleineren Schornsteinen, z. B. bei den Rauchröhren in Wohngebäuden findet man einfachere Vorrichtungen. So erzielt man schon ein ganz gutes Resultat, wenn man den Schornstein mit einer Klappe deckt, welche 4 seitliche Oeffnungen hat, vor denen Klappen aus Zinkblech angebracht sind. Diese Klappen bilden mit der Vertikalen einen Winkel von  $22\frac{1}{2}^{\circ}$  und werden in dieser Lage durch gekrümmte dünne Eisenstangen gehalten (Fig. 20).

Sehr häufig stellt man auf der Schornsteinwandung Mauersteine auf, die wie Säulen dann eine Platte tragen,

Fig. 20.

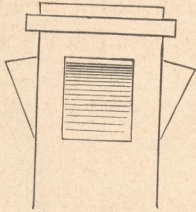
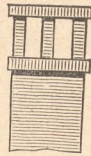


Fig. 21.



derart, daß mehrere seitliche Oeffnungen entstehen. Die Platte bezweckt, dem Winde und dem Regen den Eintritt in den Schornstein zu erschweren (Fig. 21).

Für enge Schornsteine, welche von den Nachbarhäusern weit überragt werden, hat Schwatko mit Vortheil folgende Construction angewendet. Ueber der Schornsteinöffnung wird eine Eisenblechröhre (Fig. 22) von circa  $15^{\text{cm}}$  Durchmesser, etwa  $0,75^{\text{m}}$  hoch herausstehend,  $30^{\text{cm}}$  tief in den Schornstein hineingehend aufgesetzt. Die Röhre erhält auf 3 Blechstützen ein kleines Blechdach, das  $2^{\text{cm}}$  hoch über der Röhre liegt, den so entstehenden Zwischenraum aber um circa  $2^{\text{cm}}$  auf jeder Seite überragt. In die Eisenröhre sind Schuppen eingehauen,  $5^{\text{cm}}$  lang,  $2\frac{1}{2}^{\text{cm}}$  breit, und nach außen gebogen, so daß sie mit der Rohrachse den Winkel  $45^{\circ}$  ein-

Fig. 22.

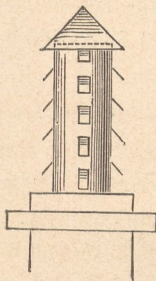
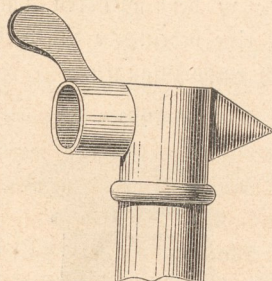


Fig. 23.



schließen. Sie stehen reihenweise übereinander mit circa  $5^{\text{cm}}$  Zwischenraum, so daß in einer Röhre von besagter Länge 6–8 solcher Schuppenreihen sich befinden.

Ferner möge noch der drehbaren Aufsätze Erwähnung gethan werden, welche den Zweck haben, die Ausflußöffnung nach der dem Winde abgewendeten Seite zu verlegen. Es leiden diese ganz gut wirkenden Apparate jedoch an dem

Uebelstande, daß sie einer häufigen Reinigung bedürfen, da sie zu funktionieren aufhören, sobald sie eingeroftet und eingeraucht sind.

Aus der Ausführung freistehender Schornsteine zuwendend, verweisen wir bezüglich des Mauerverbandes auf den ersten, die „Construction in Stein“ behandelnden Theil dieses Werkes und heben nur noch hervor, daß für den in der Regel vorliegenden Fall, wornach der Schornstein im Rohbau auszuführen ist, fast durchweg der Kreuzverband angewendet wird.

Die Wandstärken werden meistens erfahrungsmäßig wie folgt gemacht:

An der Mündung wählt man eine Wandstärke =  $12^{\text{cm}}$  ( $\frac{1}{2}$  Stein), bei Schornsteinen von  $2^{\text{m}}$  Durchmesser und darüber  $25^{\text{cm}}$ . Ferner vergrößert man bei Anwendung von Backsteinen die Wandstärke alle  $6^{\text{m}} - 12^{\text{m}}$  um  $12^{\text{cm}}$ , bei Anwendung von Formsteinen alle  $3^{\text{m}} - 6^{\text{m}}$  um  $6,5^{\text{cm}}$ . Wie die Höhe der entstandenen Etagen innerhalb der angeführten Grenzen zu wählen ist, wird von der Temperatur der Heizgase abhängen, so zwar, daß der Schornstein eine desto größere Wandstärke erfordert, je heißer die ihn passirenden Verbrennungsprodukte sind. \*)

Die Ausführung des Schornsteines kann entweder mit Hilfe eines Gerüstes oder aber von innen erfolgen. Hinsichtlich des Baues von Gerüsten verweisen wir auf Theil 2 dieses Werkes, die Constructionen in Holz behandelnd, und fügen nur noch hinzu, daß man dem Gerüst mit Rechteckgrundriß den Vorzug geben dürfte vor dem mit Quadratgrundriß. Im letzten Falle ist das Gerüst dicht um den Schornstein gebaut; das Material (Steine, Mörtel etc.) wird außerhalb des Gerüstes hoch gewunden und ist diese Maßnahme mit Rücksicht auf die ungünstige Beanspruchung namentlich hoher Gerüste wenig empfehlenswerth. Die erstgenannte Disposition ermöglicht, das Material im Innern des Gerüstes hoch zu bringen; sie ist dargestellt auf Tafel 4. Das bezügliche Gerüst ist construirt von Herrn Zimmermeister Thür in Berlin und fand Anwendung beim Bau der Invalidensäule im Berliner Thiergarten. Ueber dem Raum A befand sich der nach Art der Lauftrahne auf Schienen sich bewegende Windebock und gestattete, die hoch gewundenen Säulentheile bequem an den Ort ihrer Bestimmung zu schaffen. Die letztere Einrichtung ist bei Gerüsten für Fabrikshornsteine nicht nöthig.

In der Neuzeit werden hohe Schornsteine der bedeutenden Kosten wegen, welche die Herstellung eines Gerüstes verursacht, in der Regel von Innen aufgeführt, was allerdings nur angängig ist, wenn der Schornstein einen Durchmesser von mindestens  $0,80^{\text{m}} - 0,90^{\text{m}}$  erhält. Es

\*) Man vergl. S. 14.



werden dann zweckmäßig zwei übereinanderliegende Böden angebracht, jeder aus zwei und zwei über Kreuz gelegten Riegeln bestehend, welche mit Brettern derart überdeckt sind, daß in der Mitte eine die Beförderung des Baumaterials ermöglichende Aufzugsöffnung bleibt. Auf dem unteren starken Boden wird das Material aufgespeichert, auf dem oberen steht einer, vielleicht auch zwei Maurer. Die behufs Auflagerung der Riegel in der Schornsteinwand ausgesparten Löcher werden nachträglich zugemauert. Im Innern des Schornsteines werden ferner Steigeisen eingemauert, mittels deren die Maurer auf das Gerüst gelangen und die auch späterhin das Befahren des Schornsteines ermöglichen.

Während des Baues ist das Innere der Esse zugänglich durch die Reinigungsöffnung. Ist diese nicht zweckmäßig gelegen, so bringt man in dem Sockel eine provisorische Oeffnung von genügender Höhe an.

Den vorstehenden, hauptsächlich die Fabrikschornsteine betreffenden Ausführungen schließen wir eine kurze Beschreibung der Schornsteine in Gebäuden an, bestimmt, die Verbrennungsprodukte aus den Defen, Kochfeuerungen zc. abzuführen und in der Regel mit dem Namen Rauchröhren belegt.

Die Rauchröhren unterscheidet man in enge und weite. Erstere müssen mindestens so groß sein, daß sie durch einen Schornsteinfeger bestiegen werden können und heißen deshalb besteigbar. Die anderen sogenannten russischen Röhren dürfen nur so weit sein, daß sie noch bequem mit einer Bürste gereinigt werden können, da das Ausbrennen nur an manchen Orten und selbst dort nur unter sehr erschwerenden Umständen gestattet ist. Die weiten Röhren macht man mindestens  $47\text{cm} \times 47\text{cm}$ , wenn sie durch einen Erwachsenen, und  $47\text{cm} \times 39\text{cm}$ , wenn sie durch einen Schornsteinfegerzungen bestiegen werden sollen.

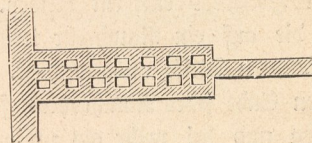
Der Querschnitt der engen Röhren ist meistens ein Rechteck mit den Seiten  $15\text{cm}$  und  $21\text{cm}$ , er darf keine größere Abmessung erhalten als  $21\text{cm}$ , woraus sich der Maximalquerschnitt  $21\text{cm} \times 21\text{cm}$  ergibt. Andererseits wird es sich empfehlen, nie unter das Maß  $15\text{cm}$  zu gehen. Runde Röhren kommen in Deutschland selten vor, sehr häufig aber in Frankreich, wo sie aus besonders dazu geformten Steinen aufgeführt werden.

Die Rauchröhren wird man zweckmäßig in Lehm, nicht in Kalk aufmauern, auch inwendig einen Abputz von Lehm auftragen.

Welchen Röhren der Vorzug gebührt, den besteigbaren oder den russischen, läßt sich nur bedingungsweise entscheiden. Im Allgemeinen ziehen die engen Röhren besser, doch haben sie sich als untauglich erwiesen für offene Feuer, also beispielsweise zur Aufnahme der Verbrennungsprodukte eines Kaminfeuers. Die engen Röhren haben ferner den Nachtheil, daß es durchaus unstatthaft ist, in übereinander gelegenen Etagen befindliche Feuerungen in ein und dasselbe

Kohr zu leiten. Bei Küchenfeuerungen ist es sogar wünschenswerth, jeder Küche ein eigenes Kohr zu geben, auch wenn sie in demselben Stockwerk neben einander liegen. Es ist dies namentlich in mehrstöckigen Häusern, in denen jede Etage zwei benachbart liegende Küchen aufweist, sehr mißlich; die Anzahl der Röhren wird hier dem Constructeur, dem in der Regel der Raum nur sehr knapp zugemessen ist, recht ungeliegt. In Berlin finden sich vielfach Häuser, die in jeder der 4 Etagen, im Erdgeschoß und im Kellergeschoß, zwei aneinanderstoßende Küchen erhalten sollen, für welche die geringe Breite von vielleicht  $2\text{m}$  zur Verfügung steht. Es müßten dann, wenn ein Rauchen vermieden werden soll,  $2 \cdot 6 = 12$  Rauchröhren und 2 Dunströhren (für je 6 Küchen

Fig. 24.



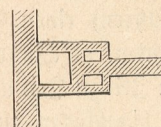
ein gemeinschaftliches) angelegt werden. Gibt man diesen Dunströhren die Abmessungen der Rauchröhren, so erhält man einen Schornsteinkasten (unter diesem Namen faßt man gewöhnlich ein solches Röhrensystem zusammen) von beiläufig  $7 \cdot 12 + 7 \cdot 15 = 195\text{cm}$

Länge und

$$3 \cdot 12 + 2 \cdot 15 = 66\text{cm}$$

Breite und ist genöthigt, die Kochmaschine in den verschiedenen Stockwerken an einen anderen Ort zu setzen. Die in Figur 25 dargestellte Anordnung eines weiten Rohres und

Fig. 25.



eines (resp. zwei) Dunstrohres überhebt dieses Nachtheiles, sie nimmt bei weitem nicht den Raum in Anspruch, wie jener Röhrenkasten. Daß jedoch die Anordnung in Figur 24 eine bessere ist und dort, wo der Raum nicht beschränkt ist, den Vorzug verdient, ist evident.

Die Wandung eines Rauchrohres (eng oder weit) wird, wenn das Kohr einem Stubenofen oder einer Küchenfeuerung angehört, nicht stärker als  $\frac{1}{2}$  Stein ( $12\text{cm}$ ) gemacht. Für die Schornsteine von Backöfen, größeren Centralheizungen zc., würde eine Stärke von mindestens 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Stein anzupfehlen sein. Ebenfalls wird eine Verstärkung der Wandung nöthig, wenn ein enges Kohr einzeln in den Dachraum hineinreicht, also auf eine größere Höhe freisteht.



Dann pflegt man 2 Wandungen bei  $\frac{1}{2}$  Stein Stärke zu belassen, die anderen aber 1 Stein stark zu mauern.

Auch für die in den Schornsteinkästen notwendigen, die einzelnen Röhren trennenden Zungen empfiehlt sich eine Stärke von 12<sup>cm</sup>. Das Verfahren, die Zungen aus hochkant stehenden Steinen herzustellen (also nur 6,5<sup>cm</sup> stark) ist entschieden zu tadeln. Es geschieht nämlich das Reinigen enger Röhren durch wechselweises Hinablassen und Heraufziehen einer Bürste, an deren unterem Ende eine circa 3<sup>k</sup> schwere Kugel befestigt ist, welche letztere durch Anschlagen an eine zu schwach gemauerte Zunge diese erheblich schädigen kann.

Jedes Rauchrohr muß von Grund aus fundirt sein, und darf nie auf hölzernen Balken lagern, auch nie an Holzbalken sich anlehnen, sondern muß mindestens 10<sup>cm</sup> von jedem Holzwerk entfernt bleiben. Aus diesem Grunde werden die auf ein Rauchrohr treffenden Etagenbalken in der bekannten Weise ausgewechselt.

Am untersten Ende jedes Rauchrohres, ferner über dem obersten Dachboden und bei mehr als zweimal veränderter Richtung auch in der Mitte, muß eine Reinigungsöffnung, verschließbar durch eine eiserne, eingefalzte Thür angeordnet sein; vor dieser muß ein Pflaster sich befinden, welches 0,63<sup>m</sup> breit ist und in der Länge auf jeder Seite 0,63<sup>m</sup> über die Thürbreite hinausgeht; außerdem darf in der Nähe der Reinigungsthür kein Holzwerk sich befinden, wie denn auch keine Reinigungsthür unter einer hölzernen Treppe gelegen sein darf. Die Röhren führt man in der Regel bis in das Kellergeschoß hinab, um das lästige Reinigen von den Fluren der einzelnen Stockwerke oder gar von den Zimmern aus zu vermeiden. Es wird jedoch dann gerathen sein, etwas unterhalb der Einmündung des Fuchses (selbstverständlich vorausgesetzt, daß nicht mehrere Fuchse in verschiedenen Etagen in das Rohr führen) einen Schieber anzubringen, um das Rohr nach unten abschließen zu können. Den Schieber wird man von Zeit zu Zeit aufziehen, um die etwa angesammelte Flugasche hinabfallen zu lassen; sonst ist er nur während der Reinigung offen zu halten.

Borhin schon haben wir bemerkt, daß es unter allen Umständen zu vermeiden ist, zwei übereinander gelegene Feuerungen in ein russisches Rohr zu führen, da ein zeitweises Rauchen in den Zimmern dann unvermeidlich ist. Weniger bedenklich ist es, zwei in derselben Etage befindlichen Heizapparaten ein gemeinsames Rohr zu geben; nur hat man darauf zu achten, daß, wenn nur ein Ofen geheizt wird, die anderen vollständig geschlossen sein müssen. Ferner dürfen die Mündungen der eisernen Röhren, welche den Rauch aus den Oefen in die Esse führen, einander nicht unmittelbar gegenüberstehen, da diesfalls der wärmere Rauch des einen vielleicht lebhafter brennenden Oefens den Rauch der anderen Oefen verdrängt. Vielmehr sind die Mündungen in verschiedener Höhenlage anzuordnen und ist den Röhren nicht eine geneigte Lage, sondern eine nach der Esse hin ansteigende zu geben.

In der Dachetage pflegt man zwei oder mehrere nahe aneinandergelegene Schornsteine zu einem einzigen zu vereinigen, um den Dachverband und die Dachdeckung möglichst wenig zu stören. Es geschieht dies durch das sogenannte Ziehen und Schleifen der Schornsteine.

Soll beispielweise der Schornstein a (Fig. 26) an den vertikal aufzuführenden Schornstein b geschleift werden, so geschieht dies in der in genannter Figur veranschaulichten Weise. Der kleinste Winkel, welchen die Tangente mit der Horizontalen bildet, darf auf keinen Fall kleiner als 45° sein; man wird ihn sogar zweckmäßig nicht unter 60° wählen, da sonst der Zug in Folge der Schleifung nicht unbedenklich verschlechtert wird. Die Wölbung zu vollführen, ist die Aufstellung eines förmlichen Lehrgerüsts, aus 2 Lehrbögen bestehend, erforderlich. Das Gewölbe wird nicht stärker gemacht als die Schornsteinwandung, ist also in den meisten Fällen nur 12<sup>cm</sup> stark.

Figur 27 zeigt das Aneinanderschleifen zweier Schornsteine, welche beide, vertikal aufgeführt, zu Seiten des Firtzes aus dem Dache getreten wären. Das Gewölbe erhält hier in der Regel die Form des Spigbogens. Werden zwei Schornsteinkästen in dieser Weise aneinandergeschleift und

Fig. 26.

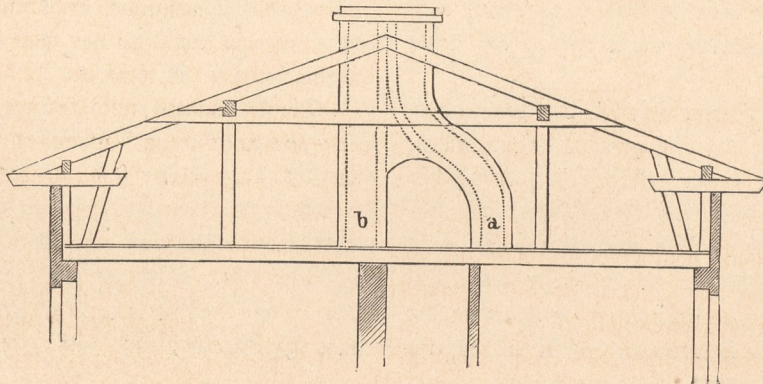
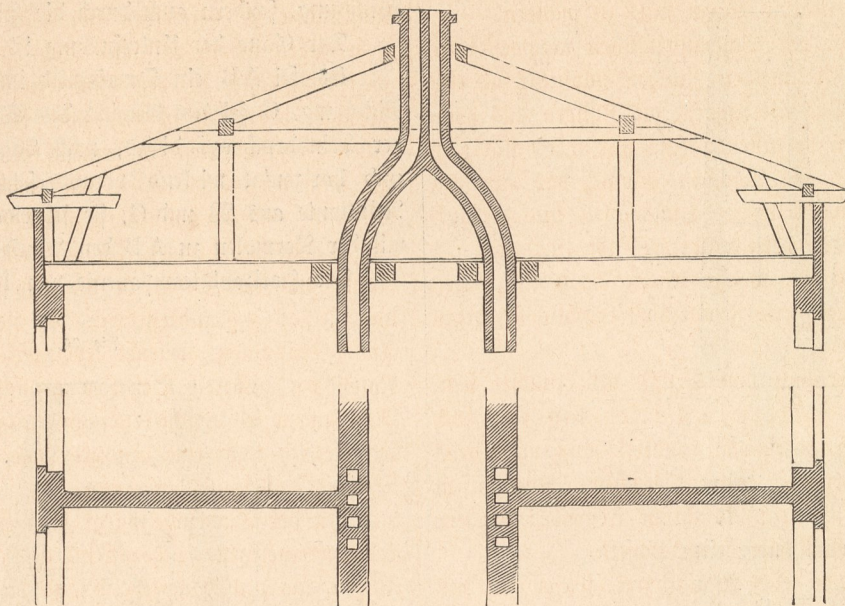




Fig. 27.

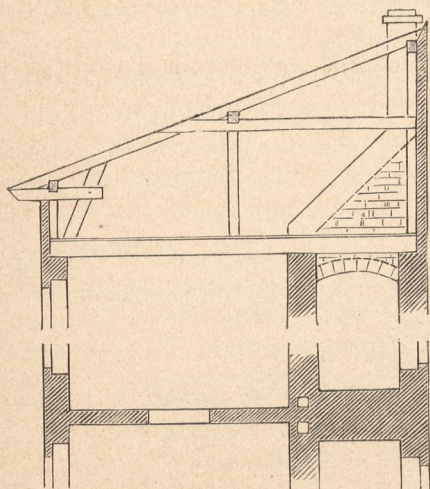


enthält der eine ein Rohr weniger als der andere, so muß ein sogenanntes blindes Rauchrohr eingeschaltet werden.

In der Regel sucht man es zu vermeiden, Schornsteine in größerem Abstände vom First durch das Dach zu führen, da dies bekanntlich die Construction einer Kehle zwischen dem Schornstein und dem First nöthig macht. Soll ein einzelner Schornstein nach dem First hin geschleift werden, so geschieht dies am zweckmäßigsten auf einer abgescrägten Wand, wie Fig. 28 darstellt.

Das Zueinanderschleifen der Schornsteine, d. h. das

Fig. 28.



Beglassen der Zungen nach vollzogener Ziehung ist auf keinen Fall zuzulassen, da ein Rauchen in den Zimmern dann schlechterdings unvermeidlich bleibt.

Wie hoch der Schornstein über das Dach hinauszuführen ist, richtet sich ganz nach der Höhe der umgebenden Gebäude. Wenn möglich, soll der Schornstein von keinem dieser Gebäude überragt werden. Bei völlig freistehenden Häusern führt man den am First das Dach durchdringenden Schornstein mindestens 0,25<sup>m</sup> über dieses hinaus; bei anderen seitlich vom Dachfirst mündenden erhöhe man dieses Maß auf 0,30<sup>m</sup> bis 0,60<sup>m</sup> und zwar nähert man sich dem letzten Werthe desto mehr, je größer der Abstand des Schornsteines vom Dachfirst ist.

Überragt die Esse den First um mehr als 0,95<sup>m</sup>, so empfiehlt es sich, sie an der Mündung mit einer leicht zu handhabenden Schließungsvorrichtung zur Sicherung für den Fall eines Schornsteinbrandes zu versehen.

#### §. 14.

##### Stabilität freistehender Schornsteine.

##### 1) Bedingungen der Stabilität.

Die Untersuchungen über die Stabilität hoher Schornsteine, die namentlich durch den Winddruck sehr gefährdet ist, werden in der Regel von ganz falschem Gesichtspunkte aus durchgeführt. Es wird der Winddruck  $W$  sowie dessen Angriffspunkt ermittelt und das zur Sicherung der Stabilität erforderliche Gewicht  $G$  aus der auf den Drehpunkt  $C$ , Fig. 29, bezogenen Momentengleichung

$$GR = Ww$$

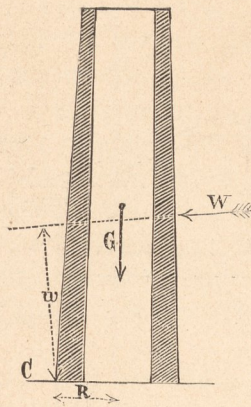
bestimmt, in welcher

$R$  den Hebelarm von  $G$   
und  $w$  den Hebelarm von  $W$

bedeutet.



Fig. 29.



Das theoretische

$$G = \frac{W w}{R}$$

wird dann allenfalls noch durch ein

$$I \dots G = c \frac{W w}{R}$$

ersetzt, wo c einen Sicherheitscoefficienten, den man Stabilitätscoefficienten zu nennen pflegt, darstellt.

Daß eine derartige Betrachtung sich nicht vertheidigen läßt, leuchtet ein. Zunächst fehlt der geeignete Anhalt für die Beurtheilung des Werthes c, da eine Ermittlung desselben aus Vergleichen mit der Praxis insofern wenig rationell ist, als ausgeführte Constructionen nicht immer gleichzeitig zweckmäßige sein müssen. Weiter bietet die Berechnung der Schornsteindimensionen nach Formel I keine Garantie gegen eine etwaige Ueberlastung des Materiales. Sie zieht nur die sogenannte Standsicherheit in Betracht, nicht aber die Festigkeit des Materiales und die Sicherheit gegen Gleiten auf der Lagerfuge.

Jeder mit den Lehren der Baumechanik Vertraute wird wissen, daß man in analoger Weise früher die Futtermauern zu berechnen pflegte, daß man aber in neuerer Zeit wesentlich andere Bedingungen für deren Stabilität aufstellte.

Der Verfasser hält sich deshalb um so mehr berechtigt, eine rationellere Berechnung in ausführlicherer Weise zur Darstellung zu bringen.

Die an jede Steinconstruction mit Zug und Recht zu stellende Forderung ist:

daß in keinem Theile derselben eine Zugspannung oder doch nur eine so geringe Zugspannung auftritt, daß eine Gefährdung der Construction nicht zu gewärtigen ist.

Diese größte zulässige Zugspannung dürfte hierbei auf 1<sup>k</sup> pro Quadratcentimeter bemessen werden dürfen, doch wird es rathsam sein, selbst von dieser, eine Vergeringerung des Querschnittes gestattenden Annahme abzusehen, wenn es sich um die Berechnung von hohen Schornsteinen handelt,

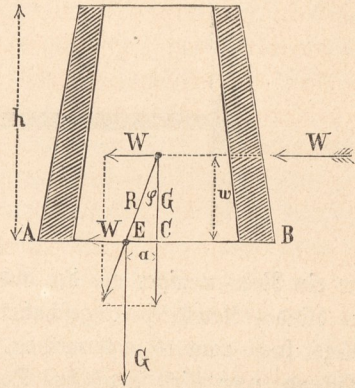
da das Mauerwerk nicht allein unter dem Einflusse der Witterung, sondern auch durch die Hitze leidet.

Der Gang der Untersuchung ist folgender:

Es sei AB ein Querschnitt im Abstände  $\eta$  von der Mündung, G sei das Gewicht des Schornsteinsegmentes, W der Winddruck auf dieses, nach Lage und Größe gegeben und horizontal wirkend vorausgesetzt. Weiter sei R die Resultante aus W und G, sie schneide AB in E und bilde mit der Normalen zu AB den Winkel  $\varphi$ .

Die Horizontalcomponente von R, welche gleich W ist,

Fig. 30.



wird ein Gleiten auf der Lagerfuge erstreben und wird, wenn von der Festigkeit des Mörtels abgesehen wird, kleiner als der Reibungswiderstand sein müssen. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn

$$\varphi < \varrho$$

ist, wo  $\varrho$  den Reibungswinkel bedeutet, welcher = 33° anzunehmen ist.

Die Stabilität gegen Gleiten erfordert daher, daß

$$W < G \operatorname{tg} 33^\circ$$

d. i.

$$W < 0,65 G$$

ist. \*)

Die Verticalcomponente von R, d. i. die in E angreifende Kraft G beansprucht den Querschnitt AB auf excentrischen Druck.

Nennt man

a den Abstand des Punktes E von dem Schwerpunkte C des Querschnittes, so entsteht das Biegemoment

$$M = G a,$$

welchem in den Fasern B und A die Spannungen

\*) Diese Bedingung ist stets erfüllt; man hat deshalb nicht nöthig, die bezügliche Gleichung zu untersuchen.



$$\epsilon_1 = \frac{+Ga}{-W}$$

entsprechen, unter

W das Widerstandsmoment (den Querschnittsmodul) des Schornsteinquerschnitts verstanden.

Dem Drucke G entspricht die Normalspannung

$$\epsilon_2 = -\frac{G}{F}$$

wo F der Inhalt des Querschnittes ist.

Die Gesamtspannung wird

$$\epsilon = -\frac{G}{F} \left[ 1 + \frac{aF}{W} \right]$$

und zwar bedeutet ein negatives Resultat eine Druckspannung, ein positives eine Zugspannung.

Den Schornstein erklären wir als stabil und gleichzeitig als rationell dimensionirt\*), wenn

1) die Druckspannung

$$\epsilon = -\frac{G}{F} \left( 1 + \frac{aF}{W} \right)$$

gerade den als höchst zulässig erachteten Werth annimmt und dürfte dieser auf

$$7^k \text{ pro } \square^{\text{cm}}$$

zu bemessen sein,

2) wenn die Zugspannung gleich oder kleiner als Null ist.

Der aus Bedingung 2 sich ergebende Grenzwert h a folgt aus der Gleichung

$$1 = \frac{aF}{W}$$

und möge mit e bezeichnet werden. Es ist dann

$$e = \frac{W}{F}$$

Den geometrischen Ort der Punkte, welche im Abstände e von C liegen, nennen wir die Kernfläche, den von dieser und den Endquerschnitten des Schornsteins eingeschlossenen Raum den Kern; weiter bezeichnen wir den geometrischen Ort der Punkte C mit dem Namen Stützlinie und sprechen nun die Bedingung 2 wie folgt aus:

Soll in der Schornsteinwandung keine Zugspannung auftreten, so müssen sämtliche Punkte der Stützlinie innerhalb des Kernes liegen.

Für die Spannung  $\epsilon$  erhalten wir unter Berücksichtigung des Wertes e folgenden Ausdruck:

$$\epsilon = -\frac{G}{F} \left( 1 + \frac{a}{e} \right)$$

und zwar sind für W, F und e folgende aus der Festigkeitslehre bekannte Ausdrücke einzuführen:

\*) Wir fassen hierbei selbstverständlich nur die Festigkeit in's Auge, sehen also von den an die Esse als guten Zugerzeuger zu stellenden Forderungen ab.

Fig. 31.

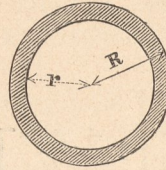


Fig. 33 b.

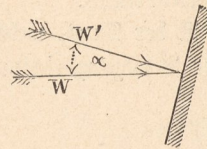


Fig. 32.

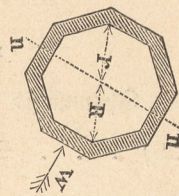
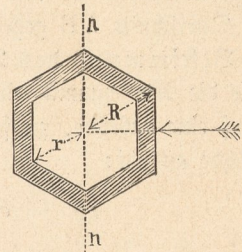


Fig. 33 a.



a) für den Schornstein mit Kreisquerschnitt:

R = großer Radius

r = kleiner Radius

$$W = \frac{\pi}{4R} (R^4 - r^4) = \frac{0,785 (R^4 - r^4)}{R}$$

$$F = \pi (R^2 - r^2) = 3,142 (R^2 - r^2)$$

$$e_1 = \frac{R^2 + r^2}{4R};$$

b) für den Schornstein mit Achteck-Querschnitt:

R } die Radien der bezüglichen umschriebenen  
r } Kreise:

$$W = \frac{0,690}{R} (R^4 - r^4)$$

$$F = 2,828 (R^2 - r^2)$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4,10 R} = \frac{0,244}{R} (R^2 + r^2);$$

(in Fig. 32 deutet der Pfeil an, daß der Winddruck normal zur Seite cd anzunehmen ist);

c) für den Schornstein mit Sechseckquerschnitt:

$$W = \frac{0,625}{R} (R^4 - r^4)$$

$$F = 2,598 (R^2 - r^2)$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4,16 R} = \frac{0,240}{R} (R^2 + r^2);$$

d) für den Schornstein mit Quadratquerschnitt

R = äußere Quadratseite

r = innere Quadratseite

$$W = \frac{1}{6R} (R^4 - r^4)$$

$$F = R^2 - r^2$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{6R}$$

Die Strecke a findet man, wenn der Abstand w des Winddruckes von C gegeben ist, aus der Proportion:



$$a : w = W : G$$

woraus

$$a = \frac{W w}{G}$$

so daß die Spannung:

$$29) \dots \epsilon = - \frac{G}{F} \left[ 1 + \frac{W w}{G e} \right]$$

wird. Mit Hilfe dieser Formel läßt sich die Aufgabe lösen, sobald der Winddruck  $W$  und dessen Hebelarm  $w$  in Bezug auf den Querschnitt  $AB$  gegeben ist.

2) Bestimmung des Winddruckes.

Wie die Aerodynamik lehrt, ist der Druck, welchen der Wind auf eine ruhende, zu seiner Bewegungsrichtung normale Fläche ausübt:

$$W' = c \gamma \frac{F v^2}{2g}$$

unter:

- $F$  den Inhalt der Fläche in Quadratmetern,
- $\gamma$  das Gewicht pro Cubicm Luft (=1,292<sup>k</sup> bei 13° Celsius und 1 Atmosphäre Spannung),
- $g$  die Beschleunigung der Schwere (= 9,81<sup>m</sup>),
- $c$  einen Erfahrungscoefficienten, der bei kleinen Flächen 1,86<sup>m</sup> ist,
- $v$  die Geschwindigkeit des Windes in Metern pro Sekunde

verstanden. Der Ausdruck geht nach Einführung der für  $\gamma$ ,  $g$  und  $c$  angegebenen Werthe über in

$$W' = 0,12 F v^2,$$

wornach für verschiedene beobachtete Geschwindigkeiten sich folgende Drucke pro  $\square^m$  ergeben.

	v	W' pro $\square^m$
		Kilgr.
Lebhaftester Wind . . . . .	5	3
Sehr lebhafter Wind . . . . .	10	12
Starker " . . . . .	15	27
Sehr starker " . . . . .	20	48
Leichter Sturm . . . . .	25	75
Starker " . . . . .	30	108
Orkan . . . . .	40	192
Stärkst bekannter Orkan . . . . .	48	278

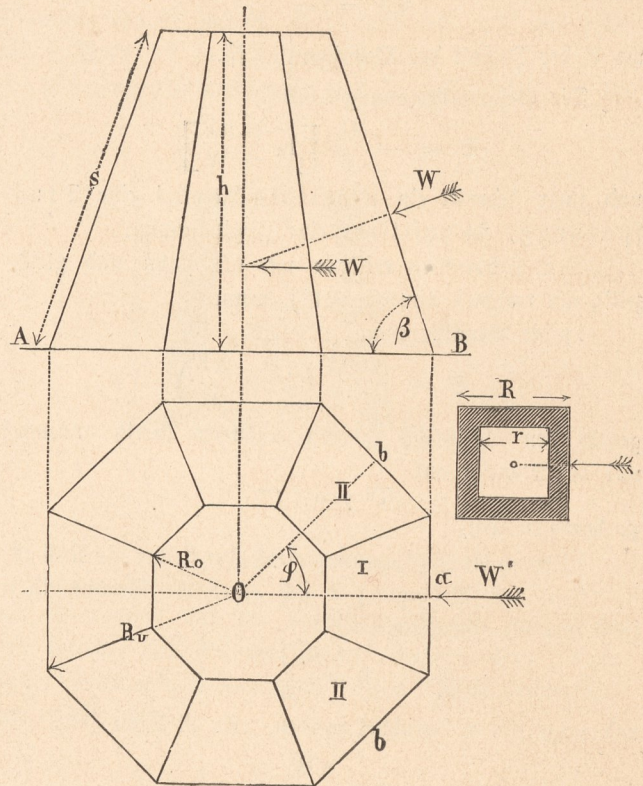
Welche dieser Werthe der Berechnung der Schornsteinabmessungen zu Grunde zu legen ist, hängt von der Vertikalität ab. Gerathen dürfte es sein, den Druck pro  $\square^m$  auf mindestens 200<sup>k</sup> festzusetzen, ihn jedoch bei sehr dem Winde preisgegebenen Anlagen auf 300 zu erhöhen. In die folgenden Untersuchungen möge der erstgenannte Werth eingeführt und demnach

$$W' = 200 F$$

geschrieben werden. Der zweiten Annahme entsprechende Resultate erhält man, indem man die nachstehend für  $W w$  entwickelten und in Formel 29 einzusetzenden Ausdrücke mit 1,5 multiplicirt.

Aus der Aerodynamik ist ferner bekannt, daß der auf

Fig. 34.



eine ruhende Fläche, deren Normale mit der Windrichtung den Winkel  $\alpha$ , Fig. 33b, einschließt, sich äußernde, in der Richtung normal zur Fläche gemessene Winddruck — und zwar unter Einführung des oben angegebenen specifischen Druckes —

$$W' = 200 F \cos^2 \alpha$$

ist (da die Geschwindigkeit normal zur Fläche =  $v \cos \alpha$ ); woraus sich der horizontal wirkende Winddruck

$$W = 200 F \cos^3 \alpha$$

ergibt.

Mit Hilfe dieser Angaben läßt sich nun das Produkt  $W w$  leicht bestimmen. Wir betrachten zunächst:

a) den Schornstein mit Achteckquerschnitt.

Der Mantel des Schornsteins ist in Fig. 34 im Grundriß und Aufriß dargestellt. Der Neigungswinkel der Seitenfläche gegen den Horizont sei  $\beta$ ; dann ist der Winkel  $\alpha$  zwischen der Windrichtung und der Normalen auf die Fläche I gleich  $R - \beta$ , und der horizontale Winddruck auf Fläche I:

$$W_I = 200 F \cos^3 (R - \beta) = 200 F \sin^3 \beta.$$



Die Normale zur Fläche II bildet mit der Windrichtung einen Winkel  $\gamma$ , der sich durch den Winkel  $\beta$  und den Winkel  $\varphi$ , welchen die im Grundriß vom Mittelpunkte o auf die Kanten a und b gefällten Lotthe miteinander einschließen, ausdrücken läßt, und zwar lautet die bezügliche Relation:

$$\cos \gamma = \sin \beta \cos \varphi.$$

Es wird hiernach der Winddruck auf Fläche II

$$\mathfrak{W}_{II} = 200 F \sin^3 \beta \cos^3 \varphi$$

und wegen

$$\varphi = 45^\circ; \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\mathfrak{W}_{II} = 71 F \sin^3 \beta.$$

Der gesammte auf den Pyramidenstumpf-Mantel sich äußernde horizontale Winddruck ist also:

$$\mathfrak{W} = 200 F \sin^3 \beta + 2 \cdot 71 F \sin^3 \beta$$

$$\mathfrak{W} = 342 F \sin^3 \beta.$$

Ist nun

$R_o$  der umschriebene Radius des oberen Achtecks

$R_u$  " " " " unteren "

so sind die entsprechenden Achteckseiten

$$0,7654 R_o \text{ resp. } 0,7654 R_u.$$

Wird dann weiter mit

s die Höhe des Trapezes I bezw. II

bezeichnet, dann ergibt sich

$$F = \frac{s}{2} \cdot 0,7654 (R_o + R_u)$$

$$= 0,3827 s (R_o + R_u)$$

weßhalb

$$\mathfrak{W} = 131 s (R_o + R_u) \sin^3 \beta.$$

Der auf jede der Seitenflächen wirkende, normal zu diesen gerichtete Winddruck  $\mathfrak{W}'$  greift im Schwerpunkt der bezüglichen Fläche an und wird hiernach der gemeinschaftliche Angriffspunkt aller dieser Kräfte  $\mathfrak{W}'$  als der Schnittpunkt der nun nach Lage bestimmten  $\mathfrak{W}'$  mit der Achse der Pyramide gefunden. Dieser Angriffspunkt kann aber als mit dem Schwerpunkte eines durch die Achse gelegten Längensprofils zusammenfallend angenommen werden, so daß sich für seinen Abstand w von der Grundfläche der Ausdruck

$$w = \frac{h}{2} \frac{2 R_o + R_u}{R_o + R_u}$$

ergibt. Dann wird das gesuchte Moment des Winddruckes bezogen auf den Schwerpunkt der Grundfläche

$$\mathfrak{W} w = \frac{131}{3} s h (2 R_o + R_u) \sin^3 \beta$$

und wenn

$$\sin \beta = \frac{h}{s}$$

gesetzt wird

$$\mathfrak{W} w = \frac{131 h^3 (2 R_o + R_u)}{3 s^2}.$$

Nun kann man sich leicht durch Rechnung die Ueberzeugung verschaffen, daß bei den für Schornsteine üblichen Verjüngungsverhältnissen

$$s = h$$

gesetzt werden kann, so daß obiger Ausdruck durch

$$\mathfrak{W} w = 44 h^2 (2 R_o + R_u)$$

ersetzt werden darf.

b) Der Schornstein mit Sechseckquerschnitt.

Wir führen hier sofort die vereinfachende Annahme ein, bei Ermittlung des Wertes  $\mathfrak{W}$  die Pyramide durch

Fig. 35.

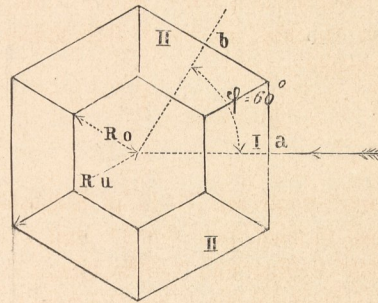
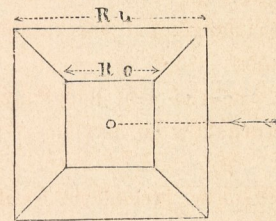


Fig. 35.



ein Prisma zu ersetzen, dessen Querschnitt der umschriebene Radius

$$R_1 = \frac{R_o + R_u}{2}$$

entspricht.

Der Winddruck auf die Seitenfläche I ist

$$\mathfrak{W}_I = 200 F$$

der auf Seitenfläche II:

$$\mathfrak{W}_{II} = 200 F \cos^3 60^\circ = 200 F \left(\frac{1}{2}\right)^3$$

$$\mathfrak{W}_{II} = 25 F$$

mithin der gesammte horizontale Winddruck:

$$\mathfrak{W} = 250 F$$

worin

$$F = R_1 h = \frac{h}{2} (R_o + R_u).$$

Da ferner

$$w = \frac{h}{3} \frac{2 R_o + R_u}{R_o + R_u}$$

so folgt:

$$\mathfrak{W} w = 42 h^2 (2 R_o + R_u).$$



c) Der Schornstein mit Quadratquerschnitt

$$\mathfrak{W} = 200 F = 200 R_1 h$$

$$w = \frac{h}{3} \cdot \frac{2 R_0 + R_u}{2 R_1}$$

$$\mathfrak{W} w = 33 h^2 (2 R_0 + R_u).$$

d) Der Schornstein mit Kreisquerschnitt.

Für das dem Winkel  $\varphi$  (Grundriß Figur 37) entsprechende Element ist:

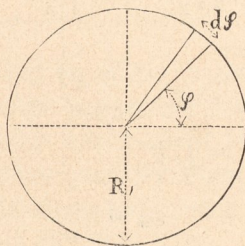
$$d \mathfrak{W} = 200 \cos^3 \varphi d F$$

worin

$$d F = h R_1 d \varphi.$$

Demnach wird

Fig. 37.



$$\mathfrak{W} = 2 \int_0^{\pi/2} d \mathfrak{W} = 400 h R_1 \int_0^{\pi/2} \cos^3 \varphi d \varphi$$

$$= 400 h R_1 \int_0^{\pi/2} (1 - \sin^2 \alpha) d (\sin \alpha)$$

$$= 400 h R_1 \left[ \sin \alpha - \frac{\sin^3 \alpha}{3} \right]_0^{\pi/2}$$

$$= 400 h R_1 \cdot \frac{2}{3}.$$

Ferner ist:

$$w = \frac{h}{3} \frac{2 R_0 + R_1}{2 R_1}$$

mithin:

$$\mathfrak{W} w = 400 h^2 (2 R_0 + R_1) \frac{1}{9}$$

$$\mathfrak{W} w = 45 h^2 (2 R_0 + R_1).$$

Es erübrigt noch den Gang der Rechnung durch ein Beispiel zu erläutern, und wählen wir hierzu die Untersuchung der Stabilität des in Fig. 38 dargestellten Schornsteines, der einen kreisförmigen Querschnitt habe.

Die Gewichte der einzelnen in der Wandung gleichstarken Abzüge berechnen wir nach dem für Rotationskörper geltenden Gesetze. Nennen wir

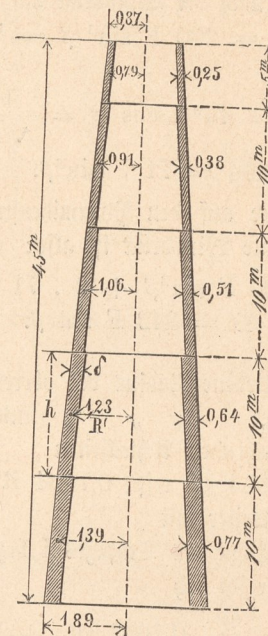
$h$  die Höhe des Segmentes

$F$  =  $\delta h$  den Inhalt der rotirenden Fläche,  
 $R'$  den Abstand des Schwerpunktes dieser Fläche  
 von der Achse des Schornsteines, so ist

$$G = \gamma \cdot 2 \pi R' \cdot \delta h$$

wo  $\gamma$  das Gewicht pro Cubikeinheit des Mauerwerks.

Fig. 38.



Wird  $\gamma = 1600^k$  pro Cubikmeter angenommen, so ist

$$G = 1600 \cdot 2 \cdot \pi R' \delta h = 10060 \delta h R'.$$

Hiernach ergeben sich folgende Gewichte:

$$G_I = 10060 \cdot 0,25 \cdot 5,0 \cdot 0,79 = 9934$$

$$G_{II} = 10060 \cdot 0,38 \cdot 10,0 \cdot 0,91 = 34787$$

$$G_{III} = 10060 \cdot 0,51 \cdot 10,0 \cdot 1,06 = 54384$$

$$G_{IV} = 10060 \cdot 0,64 \cdot 10,0 \cdot 1,23 = 79192$$

$$G_V = 10060 \cdot 0,77 \cdot 10,0 \cdot 1,39 = 107672$$

$$\Sigma G = 285969.$$

Dem untersten Querschnitte entspricht der Kernabstand

$$e = \frac{1,89^2 + 1,12^2}{4 \cdot 1,89} = 0,64.$$

Das Produkt  $\mathfrak{W} w$  (bezogen auf den gesammten Schornstein) ist

$$\mathfrak{W} w = 45 \cdot 45^2 (2 \cdot 0,87 + 1,89) = 330783,75^{km}$$

während das Produkt  $Ge$  sich nur

$$Ge = 285969 \cdot 0,64 = 183020,16^{km}$$

herausstellt.

Die Spannungen im untersten Querschnitte sind; wegen

$$F = \pi (189^2 - 112^2) = 72813 \square^{cm}$$

$$\sigma = - \frac{285969}{72813} \left[ 1 + \frac{330784}{183020} \right] =$$



$$\mathcal{S} = - 3,93 \left[ 1 \begin{array}{c} + \\ - \end{array} 1,8 \right]$$

$$\mathcal{S} = - 11^k \text{ pro } \square^{\text{cm}} \text{ (Druckspannung)} \\ + 3^k \text{ pro } \square^{\text{cm}} \text{ (Zugspannung)}.$$

Die Druckspannung  $\mathcal{S} = - 11$  wäre bei gutem Materiale allenfalls zulässig, die Zugspannung 3 aber unter keinen Umständen.

Hätte man die Eingangs dieses Paragraphen getabelte Methode der Stabilitätsbestimmung angewendet, so hätte, da

$$G R = 285969 \cdot 1,89 = 540481^{\text{km}}$$

ist, sich ein Stabilitätscoefficient

$$c = \frac{540481}{330784} = \frac{54}{33} = 1,64$$

ergeben und hätte hiernach der Schornstein für stabil erklärt werden müssen.

### Drittes Kapitel.

## Dampfkessel-Feuerungen.

### §. 15.

#### Vorbemerkung.

Bereits in der Einleitung haben wir dem Vorfaze Ausdruck verliehen, in vorliegenden Blättern hauptsächlich diejenigen Feuerungsanlagen zu besprechen, deren Zweck die Beheizung von Gebäuden ist; wir führten auch den Grund an, der uns von Besprechung der verschiedensten industriellen Feuerungen Abstand nehmen ließ und fügten schließlich hinzu, daß wir nur auf einige dem Bautechniker häufig vorkommende Anlagen eingehen würden. Zu diesen letzten gehören nun in erster Linie die Dampfkesselfeuerungen und halten wir es um so eher für gerechtfertigt, die spezielle Behandlung der Feuerungsanlagen mit diesen beginnen zu lassen, als grade die Beheizung dieser Apparate und die zweckmäßigste Auswahl aus den auf diesem Gebiete sich uns präsentirenden Systemen stets sehr eingehender Erwägungen bedarf, aus welchem Grunde eine Besprechung der Dampfkessel am engsten an die Theorie und an die im zweiten Kapitel stattgehabten Erörterungen sich anschließen wird.

Selbstverständlich liegt es uns fern, den Gegenstand bis in das Detail zu verfolgen und über alle jene Vorrichtungen uns zu verbreiten, welche die Sicherstellung des Betriebes erheischt. Uns kann es nur obliegen, in gedrängter Darstellung dem Leser die gebräuchlichsten Systeme vorzuführen, ihn über die jedem einzelnen anhaftenden Vorzüge und Nachtheile zu orientiren, und im weiteren Verlaufe dasjenige theoretische Material ihm an die Hand zu

geben, welches zur Beurtheilung der Leistungsfähigkeit und des ökonomischen Werthes einer Dampfkesselanlage befähigt.

Mit dem Namen Dampfkessel belegt man ein geschlossenes (in der Regel aus Schmiedeeisen gefertigtes) Gefäß, in welchem Wasserdampf von einer gewissen Spannung erzeugt werden soll.

Das Gefäß ist zu diesem Zwecke zum Theil mit Wasser gefüllt; der übrige Theil ist bestimmt, den sich entwickelnden Dampf aufzunehmen; er heißt Dampfraum im Gegensatz zum ersten, welcher Wasserraum genannt wird. Die einer Feuerstätte entströmenden Heizgase werden in gemauerten Kanälen an den Kesselwandungen entlang oder aber in eisernen Röhren durch den Kessel hindurchgeführt, geben an die von ihnen berührten Heizflächen zum Theil ihre Wärme ab und bringen dadurch das Wasser zum Sieden. Der entstehende Dampf sammelt sich in dem Dampfraume oder in besonders hierzu construirten Reservoirs, den sogenannten Dampfdomen, um je nach Bedarf aus diesen entnommen zu werden, sei es, eine Maschine zu treiben, größere Räume zu heizen oder irgend welche Verwendung zu finden. Die Entnahme des Dampfes aus dem Kessel oder dem auf diesen aufgesetzten Dome wird durch das Dampfventil vermittelt.

In Folge der Verdampfung sinkt der Wasserspiegel und ergibt sich die Nothwendigkeit der Anordnung einer Speisevorrichtung, welche so bedient werden muß, daß der Wasserstand ein gewisses Minimum nicht überschreitet. Der tiefste Wasserstand ergibt sich hierbei aus der Bedingung, daß die mit den Heizgasen in Berührung kommenden Kesselttheile stets von Wasser umspült sein müssen. Im Gegentheil können sie glühend werden und Veranlassung zu einer Explosion geben. Es werden daher bei jedem Dampfkessel ein höchster und ein tiefster Wasserstand unterschieden. Die Lage des ersteren richtet sich nach der Größe des Dampfraumes, der tiefste Wasserspiegel wird mindestens 10<sup>cm</sup> über dem höchsten Punkte der Heizfläche anzunehmen sein. Um zu erkennen, ob diese Grenzen etwa überschritten worden sind, dienen zwei Probirhähne, von denen der eine über dem höchsten Wasserstande gelegene stets Dampf, der andere unter dem tiefsten befindliche stets Wasser geben muß. Durch diese Vorrichtungen ist man aber nicht im Stande, die Lage des Wasserspiegels selbst zu erkennen und ist deshalb die Anbringung eines Wasserstandglases geboten, welches im wesentlichen aus einer zweimal gebogenen Glasröhre besteht, deren oberes Ende mit dem Dampfraume in Verbindung steht, während das untere mit dem Wasserraum communicirt.

Weiter erweist sich das Vorhandensein von Apparaten als nöthig, welche hindern, daß eine Explosion in Folge zu großer Dampfspannung eintreten kann. Der eine, das Sicherheitsventil, soll dem zu stark gespannten Dampfe