

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Achter Abschnitt. Beleuchtung mit Steinkohlengas

[urn:nbn:de:bsz:31-270981](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270981)

ACHTER ABSCHNITT.

Beleuchtung mit Steinkohlengas.

Einleitendes.

Die Brennstoffe bestehen grösstentheils aus Kohlenstoff, enthalten aber noch Wasserstoff, Sauerstoff, geringe Quantitäten Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Salze und Erden. Die Salze und Erden sind die Bestandtheile der Asche. Stickstoff, Schwefel und Phosphor ist nur in den Steinkohlen in geringer Menge vorhanden, im Holz kommen diese Stoffe nur selten und dann nur als Spuren vor. Werden Brennstoffe, z. B. Steinkohlen in ein luftleer gemachtes Gefäss eingeschlossen und dieses dann einer intensiven Glühhitze ausgesetzt (trockene Destillation), so tritt eine Zersetzung des Brennstoffes ein, es entwickeln sich verschiedene Gase und Dämpfe, die dann zu neuen Verbindungen zusammentreten, und wenn die Destillation eine gewisse Zeit, z. B. durch 5 Stunden fortgesetzt wurde, enthält das Destillationsgefäss eine gewisse Quantität verkohlter Steinkohlen (Koks), welche nur aus Kohlenstoff bestehen, ein Gemenge von Gasarten und Dämpfen und Asche. Das Gasgemenge besteht 1) aus Kohlenwasserstoffgas mit dem Minimum von Kohle, 2) Kohlenwasserstoffgas mit dem Maximum von Kohle, 3) Kohlenoxydgas, 4) Kohlensäuregas, 5) Ammoniakgas, 6) Schwefelwasserstoffgas, Theerdampf. Während des Destillationsaktes nimmt die Gasentwicklung allmählig ab. In der ersten Zeit des Aktes ist die Entwicklung sehr reichlich und besteht vorzugsweise aus den beiden Kohlenwasserstoffgasen, gegen das Ende des Destillationsaktes wird die Gasentwicklung schwach und es bildet sich vorzugsweise Kohlenoxydgas. Nach 4- bis 5tündiger Destillation ist der

Prozess beendigt, denn die nur aus Kohlenstoff bestehenden Koks glühen nur und sind einer Zersetzung nicht fähig. Die beiden Kohlenwasserstoffgase und das Kohlenoxydgas verbrennen in atmosphärischer Luft mit Lichtentwicklung. Die Verbrennung des Kohlenoxydgases zu Kohlensäure erfolgt mit einer schwachen bläulichen Lichtentwicklung. Die Verbrennung der Kohlenwasserstoffgase geschieht mit reicher Entwicklung von gelblich weissem Licht. Das Schwefelwasserstoffgas gibt ein bläuliches Licht und verbreitet, wie auch das Phosphorwasserstoffgas, einen höchst unangenehmen Geruch. Diese beiden Gase, so wie auch der Theerdampf sind demnach für die Benutzung der Destillationsgase zur Gasbeleuchtung nachtheilig und das Kohlenoxydgas ist gleichfalls zur Gasbeleuchtung nicht geeignet. Die Einrichtung eines Gaswerkes zur Erzeugung von Leuchtgas besteht nun aus folgenden Theilen: 1) aus einem Ofen zur trockenen Destillation des Brennstoffs; 2) aus mehreren Reinigungsapparaten zur Beseitigung aller zur Gasbeleuchtung untauglichen Gase, namentlich des Schwefelwasserstoffgases, des Ammoniakgases, des Phosphorwasserstoffgases, des Kohlenoxydgases, der Theerdämpfe; 3) aus einem grossen Gassbehälter zur Aufsammlung des gereinigten, vorzugsweise nur aus den beiden Kohlenwasserstoffgasen bestehenden Leuchtgases; 4) aus mehreren Apparaten zur Prüfung der Qualität des Gases und Messung seiner Quantität; 5) aus einer Gasleitung, in welche das gereinigte, geprüfte und gemessene Leuchtgas nach seinen Bestimmungsorten geleitet wird; 6) aus den Gasbrennern.

Nicht alle Kohlen sind zur Erzeugung von Leuchtgas gleich günstig. Es ist bisher noch nicht gelungen, ein zuverlässiges Verfahren ausfindig zu machen, nach welchem aus der chemischen Zusammensetzung der Steinkohlen auf die Qualität des daraus entstehenden Leuchtgases mit Sicherheit geschlossen werden konnte, aber als praktische Regel hat die Erfahrung gelehrt, dass diejenigen Kohlen, welche reichlich Gas und wenig Koks liefern sehr gutes Gas, aber Koks von geringer Qualität erzeugen. Dies ist vorzugsweise der Fall bei den sogenannten Boghead-cannel-Kohlen. Diese Kohlen sind noch einmal so theuer als die gewöhnlichen Gaskohlen, sie liefern aber um die Hälfte mehr Gas von einer weit grösseren Leuchtkraft.

Die ideale Fig. 2, Tafel XXII, gibt uns eine anschauliche Vorstellung von dem Gesamtprozess, der in einer Gasfabrik vorgeht. Die Apparate sind in dieser Zeichnung längs einer geraden Linie hingestellt, obgleich in der Wirklichkeit die Disposition anders ist.

a der Retortenofen, in welchem die Destillation der Kohlen geschieht. Solcher Oefen sind bei jeder grösseren Gasproduktion mehrere vorhanden und jeder einzelne Ofen enthält 3, 5 bis 7 Retorten. Die spezielle Einrichtung der Oefen und der übrigen Apparate wird später erklärt werden. b die Vorlage, welche das in den Retorten entstehende Gemenge von Gasen und Dämpfen aufammelt. Diese Vorlage ist theilweise mit Wasser gefüllt und die Einrichtung derselben ist von der Art, dass die Retorten nicht mit-sammen kommunizieren. c die Theercisterne, in welcher aller Theer, der in den verschiedenen Apparaten durch Condensation der Theerdämpfe gebildet wird, aufgesammelt wird. d der Condensator. Derselbe besteht aus einem Theerbehälter d_1 und aus einem vertikal aufgestellten Röhrensystem d_2 , er wird an einem schattigen Ort aufgestellt, so dass die Röhren aussen von kühler Luft umgeben sind. Das Gasgemenge wird durch diese Röhren geleitet, wobei die Theerdämpfe condensirt werden. Der Theer schlägt sich an die innern Wände der Röhren nieder, fliesst an denselben zähflüssig herab, sammelt sich in dem Behälter d_1 und wird aus diesem in einem Rohr in die Theergrube geleitet. e der Waschapparat, er enthält Wasser, in welchem zuweilen irgend eine gasabsorbirende chemische Substanz aufgelöst wird. Das Gas wird durch das Wasser geleitet und gibt dabei vorzugsweise das Ammoniakgas an das Wasser ab. f_1, f_2 sind zwei Epurateurs oder Kalkreiniger; in denselben sind in horizontaler Lage Horden von Weidengeflechten eingelegt, auf welchen angefeuchtetes Kalkhydrat ausgebreitet ist. Das Gas wird in diese Apparate geleitet, durchzieht die Kalkschichten, gibt an dieselben vorzugsweise das Schwefel- und Phosphorwasserstoffgas ab und verlässt zuletzt den zweiten Apparat in ziemlich gereinigtem Zustande. Die Röhrenleitung wird so eingerichtet, dass man das Gas an den Apparaten vorüberleiten kann, ohne es eintreten zu lassen oder dass man es durch einen der Apparate oder durch den anderen oder endlich durch beide leiten kann. In grösseren Gaswerken werden mehr als zwei solcher Epurateurs angewendet. g der Scrobber. Dies ist ein mit angefeuchteten Koksstückchen gefüllter Cylinder von circa 2^m Höhe und 1^m Durchmesser. Das Gas durchzieht diese Füllungsmasse, gibt den noch in den Gasen enthaltenen Rest von Schwefel-, Phosphor- und Ammoniakgasen ab. Die Füllungen dieser Reinigungsapparate müssen von Zeit zu Zeit, wenn sie wirkungslos geworden sind, erneuert werden. h der Exhaustor. Dies ist eine Art Saugapparat, welcher das Gas aus den bisher beschriebenen Apparaten aussaugt, damit in diesen Apparaten keine hohe Spannung eintreten kann. i der Compteur oder die

Gasuhr, zur Messung der Quantität des entstandenen Gases. *k* der Gasbehälter, welcher das gereinigte Gas aufnimmt. Es ist eine pneumatische Wanne im grossen Maassstabe. *l* der Druckregulator; es ist ebenfalls eine Art pneumatischer Wanne in kleinerem Maassstabe und ist in der Art eingerichtet, dass durch Belastungsgewichte die Spannung des Gases in der Leitung und im Gasbehälter *k* innerhalb gewisser Grenzen gemässigt oder gesteigert werden kann, so dass das Gas mit kleinerer oder grösserer Kraft in die Leitung getrieben wird. *m* der Anfang der Leitung. *n* ein Gasbrenner der Leitung.

Wir müssen nun die Einrichtung, Wirkung und die Leistung jedes einzelnen dieser Apparate betrachten.

Die Retorten.

Die Retorten wurden vormals von Gusseisen angefertigt, gegenwärtig werden sie aus feuerfestem Thon (Chamotte) hergestellt. Es gibt Werkstätten, welche sich mit der Anfertigung solcher Retorten befassen.

Die eisernen Retorten sind aufgegeben worden, weil sie durch den Schwefel der Steinkohlen ungemein rasch zu Grunde gehen und dann zu jeder Verwendung untauglich sind. Die Thonretorten, wenn sie gut gemacht sind und nicht zerspringen, widerstehen sehr gut allen chemischen Einwirkungen. Die eisernen Retorten bestehen aus einem Gussstück Tafel XXII., Fig. 3. Die Thonretorten sind mit einem gusseisernen Kopf *b*, Fig. 4, versehen, der mit Schrauben mit der Thonretorte *a* verbunden wird. Der Deckel, Fig. 5, wird mittelst eines Querriegels mit Druckschrauben an den Retortenkopf geschraubt und nach jedesmaligem Laden der Retorte an dem der Retorte zugewendeten Saum mit einer Kalkkittmasse bestrichen. An den Retortenkopf ist ein Röhrenbecher zur Aufnahme der Steigröhren angegossen.

Die üblichen Dimensionen einer solchen Retorte sind: Länge 2.5^m, innere Weite 0.4^m, innere Höhe 0.3^m, innere Fläche 3.25^{qm}, Wanddicke für eine gusseiserne Retorte 0.03^m, Wanddicke für eine Retorte aus feuerfester gebrannter Erde 0.08^m. Die Ladung einer Retorte richtet sich nach der Grösse ihrer inneren Fläche, weil die eindringende Wärme dieser Fläche proportional ist. Diese Ladung beträgt für jeden Quadratmeter 23^{Kilogramm}, demnach bei einer inneren Fläche von 3.25^{qm} 65^{Kilogramm} Steinkohlen. Gewöhnlich werden die Kohlen durch 4 bis 5 Stunden destillirt, und in diesem Falle beträgt die

Gasproduktion für jeden Quadratmeter der inneren Retortenfläche in 24 Stunden 30^{Kbm} , also für die ganze Retorte $30 \times 3.25 = 100^{\text{Kbm}}$ Gas. Die für die Gasproduktion angemessene Hitze der Retorten wird durch die dunkel orange Farbe angedeutet. Die Produktmengen, welche aus einem Kilogramm Steinkohlen gewonnen werden, richten sich nach der Beschaffenheit der Kohlen. Die besten englischen Boghead-cannel-Kohlen erfordern zur Destillation von 1^{Kl} Steinkohlen 0.25^{Kl} Koks oder Steinkohlen und liefern bei fünfständiger Destillation 400 Litre Gas, 0.400^{Kl} Koks, 0.064^{Kl} Theer, 0.100^{Kl} ammoniakalisches Wasser. Das spezifische Gewicht dieses Gases aus Bogheadkohlen ist sehr gross und beträgt 0.752. Die gewöhnlichen Gaskohlen liefern weniger Gas und mehr Koks; die durchschnittlichen Quantitäten für diese Kohlen sind für 1^{Kl} destillirter Kohlen 256 Litre Gas, 0.66^{Kl} Koks, 0.064^{Kl} Theer, 0.1^{Kl} ammoniakalisches Wasser. Das spezifische Gewicht dieses Gases ist gewöhnlich nur 0.500.

Die Anzahl der Retorten eines Gaswerkes wird durch die Grösse der einzelnen Retorten und durch den im Winter vorkommenden grössten täglichen Gasverbrauch bestimmt. Dieser Gasverbrauch ist das Hauptdatum für die Anordnung eines Gaswerkes, muss mit grösster Sorgfalt bestimmt werden und ist nicht leicht zu ermitteln. Es muss zu diesem Behufe ausfindig gemacht werden: 1) die Anzahl der für die Strassenbeleuchtung nöthigen Brenner; 2) die Anzahl der Brenner für öffentliche Gebäude und Versammlungssäle, Theater, Konzertsäle; 3) die Anzahl der Brenner für Privathäuser; 4) die Brennzeit dieser Brenner an denjenigen Wintertagen, an welchen die ausgedehnteste und reichste Beleuchtung statt finden soll. Es muss ferner berücksichtigt werden, die stets wahrscheinliche Zunahme des Gasverbrauches nach längerem Bestand der Gasbeleuchtung. Zu diesen Dingen muss namentlich bei Städtebeleuchtung unter Mitwirkung der Gemeindebehörde eine verlässliche Disposition der ganzen Kanalisation ausgearbeitet werden.

Für die Ausmittelung der Anzahl der Strassenbrenner darf man annehmen, dass die schräg über die Strasse gemessene Entfernung zweier Brenner in den belebtesten Theilen grösserer Städte 30^{m} , in den weniger belebten Stadtheilen 40^{m} bis 60^{m} betragen soll. Für kleinere Ortschaften genügt in der Regel eine Entfernung von 60^{m} . Die Brennzeit an den kürzesten Tagen ist je nach der Grösse und der Lebhaftigkeit des Verkehrs sehr verschieden. In kleineren Städten ist es in der Regel genügend, wenn die Strassenbeleuchtung an den kürzesten Tagen um 5 Uhr Abends beginnt und bis Mitternacht fortgesetzt wird. In grösseren Städten muss

die Strassenbeleuchtung wenigstens theilweise die ganze Nacht hindurch fortgesetzt werden. Die Beleuchtungszeit für kleinere Städte kann also zu 8, für grössere Städte zu 12 Stunden in Rechnung gebracht werden. Um die Anzahl der Brenner für öffentliche Gebäude und Versammlungssäle zu ermitteln, sind insbesondere die Tage zu berücksichtigen, an welchen allgemeine Festlichkeiten statt finden.

Am schwierigsten ist die Anzahl der Privatbrenner zu ermitteln. Diese steht nicht in einem constanten Verhältniss zur Anzahl der Strassenbrenner, sondern dieses Verhältniss ist in grösseren Städten viel grösser als in kleinen. Auch ist die Brennzeit der Privatbrenner in kleineren Städten viel kleiner als in grossen. Kaufläden z. B. werden in kleinen Städten frühzeitig geschlossen, bleiben in grösseren Städten gewöhnlich bis Mitternacht offen.

Nennt man: B_1, B_2, B_3 die Anzahl der Strassenbrenner, der Brenner für öffentliche Gebäude und der Privatbrenner, T_1, T_2, T_3 die Beleuchtungszeiten für diese Brenner an den kürzesten und insbesondere an solchen Tagen, an welchen die reichlichste Beleuchtung stattfinden soll, q_1, q_2, q_3 den stündlichen Gasverbrauch dieser Brenner in Kubikmetern, Q den totalen Gasverbrauch in Kubikmetern an diesen Tagen, so ist:

$$Q = B_1 T_1 q_1 + B_2 T_2 q_2 + B_3 T_3 q_3 \dots \dots \dots (1)$$

Gewöhnlich ist der stündliche Gasverbrauch der Strassenbrenner 4 Kubikfuss englisch oder 0.1^{Kbm} . Da nun die Gasproduktion von einem Quadratmeter Retortenfläche in 24 Stunden 30^{Kbm} beträgt, so ist die gesammte Heizfläche F aller zur Gasproduktion nothwendigen Retorten

$$F = \frac{Q}{30} = \frac{B_1 T_1 q_1 + B_2 T_2 q_2 + B_3 T_3 q_3}{30} \dots \dots \dots (2)$$

Werden Retorten von 3.25^{qm} Heizfläche angewendet, so ist die Anzahl J der Retorten

$$J = \frac{F}{3.25} = \frac{Q}{100} \dots \dots \dots (3)$$

Für die oft vorkommenden Fälle, dass einige Retortenöfen wegen Reparaturen nicht gebraucht werden können oder dass aus irgend welchen nicht voraussehenden Ursachen ein ungewöhnlich grosser Gasverbrauch eintritt, muss man sich dadurch helfen, dass man sehr ergiebige Kohlen destillirt und die Dauer einer Destil-

lation von 5 auf 3 bis 2 Stunden herabsetzt. Ein erheblicher ökonomischer Nachtheil kann daraus nicht entstehen, denn man gewinnt in diesem Fall eine grössere Menge Koks.

Die Retortenöfen.

Die für ausgedehnte Beleuchtungen erforderliche Anzahl J der Retorten ist stets so gross, dass zur Unterbringung derselben eine grössere Anzahl von Oefen nothwendig wird. Gewöhnlich werden Oefen mit 5 Retorten angewendet und dazu noch mehrere Oefen zu 3 Retorten hinzugefügt. Bei der Einrichtung der Oefen muss gesorgt werden: 1) für eine möglichst vollständige Verbrennung des Brennstoffs, 2) für eine möglichst gleichförmige Vertheilung der Verbrennungsgase in denjenigen Räumen des Ofens, welche die Retorten enthalten, so dass also an allen Stellen der Heizflächen der Retorten eine für die Destillation geeignete Temperatur eintritt. Um diesen Grundsätzen zu entsprechen, hat man sehr verschiedene Ofeneinrichtungen ausgedacht, die man in dem Werke von *Schilling* abgebildet und beschrieben findet. Wir müssen uns hier einschränken und mit der Erklärung von nur *Einer* Ofeneinrichtung begnügen.

Die Tafel XXII., Fig. 6 bis 11 zeigen die Einrichtung eines *Clegg'schen* Ofens mit fünf Retorten. Fig. 6 ist ein Querschnitt, Fig. 7 ein Längenschnitt, Fig. 8 eine vordere Ansicht, Fig. 9 ein Horizontalschnitt in der Höhe $\alpha\beta$ (Fig. 7), Fig. 10 und 11 zeigen die Einrichtung der Vorlage. $a a a \dots$ ist der halbcylindrische Hohlraum, welcher die fünf Retorten enthält. Drei derselben liegen ganz nahe am Boden, die beiden andern werden durch Träger b aus gebrannter Erde getragen. Unter diesem Hohlraum a befinden sich drei kleinere ebenfalls halbcylindrische Hohlräume $c c$ und d . Die ersteren sind durch Scheidewände $c_1 c_1$, Fig. 9, in einzelne kleine Kammern getheilt, die unter einander durch die Oeffnungen $c_2 c_2 \dots$ mit dem Hohlraum a durch die Oeffnungen $c_3 c_3 \dots$ und mit dem Hohlraum a durch die Kanälchen $c_4 c_4 c_4$ kommunizieren.

Der mittlere Hohlraum a enthält den Feuerrost e . Unter demselben befindet sich ein theilweise mit Wasser gefüllter Trog f , welcher die durch den Rost fallenden Abgänge aufnimmt und ablöscht. Alle Wände des ganzen Systems von Hohlräumen, mit welchen die Verbrennungsgase in unmittelbare Berührung kommen, müssen aus feuerbeständigem Thonmaterial (aus Chamotte) herge-

stellt werden, und nur das nach aussen Gekehrte kann aus sonstigen guten Backsteinen ausgeführt werden. Ueber dem Gewölbe des Hohlraums *a* ist ein Kanal *g*, Fig. 6 und 7, angebracht, nach welchem aus *a* die Oeffnungen *g*, *g*, führen. Am hintern Theil der Ofenreihe befindet sich ein Kanal *h*, in welchen sämtliche Kanäle *g* der Ofenreihe einmünden. Durch diesen Kanal *h* ziehen die Verbrennungsgase sämtlicher Oefen nach dem ausserhalb des Retortenhauses errichteten Kamin. Die vordere Wand *k* des Retortenofens muss, wenn die Retorten auszuwechseln sind, weggebrochen werden, daher so ausgeführt werden, dass ihre Wegnahme den übrigen Theil des Baues nicht alterirt. In dieser Vorderwand ist neben jeder Retorte eine kleine quadratische Schaulucke angebracht, um den Temperaturgrad an der Färbung der Retorten beurtheilen zu können. Jede Lucke wird mit einem Stöpsel aus gebrannter Erde leicht geschlossen, so dass zur nachträglichen Verbrennung etwas Luft in den Ofen eintreten kann. Die Verbrennungsgase vertheilen sich zumeist in dem mittleren Sackkanal *d*, treten dann durch die Oeffnungen *c*, *c*, in die Kammern *c c c*, steigen von da durch die vertikalen Kanälchen *e*, *e*, in den grossen Retortenraum *a a* auf, umwandern die Retorten, entweichen durch die Decklucken *g*, *g*, . . . nach dem Kanal *g* und gelangen endlich in den nach dem Kamin führenden allgemeinen Kanal *h*.

Die Destillationsgase gelangen dagegen durch die Aufsteigröhren *k k* . . . in die theilweise mit Theer gefüllte Vorlage *m*. Die nach abwärts gerichteten Mündungen der Röhren *k* tauchen in die in der Vorlage enthaltene absperrende Flüssigkeit (Wassertheer) ungefähr 0.1^m tief ein, Fig. 10, so dass wenn in einer Retorte der Deckel abgenommen wird, kein Gas aus der Vorlage durch die Steigröhren *k* nach den Retorten zurücktreten kann. Die Retorten sind auf diese Weise von einander getrennt und beim Oeffnen einer Retorte geht daher nur das in der Retorte enthaltene Gas verloren, ein Verlust der nicht von Belang ist, weil am Ende der Destillation nicht viel Gas in den Retorten vorhanden ist. In den Aufsteigröhren setzt sich stets viel Theer und Russ an, wodurch sie leicht verstopft werden, deshalb sind oben Deckel angebracht, die, wenn sie weggenommen werden, eine Reinigung der Röhren mittelst stangenartiger Werkzeuge gestatten. An dem einen Ende der Vorlage ist, Fig. 11, ein Theerabflussrohr *n* und das Gasentweichungsrohr *p* angebracht. Wenn nach fünfständiger Destillation die Retorten eines Ofens frisch geladen werden sollen, wird zuerst der Deckel von einer der Retorten des Ofens weggenommen, worauf das in der Retorte enthaltene Gas antritt, durch das Retortenhaus aufsteigt

und durch die im Dach des Retortenhauses angebrachten Oeffnungen entweicht. Sodann wird ein aus Eisenblech gefertigter Schiebekarren unter die Oeffnung der Retorte gestellt und werden die Koks vermittelst eiserner Werkzeuge herausgezogen und in den Kasten des Karrens fallen gelassen. Mittlerweile wird die abgewogene Steinkohlenladung einer Füllung in eine halbeylindrische mit einem Stiel und Quergriff versehene muldenförmige Schaufel, Taf. XXII., Fig. 12, gebracht. Diese wird dann in die entleerte Retorte geschoben, rasch umgewendet und herausgezogen, wodurch die Ladung auf den Boden der Retorte ziemlich gleichförmig ausgebreitet zu liegen kommt. Sodann wird der am Rand mit Kitt bestrichene Deckel angelegt und durch die Druckschrauben fest angeschlossen. Auf gleiche Weise werden die übrigen Retorten der Reihe nach geladen. Der Karren mit den glühenden Koks wird in den Hofraum geführt und auf den Boden ausgeleert, worauf die Koks mit kaltem Wasser gelöscht und wenn sie kalt geworden sind, in das Koksmagazin gefördert werden.

Die Länge der Vorlage ist gleich der ganzen Länge der Ofenröhren, der Querschnitt derselben ist der Gasproduktion sämtlicher Retorten proportional zu nehmen. Nennt man Ω den Querschnitt der Vorlage, F die Summe der inneren Flächen sämtlicher Retorten, so ist zu nehmen:

$$\Omega = \frac{F}{600} \dots \dots \dots (4)$$

Größe des Rostes.

Nennt man J die Anzahl der Retorten eines Ofens, f die innere Fläche einer Retorte und berücksichtigt, dass die Ladung für jeden Quadratmeter Retortenfläche 23^{Kl} Steinkohlen beträgt, so ist die Ladung sämtlicher J Retorten eines Ofens $23 J f$. Die Dauer einer Destillation zu 5 Stunden gerechnet, ist die Steinkohlenmenge, welche stündlich im Ofen dastillirt wird, $\frac{23 J f}{5}$. Die Destillation von 1^{Kl} Steinkohlen erfordert 0.25^{Kl} Koks. Die Brennstoffmenge, welche stündlich auf dem Rost des Ofens zu verbrennen ist, ist demnach:

$$B = 0.25 \frac{23 J f}{5} = 1.15 J f \dots \dots \dots (5)$$

Nach der von uns Seite 309 aufgestellten allgemeinen Regel für Roste ist

$$R = \frac{B}{1895 m A}$$

Nehmen wir, wie für Dampfkesselfeuerungen, $m = 0.25$, $A = 0.1$, und setzen für B seinen Werth aus (5), so erhalten wir:

$$R = \frac{J f}{41} \dots \dots \dots (6)$$

Nach gefälligen Mittheilungen des Directors *Schilling* habe ich für die Bestimmung der Rostfläche folgende empirische Formel hergeleitet:

$$R = (0.045 - 0.005 J) J f \dots \dots \dots (7)$$

Diese Regel gibt für $J = 4$, $R = \frac{J f}{40}$, gibt also für $J = 4$ den gleichen Werth wie (6). Nach dieser Regel (7) fallen jedoch die Rostflächen für Oefen mit wenig Retorten verhältnissmässig etwas grösser aus, als für Oefen mit mehr Retorten. Es folgt nämlich aus (7):

für $J =$	3	4	5	7
$\frac{R}{J f} =$	$\frac{1}{33}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{100}$

Das Kamin.

Die Steinkohlenmenge, welche stündlich auf sämtlichen Rosten aller Oefen verbrannt wird, finden wir, wenn wir in (5) F statt $J f$ setzen; diese Steinkohlenmenge ist demnach $1.15 F$. Rechnet man, dass für eine Pferdekraft 3^{kl} Steinkohlen erforderlich sind, so entspricht die Feuerung sämtlicher Oefen mit F Quadratmeter Heizfläche einer Kraft von $\frac{1}{3} \cdot 1.15 F = 0.38 F$. Die Pferdekraft N des für alle Oefen erforderlichen Kamins ist demnach:

$$N = 0.38 F \dots \dots \dots (8)$$

Durch Vergleichung der Kamine verschiedener Gasanlagen habe ich gefunden $N = 0.50 F$, was mit (8) hinreichend stimmt.

Der Condensator.

Der Zweck des Condensators ist, die aus der Vorlage entweichenden Gase von den Theerdämpfen zu befreien, was durch Abkühlung der Gase mit kalter Luft oder mit kaltem Wasser ge-

schieht. Tafel XXII., Fig. 13, 14, 15 zeigt die gewöhnlich übliche Einrichtung eines Luftcondensators. Derselbe besteht aus dem Theertrog *a* und den Abkühlungsröhren *b b b . . .*, *b, b, b, . . .* und aus dem Umgehungsrohr *c*. Wie aus Fig. 13 zu ersehen ist, sind an der Decke des Theertroges vertikale Wände angegossen, die aber nicht bis an den Boden des Troges herabreichen. Im normalen Gang des Gaswerkes enthält der Trog Theer, in welchen die untern Kanten der Scheidewände 0.1^m tief eintauchen, wodurch die Räume *a₁ a₁ a₁ . . .* von einander abgesperrt werden. *a₂* ist das Theerabflussrohr, das nach der Theercysterne führt, die sich im Boden des Hofraums befindet und ausgemauert ist. Durch dieses Theerabflussrohr wird die Oberfläche in *a₁ a₁ . . .* auf gleicher Höhe erhalten. Die Kammern *a₁ a₁ . . .* kommunizieren durch die Abkühlungsröhren *b b . . .*, *b, b, . . .* in der Weise, wie in Fig. 15 durch Linien angedeutet ist. *c₁ c₂ c₃* sind drei Abstellschieber. Wenn das Gas durch den Condensator strömen soll, werden *c₂* und *c₃* aufgezogen, wird dagegen *c₁* geschlossen. Das Gas tritt bei *d* ein, gelangt durch *c₂* in das System der Abkühlungsröhren und entweicht zuletzt durch *c₁* nach *e*. Wenn an dem Condensator Reparaturen oder Reinigungen vorgenommen werden, wird das Gas nicht durch den Condensator, sondern durch das Umlaufrohr *c* geleitet. Dann wird *c₁* geöffnet, *c₂* und *c₃* geschlossen.

Jede Abkühlungsröhre ist oben mit einem Putzdeckel verschlossen, um die Röhren von dem Theer, der sich an den Wänden dick ansetzt und dieselben verstopft, zu reinigen. Dieser Condensator wird an einem möglichst kühlen Ort, entweder im Schatten im Freien oder in dem Reinigungshaus aufgestellt.

Tafel XXIII., Fig. 1 und 2 zeigt eine von *Kirkham* erfundene Einrichtung eines Luftcondensators. Der ganze Apparat besteht aus mehreren einzelnen selbstständigen Apparaten, die durch Röhren in Kommunikation gesetzt sind. Ein einzelner dieser Apparate, z. B. I. besteht aus dem Kühlrohr *A₁* und dem Theersammler *B₁*. *A₁* besteht aus zwei concentrischen Röhren, das innere Rohr ist oben und unten offen, es schliesst oben durch einen ringförmigen Deckel an das äussere Rohr an, reicht aber unten bis auf den Boden des Theersammlers herab. Das abzukühlende Gas tritt bei *a* in den ringförmigen Raum zwischen den beiden Röhren von *A₁* ein, strömt in demselben nach dem Theersammler herab und wird von da durch das Verbindungsrohr *c₁* nach dem zweiten Apparat *A₂* geleitet. Zuletzt, wenn es sämtliche Apparate durchzogen hat, entweicht es bei *b*. Die kalte Luft, welche die Abkühlung des Gases hervorzubringen hat, steigt an den Wänden der äusseren

und inneren Röhren des Apparates auf. Es ist demnach ein Gegenstromapparat. Jeder Theersammler ist mit einem Theerabflussrohr c c c . . . versehen, das in das gemeinschaftliche nach der Theergrube führende Rohr d einmündet.

Umgibt man die Abkühlungsröhren der beschriebenen Apparate mit einer gemeinschaftlichen Umschliessungswand und leitet in den Raum zwischen dieser Wand und den Wänden der Abkühlungsröhren kaltes Wasser, das fortwährend zu- und abfließt, so erhält man einen Wassercondensator, der allerdings wirksamer gemacht werden kann als ein Luftcondensator, der aber so viel kaltes Wasser erfordert, dass dessen Herbeischaffung oftmals schwierig und mit Kosten verbunden ist, indem man Pumpen und Kraftmaschinen braucht.

Die Hauptdaten für die Anlage eines Condensators sind: der Querschnitt der Abkühlungsröhren und die Grösse der Abkühlungsfläche. Der Querschnitt Ω , der Abkühlungsröhren muss der täglichen Gasproduktion oder der Heizfläche F aller Retorten proportional gemacht werden. Ein Quadratmeter Retortenfläche gibt in 24 Stunden 30^{Kbm} Gas, also stündlich $\frac{30}{24} = 1.25^{\text{Kbm}}$ Gas. F Quadratmeter Retortenfläche geben stündlich $1.25 F$ Kubikmeter Gas. Man darf annehmen, dass das Gas mit einer Geschwindigkeit von 1^{m} pro 1 Sekunde die Kühlröhren durchströmt. Die Geschwindigkeit in Metern und pro Stunde ist demnach 3600^{m} . Man erhält demnach:

$$3600 \Omega, = 1.25 F$$

Hieraus folgt hinreichend genau:

$$\Omega_1 = \frac{F}{3000} \dots \dots \dots (9)$$

Durch Vergleichen der Retortenflächen mit den Abkühlungsflächen der Condensatoren von bestehenden Gaswerken habe ich gefunden, dass bei Luftcondensatoren die Abkühlungsfläche 0.3 bis 1.3^{qm} für jeden Quadratmeter Retortenfläche beträgt, also sehr variabel ist.

Schilling gibt Seite 137 an, dass 50 Quadratfuss Abkühlungsfläche für stündliche 1000 Kubikfuss Gas zu rechnen sind. Nach dieser Angabe ergibt sich 0.25^{qm} Abkühlungsfläche auf einen Quadratmeter Retortenfläche, was mit dem kleineren der von mir gefundenen Werthe nahe übereinstimmt. Ich stelle nun als Regel auf:

$$F_1 = 0.3 F \dots \dots \dots (10)$$

wobei F , die Abkühlungsfläche des Condensators bezeichnet.

Der Scrubber.

Der Scrubber ist ein Apparat, der den Condensator zu sekundären bestimmt ist. Er dient ebenfalls zur Theerabsonderung, jedoch vermittelt genetzter Koks. Tafel XXIII., Fig. 3 stellt den Apparat vor. Es ist ein cylindrisches Gefäss *a a* von 2 bis 2·5^m Höhe und 0·7 bis 1^m Weite. Dasselbe ist oben mit einem ebenen Deckel *b*, unten mit einem konischen Boden *c* geschlossen; bei *d d* ist ein rostartiger Zwischenboden vorhanden. Durch den Deckel ist ein Rohr *f* gesteckt, das in ein horizontales siebartig durchbohrtes Rohr *e* einmündet. *f* wird langsam um seine Axe gedreht. Der Cylinder *a* ist von *d d* an nahe bis *e e* hin mit Koksstückchen von Nussgrösse angefüllt. Dieselben werden durch Wasser genetzt, das durch *f* zugeleitet und vermöge der drehenden Bewegung desselben aus den Löchern von *e* gleichförmig auf die Koks oberflächlich gespritzt wird. Das Wasser sickert durch die Koksmasse, sammelt sich unten am Boden und wird durch das Röhrechen *g* abgeleitet. Das Gas tritt bei *h* ein, geht durch die Koksmasse und entweicht bei *k*.

Der Waschapparat.

Die Reinigung des Gases von Ammoniakgas geschieht durch Waschen des Gases mit Wasser. Die dazu dienenden Apparate werden Waschapparate genannt; dieselben können auf verschiedene Weise eingerichtet werden. Tafel XXIII., Fig. 4 und 5 zeigt eine übliche gute Einrichtung. Es ist ein Schachtelgefäss aus Gussplatten mit Blechdeckel und Wasserabspernung. *a b* sind zwei Querwände, *c c* eine innere Decke mit kurzen vertikalen Röhren *d d* ..., die in das in *e* enthaltene Wasser 0·06 bis 0·10^m tief eintauchen. Das Gas tritt bei *f* ein, gelangt durch den Kanal *g* in den Deckelraum, durchströmt die kurzen Röhren *d*, brodeln durch das in *e* enthaltene Wasser, entweicht durch die Oeffnung *i* nach dem Kanal *k* und von da durch das Rohr *m*. Auch hier wie bei allen anderen Apparaten ist ein sogenanntes Umgehungsrohr *n* angebracht, das gebraucht wird, wenn das Gas nicht durch den Apparat gehen soll. Das Gas kommt vom Condensator her bei *q* an. Soll es durch den Apparat gehen, so werden die Schieber *p₁*, *p₂* geöffnet, die Schieber *p₂*, *p₃* geschlossen. Soll es nicht durch den Apparat, sondern durch *n* aus *q* nach *r* gehen, so werden die Schieber *p₂*, *p₃* geöffnet, die Schieber *p₁* und *p₃* geschlossen. Ein Quadratmeter Horizontalquer-

schnitt genügt für eine Gasproduktion von 3000^{Kbm} in 24 Stunden, man hat daher:

$$\Omega = \frac{Q}{3000} = \frac{F}{100} \dots \dots \dots (11)$$

wobei Q die Gasproduktion in Kubikmetern in 24 Stunden am kürzesten Tag, F die Summe aller Retortenflächen, Ω den Horizontalquerschnitt des Apparates in Quadratmetern bezeichnet.

Die Epurateurs oder Kalkreiniger.

Die Reinigung des Gases von Schwefelwasserstoffgas und theilweise auch von Ammoniakgas geschieht mittelst zerstoßenem und angefeuchtetem Kalkhydrat (gelöschtem Kalk). Dieser angefeuchtete Kalk wird in dünne Schichten auf ebenen Weidengeflechten (Horden) ausgebreitet, und diese Horden werden mehrere übereinander in ein Schachtelgefäß untergebracht. Jederzeit werden wenigstens zwei solcher Epurateurs aufgestellt, in grösseren Gaswerken mehrere Paare. Tafel XXIII., Fig. 6 zeigt die Einrichtung eines einzelnen Apparates, Fig. 7 in einem kleineren Maassstabe die Disposition zweier Apparate mit ihrem Umgehungsrohr. Das Gefäß ist durch eine Querwand in zwei Räume getheilt. An diese Wand, wie an die gegenüberstehenden Wände sind Leisten angegossen; auf diese werden die Weidenhorden gelegt, auf welchen der Kalk ausgebreitet wird. Fig. 7 zeigt das System der Kommunikationsröhren mit Absperrschiebern. Es ist so eingerichtet, dass man 1) das Gas an dem Apparat vorbeileiten kann, 2) dass man es nur durch den einen oder durch den anderen Apparat streichen lassen kann, 3) dass es durch beide Apparate nach einander geführt wird. Wenn es nicht in die Apparate eintreten soll, werden die Schieber 3 und 12 geschlossen, 1 und 2 geöffnet. Wenn es nur durch den Apparat I. gehen soll, werden 3, 4, 10, 12 geöffnet, die übrigen geschlossen. Wenn es durch II. gehen soll, werden 3, 5, 11, 12 geöffnet, die übrigen geschlossen. Wenn es zuerst durch I., dann durch II. gehen soll, werden 3, 4, 8, 7, 11 geöffnet, bleiben die übrigen Schieber geschlossen. Wenn es zuerst durch II., dann durch I. gehen soll, werden 3, 5, 9, 6, 10 geöffnet, werden die übrigen Schieber geschlossen.

Zur Bestimmung der Dimensionen der Apparate kann man nach Erfahrungen nachstehende Regeln beobachten.

Oberfläche sämtlicher Horden sämtlicher Apparate:

$$\frac{F}{2} \text{ bis } F \text{ Quadratmeter}$$

oder

$$\frac{Q}{60} \text{ bis } \frac{Q}{30} \text{ Quadratmeter}$$

Anzahl der übereinander gestellten Horden in jedem Apparat 3 bis 4. Kalkquantum, das auf einem Quadratmeter Hordenfläche auszubreiten ist, 20 Liter. Dicke einer Kalkschicht 0.1^m. Entfernung der Horden in einem Apparat 0.2. Volumen aller Apparate 0.1 F bis 0.2 F Kubikmeter oder $\frac{Q}{300}$ bis $\frac{Q}{150}$ Kubikmeter.

Der Gasbehälter.

Die Haupttheile des Gasbehälters, Tafel XXIII., Fig. 8 u. 9, sind der in der Regel gemauerte Wasserbehälter A und die sogenannte Glocke B. Hilfsbestandtheile sind ein Schacht C zur Zu- und Ableitung des Gases, ein Gerüst zur Führung der Glocke und zuweilen im Innern ein Gerüst aus Holz, um die Glocke zu tragen, wenn der Wasserbehälter entleert wird.

Der Wasserbehälter muss auf das Solideste wasserdicht und fest hergestellt werden und besonders, wenn seine Dimensionen ein gewisses Maass überschreiten. Der Druck des Wassers gegen den Boden, der Erddruck gegen die Umfangsmauern und der von innen nach aussen wirkende Wasserdruck gegen diese Mauern ist ungemein gross. Ein undicht werdender Wasserbehälter hat zur Folge, dass das Wasser schnell ausfliesst, dass die Glocke schnell niederstürzt, oder wenn sie nicht regelmässig geführt wird, an den Führungen hängen bleibt und zerknickt wird und dass endlich die ganze grosse Gasmasse entweicht oder gar durch Gasflammen, die sich in der Nähe befinden, entzündet und furchtbare Zerstörungen verursacht. Aber auch selbst dann, wenn solche Katastrophen nicht eintreten, ist immer ein Schadhafwerden oder eine Zerstörung dieses Baues für ein Gaswerk eine grosse Kalamität, indem eine andere Herstellung einen längeren Zeitaufwand erfordert, während welchem der Betrieb des ganzen Gaswerkes gestört wird. Die beste Herstellung des Wasserbehälters ist folgende: Zuerst wird eine konische Grube c d c, d, ausgegraben, wird die Erde oder der Kies oder Sand des Bodens gut zusammen gestampft und vollkommen eben gemacht oder in der Mitte etwas konisch vertieft. Dann wird der Boden mit einer guten Betonschicht von 0.8 bis 1^m Dicke belegt. 0.22^{Kbm} hydraulischer Kalk, 0.40^{Kbm} Quarzsand, 0.69^{Kbm} Geröll-

steine von Eigrosse sind angemessene Verhältnisse für die Betonmasse und geben gut verdichtet 1^{Khm} Beton. Auf diese Grundlage kommt eine Rollschicht von hydraulischen Backsteinen mit gutem hydraulischen Cement (hydraulischer Kalk und Quarzsand). Diese Backsteinschicht wird noch mit einer Schicht von 0.16^{m} bis 0.20^{m} von hydraulischem Cement belegt. Die Umfangsmauer muss nach innen zu aus hydraulischen Backsteinen mit Cement ausgemauert werden, die äussere Rinde kann dagegen aus gewöhnlichen guten Backsteinmauern hergestellt werden. Da der von innen nach aussen gegen die Umfangsmauern wirkende Wasserdruck stets grösser ist als der von aussen nach innen wirkende Erddruck, so ist es gut, zur Ausfüllung des äusseren konisch ringförmigen Raumes Quarzsand anzuwenden. Die Krone des Umfangsmauerwerkes wird mit einem Ring von Quadersteinen belegt. Nach den von *Poncelet* für Stützmauern aufgestellten Regeln beträgt die Dicke, welche die Mauer erhalten soll, um dem Erddruck zu widerstehen, $0.285 H$ für Ausfüllung mit gewöhnlicher Erde, $0.500 H$ für Ausfüllung mit Sand, $0.229 H$ für Ausfüllung mit leichter Erde. Dagegen beträgt die Dicke der Mauer, um dem Wasserdruck zu widerstehen, $0.62 H$, wobei H die Tiefe des Gasometers bezeichnet. Die erforderlichen Mauerdicken x_1, x_2, x_3 sind daher in den drei Fällen

$$x_1 = (0.620 - 0.285) H = 0.335 H, \quad x_2 = (0.620 - 0.500) H = 0.120 H, \\ x_3 = (0.620 - 0.229) H = 0.391 H$$

Um für alle Fälle zu genügen, darf man für die Mauerdicke x nehmen:

$$x = \frac{1}{3} H$$

Das Volumen des Gasbehälters muss so gross sein, dass derselbe die Gasmenge zu fassen vermag, welche innerhalb 24 Stunden in der Zeit produziert wird, in welcher nicht beleuchtet wird. Nennt man Q die Gasmenge in Kubikmetern, welche in den kürzesten Tagen in 24 Stunden erzeugt wird, T die Beleuchtungszeit an diesen Tagen, \mathfrak{B} das Volumen des Gasbehälters, so ist:

$$\frac{\mathfrak{B}}{Q} = \frac{24 - T}{24}$$

$$\text{für } T = \quad 5 \quad 6 \quad 8 \quad 10 \text{ Stunden}$$

$$\text{wird } \frac{\mathfrak{B}}{Q} = \quad 0.8 \quad 0.75 \quad 0.66 \quad 0.58$$

Das Verhältniss zwischen dem Durchmesser und der Höhe des Gasbehälters wird nicht constant genommen; die Höhe nimmt

nur wenig zu mit dem Durchmesser. Als empirische Regel darf man gelten lassen:

$$H = 3.5 + 0.15 D$$

Diese Regel gibt:

$$\text{für } D = 10 \quad 15 \quad 20 \quad 25 \quad 30 \text{ Meter}$$

$$H = 5 \quad 5.75 \quad 6.5 \quad 7.25 \quad 8.00 \quad "$$

$$\mathcal{B} = 393 \quad 1016 \quad 2042 \quad 3559 \quad 5655 \text{ Kubikmeter.}$$

Die Glocke wird aus dünnem Blech zusammengenietet, die Decke wird durch leichtes Stangenwerk ausgesteift. Die Blechdicke wird so berechnet, dass die Differenz zwischen dem innern Gasdruck gegen die Decke und dem äusseren atmosphärischen Druck hinreichend ist, die Gasglocke schwimmend im Wasser zu erhalten oder dass wenigstens keine zu grossen aufwärts ziehenden Belastungsgewichte nothwendig sind, um den Schwimmzustand der Glocke herbeizuführen.

Legen wir uns die Aufgabe vor, die Blechdicke so zu bestimmen, dass die Glocke ohne Anbringung von Balancirungsgewichten schwimmend erhalten wird.

Nennen wir, Tafel XXIII., Fig. 10, D den äusseren Durchmesser der Glocke, H ihre Höhe, δ die Blechdicke, die wir überall gleich gross annehmen wollen, in der Wand wie in der Decke, $\gamma = 7800$ das Gewicht eines Kubikmeters Schmiedeeisen, \mathcal{A} den äusseren atmosphärischen Druck auf einen Quadratmeter, \mathcal{A}_1 den inneren Gasdruck gegen einen Quadratmeter, t die Niveaudifferenz ausserhalb und innerhalb der Glocke, T die Eintauchungstiefe, wenn die Glocke schwimmt. Dies vorausgesetzt ist $\frac{D^2 \pi}{4} \mathcal{A}$ der Druck der Atmosphäre gegen die Decke der Glocke, $\left(\frac{D^2 \pi}{4} + D \pi H\right) \delta \gamma$ das Gewicht der Glocke (die Verstärkungen nicht in Rechnung gebracht). $(D - 2 \delta)^2 \frac{\pi}{4} \mathcal{A}_1$ der Gasdruck gegen die innere Fläche der Decke, $D \pi \delta (1000 T + \mathcal{A})$ der nach aufwärts gerichtete Druck gegen den untern Blechdurchschnitt der Glocke. Die Bedingung des Schwimmens ist demnach:

$$\frac{D^2 \pi}{4} \mathcal{A} + \left(\frac{D^2 \pi}{4} + D \pi H\right) \delta \gamma = (D - 2 \delta)^2 \frac{\pi}{4} \mathcal{A}_1 + D \pi \delta (1000 T + \mathcal{A}) \quad (1)$$

2δ kann man immer gegen D vernachlässigen. Dann folgt aus dieser Gleichung:

$$\delta = \frac{\frac{D^2 \pi}{4} (\mathfrak{A}_1 - \mathfrak{A})}{\left(\frac{D^2 \pi}{4} + D \pi H\right) \gamma - D \pi (1000 T + \mathfrak{A})} \quad \dots (2)$$

oder

$$\delta = \frac{\mathfrak{A}_1 - \mathfrak{A}}{\left(1 + \frac{4 H}{D}\right) \gamma - \frac{4}{D} (1000 T + \mathfrak{A})} \quad \dots (3)$$

auch hat man:

$$\mathfrak{A}_1 - \mathfrak{A} = \delta \left[\left(1 + \frac{4 H}{D}\right) \gamma - \frac{4}{D} (1000 T + \mathfrak{A}) \right] \quad \dots (4)$$

ferner:

$$t = \frac{\mathfrak{A}_1 - \mathfrak{A}}{1000} \quad \dots (5)$$

Die Gleichung (5) bestimmt die Blechdicke. Die Gleichung (4) zeigt, wie die Spannung im Innern zunehmen muss, so wie die Glocke mehr und mehr mit Gas gefüllt wird und die Tiefe T der Eintauchung abnimmt.

Es sei z. B.:

$$\begin{aligned} \mathfrak{A} &= 10330, \quad t = 0.05, \quad \mathfrak{A}_1 - \mathfrak{A} = 1000 t = 50 \text{ kg}, \quad \gamma = 7800, \\ D &= 20 \text{ m}, \quad H = 6.5 \text{ m}, \quad T = 6.4 \text{ m (fast ganz eingetaucht)} \end{aligned}$$

dann findet man:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{50}{\left(1 + \frac{4 \times 6.5}{20}\right) 7800 - \frac{4}{20} (6400 + 10330)} = \frac{1}{259} \text{ Meter} \\ &= 40 \text{ Millimeter.} \end{aligned}$$

Wenn diese Glocke so stark mit Gas gefüllt wird, dass sie nur noch 0.5 m tief eintaucht, beträgt vermöge (4) die innere Pressung:

$$\mathfrak{A}_1 - \mathfrak{A} = \frac{1}{238} \left[\left(1 + \frac{4 \times 6.5}{20}\right) 7800 - \frac{4}{20} (500 + 10330) \right]$$

$$\mathfrak{A}_1 - \mathfrak{A} = 66 \text{ kg und } t = 0.066 \text{ Meter.}$$

Der Wasserstand im Innern sinkt demnach, während die Glocke gefüllt wird und in die Höhe steigt, doch nur um $0.066 - 0.050 = 0.016 \text{ m}$ oder 16 mm .

Die Armaturen der Decke und die Gewichte der Niete kann man durch Gewichte balanzieren. Um eine vollkommene Dichte der Glocke zu erzielen, ist die Vernietung allein nicht genügend, die Blechränder müssen, wo sie übereinander zu liegen kommen, mit Bleiweisskitt oder mit Theer bestrichen werden; auch ist ein reichlicher Anstrich zuerst mit Mennig und darüber mit Theer durchaus nothwendig, um die Einrostung zu verhüten.

Eine sehr wichtige aber praktisch sehr schwierige Sache ist die Führung der Glocke.

Dieselbe soll unter allen Umständen frei schwimmend und durch Nichts im Auf- und Absteigen gehindert sein. Bleibt sie festhängen, während die Füllung erfolgt, so wächst im Innern die Spannung bis das Gas am unteren Rand entweicht. Bleibt sie hängen während der Entleerung, so nimmt die innere Spannung so stark ab, dass der Druck nicht mehr hinreicht um das Gas in der Leitung fortzutreiben. Die Schwierigkeit, eine ganz verlässliche Führung herzustellen, liegt in der geringen Steifigkeit der Glocke. Bei starkem Wind ist der Druck gegen diese Glocke ungemein gross, sie wird nach der Seite gedrängt und leicht verdrückt oder deformirt. Die Führung geschieht gewöhnlich vermittelt Rollen, die theils am untern Blechrand, theils an der obern Kante der Glocke angebracht werden. Um die untern Rollen *a*, Tafel XXIII., Fig. 11, zu führen, kann man in die Seitenmauern hölzerne oder eiserne Bahnen *b* einlegen. Zur Führung der obern Rollen muss ein besonderes eisernes Gerüste aufgestellt werden, das die Führungsstangen *a* hält. Dieses Gerüst besteht, je nach der Grösse des Gasbehälters aus 8, 10 bis 12 gusseisernen Säulen oder aus eben so vielen gusseisernen Pyramiden aus Gitterwerk. Diese Säulen oder Pyramiden werden aber durch Stangen oder durch leichte Gitterbalken unter einander verbunden und gegen die Quaderung der Mauerkrone mit tief eingelassenen Schrauben befestigt.

Für jedes grössere Gaswerk sollen wenigstens zwei Gasbehälter aufgestellt werden, damit für den Fall, dass einer derselben längere Zeit nicht gebraucht werden könnte, wenigstens *Einer* vorhanden ist, mit welchem man das Gaswerk betreiben kann. Werden zwei oder mehrere Gasbehälter aufgestellt, so macht man sie so gross, dass sie alle zusammen im Stande sind die Gasmenge aufzunehmen, die im Gaswerk erzeugt wird, während keine Beleuchtung statt findet.

Die Gasleitung (Canalisation).

Einleitendes. Die Anlage der Gasleitung ist von grösster Wichtigkeit, weil von derselben die mehr oder weniger vortheilhafte Verwendung des Gases abhängt. Für die Anlage einer Gasleitung gilt der allgemeine Grundsatz, dass die Leitung in der Weise geführt werden soll: 1) dass nach jedem Ort der ganzen Gasleitung die an demselben erforderliche Gasmenge mit Leichtigkeit gelangen könne, dass 2) die Pressung an jedem Ort sehr nahe derjenigen

gleich komme, welche eine für die Verbrennung des Gases vortheilhafte Ausströmungsgeschwindigkeit bewirkt, 3) dass durch Reparaturen, welche an bestimmten Stellen der Gasleitung vorzunehmen sind, keinerlei Störungen in der Benutzung der Leitung an andern Stellen eintreten, 4) dass alles vermieden werden soll, was die Kosten der Anlage und des Betriebs erhöht, ohne die Leistung der Anlage zu verbessern.

Wir werden in der Folge sehen, wodurch diese Grundsätze realisirt werden können, vorerst ist es aber nothwendig, dass wir einige die Bewegung des Gases in Röhren betreffende theoretische Aufgaben zur Lösung bringen.

Bewegung des Gases in einer horizontalen Leitung. Betrachten wir zunächst den einfachsten Fall, dass in einer horizontalen Röhre von constantem Querschnitt eine bestimmte Quantität Gas mit constanten Geschwindigkeit fortgeleitet werden soll. Es sei: L die Länge der Röhre, c ihr innerer Umfang, Ω deren Querschnitt, u die Geschwindigkeit der Bewegung des Gases, γ das Gewicht von einem Kubikmeter Gas, $g = 9808$ die Beschleunigung durch den freien Fall, β ein Erfahrungscoeffizient, Q die Gasmenge in Kubikmetern, welche in jeder Sekunde durch jeden Querschnitt der Leitung geht,

D der Durchmesser der Röhre,

P und P_1 die Pressungen des Gases auf einen Quadratmeter in der Leitung am Anfang und am Ende derselben,

H und H_1 die Höhe der Wassersäulen, welche den Pressungen P und P_1 entsprechen.

Dies vorausgesetzt, ist $\Omega (P - P_1)$ die Kraft, welche das Gas in der Röhre fortschiebt, und im Beharrungszustand der Bewegung ist diese Pressung genau so gross, als der Reibungswiderstand des Gases an der innern Fläche der Röhre. Dieser Reibungswiderstand ist der Dichte γ des Gases, der Reibungsfläche $c L$ und dem Quadrat u^2 der Bewegungsgeschwindigkeit proportional, kann demnach ausgedrückt werden durch $\beta \frac{\delta}{g} c L u^2$. Wir erhalten demnach:

$$\Omega (P - P_1) = \beta \frac{\delta}{g} c L^2 u^2 \quad (1)$$

Nun ist:

$$\Omega = \frac{D^2 \pi}{4}, \quad c = D \pi, \quad Q = \frac{D^2 \pi}{4} u, \quad u^2 = \frac{16 Q^2}{\pi^2 D^4}, \quad P - P_1 = 1000 (H - H_1)$$

Führt man diese Werthe in (1) ein, so findet man:

$$H - H_1 = \frac{4 \times 16 \times \gamma}{1000 \text{ g } \pi^2} \beta \frac{L Q^2}{D^5} \dots \dots \dots (2)$$

Der Werth der Constanten β ist durch *Girard* und *d'Aubuisson* aufgesucht worden. *Girard* hat gefunden für gusseiserne Röhren $\beta = 0.005621$, für schmiedeeiserne Röhren $\beta = 0.003190$; *d'Aubuisson* hat für gusseiserne Röhren gefunden $\beta = 0.00320$, vorausgesetzt dass alle Abmessungen ohne Ausnahme in Metermaass ausgedrückt werden. Wir werden wohl thun, dafür zu sorgen, dass wir den Reibungswiderstand eher zu gross als zu klein in Rechnung bringen, nehmen daher den grösseren der oben angegebenen Werthe und setzen demnach:

- a) Wenn H_1, H, L, D in Metern, Q, γ in Kubikmetern ausgedrückt wird:

$$\beta = 0.005621 \dots \dots \dots (3)$$

- b) Wenn H_1, H, D in Centimetern, L in Metern, γ in Kubikmetern, Q in Liter pro 1 Sekunde ausgedrückt wird:

$$\beta = 5.621 \dots \dots \dots (4)$$

Die Dichte des Gases γ ist wie wir wissen veränderlich; durchschnittlich darf man dieselbe zu 0.726 annehmen. Wir werden daher für Durchschnittsrechnungen setzen:

$$\gamma = 0.726^{\text{Kilg}} \dots \dots \dots (5)$$

Bringt man die Werthe (4) und (5) in Rechnung, so gibt die Gleichung (2):

$$H - H_1 = 2.7 \frac{L Q^2}{D^5} \dots \dots \dots (6)$$

wobei also H, H_1, D in Centimetern, Q in Litern pro 1 Sekunde, L in ganzen Metern auszudrücken ist.

Wollen wir H, H_1, D, L in Metern, Q in Kubikmetern pro 1 Sekunde ausdrücken, so hat man:

$$H - H_1 = 0.0027 \frac{L Q^2}{D^5} \dots \dots \dots (7)$$

Bewegung des Gases durch eine aus Röhrenstücken zusammengesetzte Leitung. Betrachten wir den Fall, wenn eine Leitung aus mehreren Röhrenstücken von ungleicher Länge und ungleicher Weite besteht und wenn am Ende jedes Röhrenstückes eine gewisse Quantität Gas abgeleitet wird, Tafel XXIV., Fig. 4. Dann haben wir vermöge (6):

$$\begin{array}{l}
 H - H_1 = 2.7 \frac{L_1 Q^2}{D_1^5} \\
 H_1 - H_2 = 2.7 \frac{L_2 (Q - Q_1)^2}{D_2^5} \\
 H_2 - H_3 = 2.7 \frac{L_3 (Q - Q_1 - Q_2)^2}{D_3^5} \\
 H_3 - H_4 = 2.7 \frac{L_4 (Q - Q_1 - Q_2 - Q_3)^2}{D_4^5} \\
 \dots \dots \dots
 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} H - H_1 \\ H_1 - H_2 \\ H_2 - H_3 \\ H_3 - H_4 \\ \dots \end{array}} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

Hieraus folgt:

$$H_1 - H = 2.7 \left[\frac{Q^2}{D_1^5} L_1 + \frac{(Q - Q_1)^2}{D_2^5} L_2 + \frac{(Q - Q_1 - Q_2)^2}{D_3^5} L_3 + \frac{(Q - Q_1 - Q_2 - Q_3)^2}{D_4^5} L_4 \right] (9)$$

Diese Gleichungen setzen jedoch voraus, dass zwischen den Röhrenstücken konische Uebergangsstücke eingesetzt werden, so dass keine plötzlichen Querschnittsänderungen statt finden. Für den Fall, dass längs der Röhrenleitung kein Gas abgeleitet wird, dass demnach $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 0$ und $Q_4 = Q$ ist, findet man:

$$H - H_1 = 2.7 Q^2 \left(\frac{L_1}{D_1^5} + \frac{L_2}{D_2^5} + \frac{L_3}{D_3^5} + \frac{L_4}{D_4^5} \right) \dots \dots (10)$$

Da die in der Klammer enthaltene Summe immer den gleichen Werth erhält, in welcher Ordnung man die Röhrenstücke an einander reiht, so sieht man, dass wenn eine Röhrenleitung aus Röhrenstücken von ungleicher Weite zusammengesetzt und durch dieselbe eine bestimmte Gasmenge geleitet wird, die Spannungsdifferenz $H - H_1$ unabhängig ist von der Ordnung, in der die Röhrenstücke an einander gereiht werden.

Bewegung des Gases in einer Röhrenleitung mit gleichförmiger Gasableitung. Tafel XXIV., Fig. 5. Nehmen wir an, in eine Leitung von einer Länge L und durchaus gleichem Durchmesser trete eine Gasmenge Q ein, es werde jedoch längs derselben ganz stetig und gleichförmig eine Gasmenge Q_1 abgeleitet, so dass am Ende der Leitung eine Gasmenge $Q - Q_1$ austritt. Wir setzen also gleichsam voraus, dass in der Leitung ihrer ganzen Länge nach eine Spalte von veränderlicher Weite vorhanden ist. Dies vorausgesetzt, erhalten wir Folgendes: Es ist die Gasmenge, welche pro 1 Sekunde durch den Querschnitt bei B geht, der vom Anfang A um x entfernt ist, $Q - Q_1 \frac{x}{L}$. Bei B wird eine gewisse Spannung herrschen,

welche einer Wassersäule von der Höhe ξ entspricht. Geht man nach dem von A um $x + dx$ entfernten Querschnitt, so wird da selbst die Spannung herrschen, welche einer Wassersäule $\xi - d\xi$ entspricht. Vermöge (6) können wir nun schreiben:

$$-d\xi = 2.7 \frac{dx \left(Q - Q_1 \frac{x}{L} \right)^2}{D^5}$$

Hieraus folgt durch Integration:

$$-\xi = \frac{2.7}{D^5} \left(Q^2 x - \frac{2 Q Q_1}{L} \frac{x^2}{2} + \frac{Q_1^2}{L^2} \frac{x^3}{3} \right) + \text{const}$$

Für $x=0$ ist $\xi = H$, für $x=L$, $\xi = H_1$, demnach findet man:

$$H - H_1 = 2.7 \frac{Q^2 L}{D^5} \left[1 - \frac{Q_1}{Q} + \frac{1}{3} \left(\frac{Q_1}{Q} \right)^2 \right]$$

oder wenn man $\frac{Q_1}{Q} = m$ setzt:

$$H - H_1 = 2.7 \frac{Q^2 L}{D^5} \left(1 - \frac{3m-1}{3m^2} \right) \dots \dots (11)$$

$$\frac{Q_1}{Q} = m \dots \dots \dots (12)$$

Dieser Ausdruck (11) darf annäherungsweise auf den Fall angewendet werden, wenn längs einer Leitung von gleicher Weite in nicht zu grossen Entfernungen von einander Brenner angebracht sind, die von der Leitung aus mit Gas versehen werden.

Bewegung des Gases in einer geneigten Leitung. Es sei, Tafel XXIV., Fig. 6, A der Gasbehälter, B eine ansteigende bei C endende Leitung, D ein Wassermanometer, welches die Spannung bei C angibt. Nennen wir:

p den Druck des Gases auf einen Quadratmeter im Gasbehälter,
 p_1 den Druck des Gases auf einen Quadratmeter in der Röhre bei C,

z die Höhe des Punktes C über dem Wasserspiegel im Gasbehälter,

γ_1 das Gewicht von einem Kubikmeter atmosphärische Luft,

H die Niveaudifferenz ausserhalb und innerhalb des Gasbehälters,

H_1 die Niveaudifferenz in den Schenkeln des Manometers,

\mathfrak{A} den Druck der Atmosphäre auf einen Quadratmeter an der Oberfläche des Wassers im Gasbehälter,

so ist $\mathfrak{A} - \gamma_1 z$ der Druck der Atmosphäre gegen den offenen äusseren Schenkel des Manometers und man hat:

$$P = \mathfrak{A} + 1000 H, \quad P_1 = \mathfrak{A} - \gamma_1 z + 1000 H_1$$

$$\Omega (P - P_1) = [1000 (H - H_1) + \gamma_1 z] \Omega$$

Diese Druckdifferenz hat das Gewicht des in der Röhre enthaltenen Gases und den Reibungswiderstand zu bewältigen; man hat daher:

$$\Omega [1000 (H - H_1) + \gamma_1 z] = \Omega z \gamma + \beta \frac{\gamma}{g} C L u^2$$

Hieraus folgt, wenn man $\Omega = \frac{D^2 \pi}{4}$, $C = D \pi$, $u^2 = \frac{16 Q^2}{\pi^2 D^4}$ setzt:

$$H - H_1 = \frac{z (\gamma - \gamma_1)}{1000} + \frac{4 \times 16 \times \gamma}{1000 g \pi^2} \beta \frac{Q^2 L}{D^5} \quad \dots (13)$$

Das Gas ist stets leichter als atmosphärische Luft, es ist demnach $\gamma - \gamma_1$ negativ, daher wird $H - H_1$ bei einer ansteigenden Leitung klein, bei einer fallenden Leitung, für welche z negativ ist, grösser als bei einer steigenden Leitung. Eine steigende Leitung erleichtert, eine fallende Leitung erschwert dagegen die Ausströmung des Gases. Für $\gamma = 0.726$, $\gamma_1 = 1.29$, $\beta = 0.005621$ wird, wenn H, H_1, z, D, L in Metern ausgedrückt wird,

$$H - H_1 = 0.0027 \frac{L Q^2}{D^5} - 0.00564 z \quad \dots (14)$$

dagegen wenn H, H_1, D in Centimetern, z, L in Metern, Q in Litern gemessen wird:

$$H - H_1 = 2.7 \frac{L Q^2}{D^5} - 0.0564 z \quad \dots (15)$$

Auf unebenem Terrain ist es demnach vortheilhaft, das Gaswerk in dem tiefsten Punkt aufzustellen.

Praktische Regeln zur Bestimmung der Durchmesser der Röhren.

A. Für die Hauptleitung.

Die im Vorhergehenden aufgefundenen Formeln sind geeignet zur Bestimmung der Durchmesser der Theile einer Hauptleitung. Für die kleine Zweigleitung werden wir später andere Formeln aufstellen.

Es sei:

- L die Länge der Hauptleitung in Metern gemessen von der Gasfabrik an bis zu den von der Gasfabrik entferntesten Brennern der Hauptleitung,
- l die Länge in Metern irgend eines Röhrenstückes der Hauptleitung,

$H - H_1$, die Differenz zwischen den in Centimetern ausgedrückten Wassersäulen, welche die Pressungen in der Hauptleitung am Anfange und am Ende derselben messen,

h die analoge Differenz in dem Röhrenstück von der Länge l am Anfange und Ende desselben,

q die Gasmenge in Kubikmetern, welche stündlich in das Röhrenstück von der Länge l eintritt,

q_1 die Gasmenge in Kubikmetern, welche stündlich längs dem Röhrenstück l an eine Reihe von Brennern abgegeben wird,

$m = \frac{q}{q_1}$. Wenn längs des Röhrenstückes keine Brenner vorkommen,

ist $q_1 = 0$ und $m = \infty$. Wenn alles Gas, das in die Röhre l eintritt, durch diese Röhre seitlich abgeleitet wird, ist $q_1 = q$ und $m = 1$,

d der Durchmesser der Röhre l in Centimetern.

Es ist offenbar angemessen, die ganze Hauptleitung so anzulegen, dass längs derselben die Pressungen annähernd gleichmässig abnehmen. Dies ist der Fall wenn wir setzen:

$$\frac{h}{l} = \frac{H - H_1}{L} \quad \dots \quad (16)$$

Zur Bestimmung von d dient uns die Formel (11) und wir haben in dieselbe zu setzen: $Q = \frac{1000 q}{3600} = \frac{q}{3.6}$.

Für $\frac{H - H_1}{L}$ ist eigentlich $\frac{h}{l}$ zu setzen; allein wenn wir die Regel (16) gelten lassen, so können wir auch $\frac{H - H_1}{L}$ beibehalten. Dann wird:

$$d^5 = 2.7 \left(\frac{q}{3.6}\right)^2 \frac{L}{H - H_1} \left(1 - \frac{3m-1}{3m^2}\right) \quad \dots \quad (17)$$

oder

$$d^5 = 0.207 q^2 \frac{L}{H - H_1} \left(1 - \frac{3m-1}{3m^2}\right) \quad \dots \quad (18)$$

Die Pressung in dem vom Gaswerk entferntesten Brenner der Hauptleitung soll 2^{cm} betragen. Eine grosse Pressung verursacht ein zu rasches Ausströmen und verursacht unnützen Gasverbrauch; bei einer geringen Pressung wird die Flamme flappig. Am Anfang der Gasleitung, dieselbe mag lang oder kurz sein, soll die Pressung um nicht mehr als 2.6^{cm} höher sein, als am Ende. Wir dürfen also, wie lang auch die Leitung sein mag, setzen:

$$H - H_1 = 2.6^{\text{cm}}$$

dann wird aus (18):

$$d^5 = 0.08 q^2 L \left(1 - \frac{3m-1}{3m^2}\right) \quad \dots \quad (19)$$

Zur Erleichterung der numerischen Rechnungen dienen die folgenden drei Tabellen:

d	d ³	d	d ³	d	d ³
1	1	13	370 295	25	9 770 625
2	32	14	534 824	26	11 881 376
3	243	15	749 375	27	14 348 907
4	1 024	16	1 048 576	28	17 210 368
5	3 125	17	1 419 857	29	20 511 149
6	7 776	18	1 889 568	30	24 300 000
7	16 807	19	2 476 099	31	28 629 151
8	32 768	20	3 200 000	32	33 554 432
9	75 049	21	4 084 101	33	39 135 393
10	100 000	22	5 153 632	34	45 435 424
11	161 051	23	6 436 343	35	52 521 875
12	248 832	24	7 962 624	36	60 466 176

m	$1 - \frac{3m-1}{3m^2}$	m	$1 - \frac{3m-1}{3m^2}$	m	$1 - \frac{3m-1}{3m^2}$
1·0	0·333	1·9	0·566	5	0·813
1·1	0·366	2·0	0·583	6	0·843
1·2	0·398	2·2	0·614	8	0·880
1·3	0·428	2·4	0·641	10	0·903
1·4	0·456	2·6	0·665	15	0·935
1·5	0·483	2·8	0·685	20	0·951
1·6	0·505	3·0	0·704	30	0·967
1·7	0·527	3·5	0·741	50	0·980
1·8	0·547	4·0	0·771	100	0·990

Gasleitungsröhren.

Stündliche Gasmenge in Kubik- metern	Durchmesser der Gasröhren in Millimetern						Anzahl der Brenner zu 4 Kubikfuss englisch oder zu 0,1 Kbm
	115	132	143	152	159	164	
50	115	132	143	152	159	164	500
100	151	174	189	199	208	216	1000
150	178	205	222	235	246	256	1500
200	200	230	250	264	276	280	2000
250	219	252	273	289	302	303	2500
300	235	270	294	310	324	336	3000
400	264	304	330	348	364	377	4000
500	288	331	360	380	397	412	5000
600	310	356	387	409	427	443	6000
700	330	379	412	436	455	472	7000
800	348	400	435	459	480	498	8000
900	365	420	456	481	504	522	9000
1000	380	437	475	502	524	542	10000
1100	396	455	495	523	546	566	11000
1200	419	481	524	553	578	592	12000
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	
Länge der Hauptleitung in Metern.							

$$d^5 = 0,08 q^2 L$$

B. Zweigleitungen.

Für die Bestimmung der Durchmesser der Zweigleitungen, d. h. für die Leitungen in den kleinen Verbindungsstrassen, für die Leitungen, welche von den Strassen in die Häuser und Gebäude leiten, so wie für die Leitungen innerhalb der Gebäude selbst kann man einfachere Regeln anwenden, indem man von der Voraussetzung ausgeht, dass für diese Zweigleitungen die Geschwindigkeit des Gases in den Röhren eine gewisse Grösse haben soll. Für diese Zweigleitungen kann man sich der Regeln bedienen, welche Seite 223 und 224 der Resultate für den Maschinenbau aufgestellt sind. Auch innerhalb des Gaswerkes selbst können diese Regeln benutzt werden.

Disposition der Leitung (Kanalisation). Die leitenden Grundsätze, welche bei der Disposition einer Gasleitung für Städte zu beobachten sind, wurden bereits Seite 479 ausgesprochen. Einige ideale Beispiele werden zur Erläuterung dieser Grundsätze dienen.

Es sei erstens für einen schachbrettartigen Stadtbau eine Gas-einrichtung zu disponiren (Mannheim) Tafel XXIV., Fig. 7. In diesem Falle ist es angemessen, vom Gaswerk an die Hauptleitungen A B C, D B E, und eine peripherische Leitung F D C E F anzuordnen und in diese die Zweigleitungen der kleineren Strassen einmünden zu lassen.

Es sei zweitens für eine längs eines Flusses hingebaute Stadt eine Gasleitung zu disponiren, Tafel XXIV., Fig. 8. In diesem Falle ist es zweckmässig, eine Hauptleitung A B C D längs des Flusses und zwei Hauptleitungen C E F, G E H im Innern der Stadt anzuordnen.

Im Allgemeinen gilt die Regel, dass nicht nur die Hauptleitung, sondern auch die Nebenleitungen durch die kleineren Strassen für das Maximum der Brennerzahl anzulegen sind, die von diesen Leitungen aus unter ungünstigen Umständen, bei Reparaturen der Hauptleitung, mit Gas zu versehen sind. In den Hauptleitungen werden nie mehr als 3 bis 4 Röhrenabstufungen angewendet, z. B. für den Stadtbau Tafel XXIV., Fig. 8 eine Röhre von A bis B, welche die ganze Gasmasse von der Fabrik weg nach der Stadt leitet, eine zweite Röhre für B C, eine dritte für C E und eine vierte Röhrenabstufung für E G, E F, E H, C D.

Wassersammler. Das Gas tritt niemals in ganz trockenem Zustand in die Hauptleitung ein, es enthält immer noch Wasser-, Theer- und andere Dämpfe, die sich in der Hauptleitung condensiren, dieselbe mit der Zeit an einzelnen Stellen ganz anfüllen und

dadurch den Durchgang des Gases erschweren oder aufheben würden. Um dies zu vermeiden ist es nothwendig, die Röhren nicht horizontal zu legen, sondern dieselben bald schwach ansteigend, bald schwach senkend anzuordnen und in allen tieferen Punkten der Leitung kleine Wassersammler anzulegen, nach welchen das Wasser zusammenfließt und mittelst kleiner Handpumpen von Zeit zu Zeit herausgehoben wird. Tafel XXIV., Fig. 9 zeigt einen solchen Wassersammler mit dem Saugrohr. Von grösster Wichtigkeit ist die Dichte der Röhren und die Solidität der Verbindung, damit keine Gasverluste eintreten. In dieser Hinsicht ist beim Legen die grösste Vorsicht und Kontrolle zu üben, damit alle Arbeiten gewissenhaft und verlässlich ausgeführt werden. Insbesondere muss dafür gesorgt werden, dass an jeder Muffe die Erde festgestampft und ein Stein untergelegt wird. Eben so muss die Verbleiung der gusseisernen Röhren und die Zusammenschraubung der schmiedeeisernen Zweigröhren tadellos bewerkstelligt werden. Dies Alles ist leicht gesagt, aber in der Praxis doch schwer gethan und erfordert einen tüchtigen, vielerfahrenen und vielgeübten Werkmeister. Ueber das Detail der Röhrenverbindungen ist bereits im ersten Bande gehandelt worden.

Der Erhaufstor.

Dieser Apparat ist eine Gas-Saug- und Druckpumpe, welche in der Regel zwischen dem Condensator und dem Scrubber oder Wascher aufgestellt wird. Derselbe saugt das Gas aus dem Condensator und aus der Vorlage auf und treibt es durch den Scrubber fort. Der Zweck desselben ist, die Spannung des Gases in der Vorlage, insbesondere aber in den Retorten unter allen Umständen auf einem niedrigen Grad zu erhalten, was für die Gasproduktion aus zwei Ursachen von grosser praktischer Wichtigkeit ist. Die Spannung des Gases in den Retorten muss möglichst niedrig gehalten werden, theils um die Gasverluste, welche durch die Poren der Retorten entstehen können, zu verhüten, theils aber und vorzugsweise um eine für die Gasproduktion sehr nachtheilige Wirkung, die bei höherer Gasspannung eintritt, nicht aufkommen zu lassen. Man hat nämlich die sonderbare Erfahrung gemacht, dass sich in den Retorten sehr viel Graphit bildet, wenn in denselben die Spannung einige Höhe erreicht. Diese Graphitbildung, die sich vorzugsweise am Boden der Retorten, aber auch an den Decken derselben und in den Aufsteigröhren anlegt, hat zur Folge, dass die Wärme

schwer durch die Wände der Retorten eintritt und die Aufsteigröhren verstopft werden. Aber noch mehr entsteht diese Graphitbildung durch Zersetzung der Kohlenwasserstoffgase. Der Kohlenstoff setzt sich als Graphit an und es entsteht ein an Wasserstoff reiches, aber an Kohlenstoff armes Gas, das zwar sehr viel Heizkraft, aber wenig Leuchtkraft besitzt, also für die Beleuchtung nicht gut ist. Diese höchst nachtheilige Graphitbildung wird nur durch den Exhaustor vermieden, indem derselbe in den Retorten eine höhere Spannung nicht aufkommen lässt.

Da die Gasproduktion in den Retorten nicht in constanter Weise vor sich geht, indem am Anfang des Destillationsprozesses sehr viel, gegen das Ende zu sehr wenig Gas erzeugt wird, so muss der Exhaustor zur Erhaltung eines constanten niedrigen Druckes in den Retorten mit einer regulirenden Einrichtung versehen werden, welche bewirkt, dass aus den Retorten in jedem Augenblick genau so viel Gas ausgesaugt wird, als produziert wird. Dadurch wird die Einrichtung des Exhaustors etwas komplizirt. Man hat sehr verschiedene Einrichtungen für diese Exhaustoren ausgedacht, am häufigsten werden diejenigen gebraucht, welche wir nun beschreiben wollen.

Tafel XXIV., Fig. 10 stellt den Kolbenexhaustor von *Anderson* dar. Der Hauptbestandtheil ist eine mit Saugklappen *a a*, und mit Druckklappen *b b*, versehene Saug- und Druckpumpe. Das Gas wird bei *c* eingesaugt und bei *d* ausgetrieben. Diese Röhren sind aber durch ein Rohr *e* in Verbindung gesetzt, das mit einem nach *c* hin sich öffnenden Ventil versehen ist. Dieses Ventil wird durch eine Feder oder durch ein Gewicht so stark zuge drückt, dass es sich öffnet, wenn die Differenz zwischen den Spannungen in *a* und in *c* einen gewissen Grad erreicht. Denken wir uns nun zuerst, dass in den Retorten die gewünschte normale Gasproduktion und die normale zulässige Spannung *p* vorhanden sei und dass sich der Kolben *g* so schnell bewegt, dass alles in einer Sekunde produzierte Gas in einer Sekunde ausgesaugt wird, so wird vermöge der Widerstände, welche sämmtliche zwischen dem Exhaustor und dem Gasbehälter aufgestellten Apparate verursachen, in *a* eine gewisse Spannung *p₁* herrschen, und wenn das Ventil *f* durch die Feder oder durch ein Gewicht so stark zuge drückt wird, dass es sich durch die Differenz $p_1 - p$ nicht öffnet, so geht alles Gas aus *c* durch die Pumpe nach *d*. Nehmen wir nun an, dass in den Retorten plötzlich eine übergrosse Gasentwicklung eintrete, die die Pumpe nicht fortschaffen kann, so öffnen sich die Ventile *a a*, *b b*, und das Gas strömt unabhängig von der Bewegung des Kolbens

von *c* nach *d* so lange über, bis in *c* die Spannung wiederum abgenommen hat, worauf sich die Ventile *a a*₁ *b b*₁ schliessen. Nehmen wir endlich an, dass die Spannung des Gases in den Retorten gar zu geringe wird, so öffnet sich das Ventil *f* und dann wird das Gas theilweise durch das Rohr *e* nach *c* nach den Retorten zurückgetrieben, bis daselbst die normale Spannung eintritt, worauf sich *f* schliesst.

Tafel XXVI., Fig. 1 u. 2 stellt den rotirenden Exhaustor von *Beale* vor. *a* ist eine Trommel, *b* eine in *a* liegende innere Trommel; sie hat eine gegen *a* excentrische Lage und berührt unten die Trommel *a*. Diese Trommel ist mit zwei aufeinander liegenden Schiebern *c c*₁ versehen, die sich in einer in der Trommel *b* angebrachten, längs des Durchmessers hinziehenden Spalte verschieben lassen. Jeder dieser Schieber ist mit zwei Zäpfchen versehen, die in kreisförmige zur Umhüllung *a* concentrische in der Deckelfläche eingeschnittene Furchen *e e* eingreifen. Die äusseren Enden der Schieber *c c*₁ sind mit Dichtungen versehen, die an der innern Fläche von *a* anliegen. *f* ist das Einsaugrohr, *g* das Druckrohr. Wird nun die Trommel *b* um ihre Axe gedreht, so nimmt sie die Schieber *c c*₁ mit herum, dieselben werden aber gleichzeitig vermittelst der in die Fläche *d* eingreifenden Zäpfchen in die Trommelspalte aus- und eingeschoben, so dass die äusseren Schieberenden stets mit der Wand von *a* in Berührung bleiben, dadurch wird das Gas bei *f* eingesaugt, bei *g* ausgetrieben.

Die passendste Stelle für die Aufstellung des Exhaustors befindet sich zwischen dem Condensator und dem Scrubber, weil er sich dann in der Nähe der Retorten befindet und doch nicht mehr durch den Theer in seiner Wirksamkeit gehindert werden kann, was der Fall wäre, wenn man denselben zwischen der Vorlage und dem Condensator aufstellte.

Der Regulator.

Um bei zufällig eintretenden Veränderungen des Druckes in den Gasbehältern dennoch einen sich gleich bleibenden Druck am Anfang der Röhrenleitung herbeizuführen, so wie auch um den Druck in der Röhrenleitung nach dem Gasbedarf reguliren zu können, dient der sogenannte Regulator, welcher zwischen den Gasbehältern und dem Anfang der Leitung aufgestellt wird.

Tafel XXVI., Fig. 3 zeigt einen solchen Apparat. *a a* ist ein Wasserbehälter aus Gusseisen, *b b* eine Gasglocke mit einem

Stiel *a*. Derselbe wird theils durch den Bügel *c c*, theils durch Leitrollen *e e* geführt. *f g* sind zwei aneinander gegossene Röhren, *f* steht concentrisch zu *a*, *g* excentrisch. In *f* mündet das Rohr *h* ein, das vom Gasbehälter her geht, in *g* mündet *i* ein, das den Anfang der Röhrenleitung bildet. *g* ist oben einfach offen, *f* hat oben eine nach einwärts gekehrte Flantsche, so dass eine runde Oeffnung entsteht, deren Durchmesser kleiner ist als jener der Röhre *f*. An der Decke von *b* ist ein langgestreckter Blechkonus *k* angehängt, der in den Cylinder *f* herabreicht. *l* sind Belastungsgewichte, *m* und *n* Manometer, vermittelt welcher die Pressungen *h* und *i* gemessen werden. Die Glocke wird so balancirt, dass sie bis zu einer gewissen Tiefe eintaucht, wenn die mittlere Normalspannung vorhanden ist und die normale Gasmenge aus *h* durch *f b g i* ausströmt. Vermehrt man die Belastung *l*, so senkt sich die Glocke *b*, wird das Gas komprimirt und die Spannung desselben sowohl im Gasbehälter als auch in der Röhrenleitung verstärkt, so dass das Gas in grösserer Menge und stärker komprimirt in die Röhrenleitung getrieben wird. Nimmt die Spannung des Gases im Gasometer zu oder ab, so steigt im ersteren Falle die Glocke des Regulators und sinkt im zweiten Falle nieder. Dadurch wird der ringförmige Raum zwischen dem Flantschenrand von *f* und dem Konus verengt, wenn die Glocke steigt, erweitert, wenn sie sich senkt, und sie nimmt eine Stellung an, bei welcher die Spannung des Gases wohl in *f*, aber nicht in *g* geändert wird. Die Spannung des Gases in der Leitung und die Quantität der in dieselbe eintretenden Gasmenge wird demnach constant erhalten, während im Gasbehälter Aenderungen in der Spannung eintreten. Auch dieser Regulator ist von *Olegg* erfunden.

Die Gasuhren.

Die Gasuhren sind Apparate, durch welche die Gasmengen gemessen werden, welche stündlich durch irgend einen Querschnitt der Gasleitung strömen. Man unterscheidet Stationsgasuhren und Konsumentengasuhren. Wir beschränken uns auf die genauere Beschreibung eines Stationsgasmessers, weil die übliche Einrichtung der Konsumentengasuhren so eigenthümlich ist, dass sie sich ohne Modelle kaum verständlich machen lässt. Tafel XXVI., Fig. 4 und 5 sind zwei Durchschnitte einer *Olegg*'schen Stationsgasuhr.

a die äussere Blechumhüllung des Apparates. Dieselbe schliesst vollständig von Aussen ab, nur bei *c c* kommunizirt der innere

Raum mit einer Vorkammer d , von welcher aus das Gas der Uhr zugeleitet wird, und die einige regulirende Vorrichtungen enthält.

Den Hauptbestandtheil der Gasuhr bildet die sogenannte Trommel, die aus folgenden Theilen und Wandungen zusammengesetzt ist: e Axe der Trommel; dieselbe dreht sich in zwei Lagern e_1, e_2 ; f, f Armsysteme, g_1, g_2 Seitenschilder mit concentrischen Oeffnungen, h_1, h_2 cylindrische Umhüllungen, i_1, i_2, i_3, i_4 innere Scheidewände, durch welche der zwischen g_1, g_2, h_1, h_2 befindliche Raum in vier gleich grosse Abtheilungen getheilt wird; jede dieser vier Abtheilungen, z. B. g_1 , kommunizirt aussen durch das Ansatzrohr k_1 mit dem Raum zwischen der Trommel und der Umhüllung, innen durch ein Rohr l , mit dem innerhalb h_2 befindlichen Raum der Trommel. Der Apparat wird theilweise mit Wasser angefüllt, so dass der Wasserspiegel über dem Rand der Oeffnungen der Scheidewände g_1, g_2 steht; das Gas strömt bei m in die Vorkammer ein, gelangt durch das krumme Rohr n, n , in den inneren Raum der Trommel, von d_1 in die Trommelabtheilungen und entweicht aus diesen durch die Oeffnung k_1 und durch das Rohr p in den Gasbehälter; dabei dreht es die Trommel nach der Richtung des Pfeiles f . In der Vorkammer befinden sich verschiedene Hilfseinrichtungen, so dass der Wasserstand im Apparat stets auf einerlei Höhe erhalten wird, und die Vorkammer enthält ferner ein Räderzählwerk, das von der Axe der Trommel aus vermittelst einer Schraube ohne Ende gedreht wird.

Die Dimensionen einer solchen Gasuhr können auf folgende Weise berechnet werden.

Nennt man:

- R_1 den äusseren Halbmesser der Trommel,
 - R_2 den inneren Halbmesser der Trommel,
 - L die Länge der Trommel,
 - \mathfrak{B} das Gasvolumen in Kubikmetern, das in 24 Stunden durch die Uhr geht,
 - n die Anzahl der Umdrehungen der Trommel in 24 Stunden,
 - v das Volumen eines Ansatzrohres der Trommel,
- so hat man:

$$[\pi (R_1^2 - R_2^2) + 4v] L n = \mathfrak{B}$$

Hieraus folgt:

$$R_1 = \sqrt[3]{\frac{\mathfrak{B}}{\left\{ \frac{L}{R_1} \left[\pi \left[1 - \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2 \right] + 4 \frac{v}{R_1^2} \right] n \right\}}}$$

Die gewöhnlichen Verhältnisse sind:

$$\frac{R_2}{R_1} = 0.6, \quad \frac{L}{R_1} = 1.6$$

$$4 \frac{v}{R_1^2} = 0.3$$

und die stündliche Anzahl der Umdrehungen beträgt in der Regel bei normalen Verhältnissen $60 \times 24 = 1440$. Vermittelt dieser Verhältnisse folgt:

$$R_1 = 0.645 \sqrt[3]{\frac{38}{n}}$$

Berechnung eines Gaswerkes für 1000 Brenner.

Gegenstände	Einheiten	Größen
Anzahl der Brenner		1000
Stündlicher Gasverbrauch eines Brenners .	Kbm	0.100
Mittlere Beleuchtungszeit am kürzesten Tag	Stunden	10
Gasverbrauch am kürzesten Tag	Kbm	1000
Retorten.		
Heizfläche einer Retorte	qm	3.25
Heizfläche sämtlicher Retorten	qm	33
Anzahl der Retorten		10
Querschnitt der Vorlage	qm	0.055
Anzahl der Retorten eines Ofens		5
Anzahl der Retortenöfen		2
Rostfläche eines Ofens	qm	0.40
Pferdekraft des Kamins		12.5
Condensator.		
Querschnitt einer Condensatorröhre	qm	0.011
Durchmesser einer Röhre	m	0.118
Abkühlungsfläche aller Röhren	qm	9.9
Der Waschapparat.		
Horizontalquerschnitt des Apparates	qm	3.3

Gegenstände	Einheiten	Größen
Epurateur.		
Volumen der Epurateurs	Kbm	3·3
Anzahl der Hordenschichten		4
Höhe eines Apparates	m	1
Horizontalquerschnitt eines Apparates . .	qm	1·65
Der Gasbehälter.		
Volumen des Gasbehälters	Kbm	580
Durchmesser des Behälters	m	12
Höhe	m	5·3
Mauerdicke	m	1·76
Blehdicke (nach Formel (3), Seite 478) .	mm	3
$\alpha_1 - \alpha = 50, D = 12, H = 5·3, T = 5, \gamma = 7800$		
Gasleitung.		
Länge der Hauptleitung	m	1000
Durchmesser des ersten Rohres, das von der Fabrik weggleitet (Tabelle Seite 487)	mm	151
Durchmesser der Röhren innerhalb der Fabrik $151 \sqrt{\frac{10}{24}}$	mm	100

Dispositionen zu kleineren und größeren Gaswerken.

Wenn nicht besondere Lokal- oder Eigenthumsverhältnisse einwirken, so gilt auch für Gaswerke, wie für alle technischen Anlagen der Grundsatz, dass die Disposition der Maschinen und Apparate durch die Reihenfolge der Prozesse bestimmt wird, die in der Fabrik vorkommen. In der Durchführung derselben sollen keinerlei Hindernisse entstehen und Alles soll auf die natürlichste und bequemste Weise durchgeführt werden können. Hat man einmal eine ganz zweckmässige Disposition für eine Fabrik von einer gewissen Grösse ausfindig gemacht, die also von der Art ist, dass sie eine systematisirte Aufstellung des Ganzen darbietet, so kann diese Aufstellungsweise, indem man sie wiederholt anwendet, auch für ganz grosse Fabriken gebraucht werden.

Es zerfällt nämlich dann das Ganze gleichsam in einzelne kleine Fabriken, in welchen eine organische Gruppierung vorhanden ist. Und dies ist denn auch der Grundgedanke, worauf die beiden Dispositionen beruhen, die wir nun näher beschreiben wollen.

Tafel XXV., Fig. 1 und 2 ist eine Disposition für eine kleinere, Fig. 3 und 4 eine Disposition für eine grössere Gasfabrik.

In beiden Anlagen ist:

a das Wohngebäude; es liegt dem Fabrikgebäude gegenüber, ist von den Orten, wo unreine Operationen vorgenommen werden, abgelegen und für die Beaufsichtigung der ganzen Fabrik günstig gelegen;

Bei i und k sind Aus- und Einfahrten, und ist es angemessen, dieselben mit Brückenwagen zu versehen;

c das eigentliche Retortenhaus. Bei dem kleineren Projekt ist nur eine Reihe, bei dem grösseren sind zwei Reihen angedeutet. Es ist selbstverständlich, dass bei dem grösseren Projekt die Zahl der Retortenöfen grösser gedacht werden muss, als bei dem kleineren;

b sind eine Reihe von kleineren gemauerten Kammern, theils für Steinkohlen, theils für Koks. Die Kohlenkammern werden von aussen gefüllt, zu welchem Behufe jede einzelne Kammer mit einer verschiebbaren Oeffnung versehen ist. Jede solche Kammer kommunizirt aber auch mit dem Innern des Retortenhauses durch eine verschliessbare Thür. Wenn die Fabrik im geregelten Gang ist, ist nur eine Kohlenkammer und eine Kokskammer geöffnet und dem Ofenheizer zugänglich, die übrigen bleiben geschlossen, bis an sie die Reihe zur Aufnahme und Abgabe kommt.

Auf diese Weise ist eine ziemlich sichere Materialkontrolle möglich.

An das Retortenhaus schliesst bei beiden Anordnungen das Reinigungshaus a an. Bei dem Projekt Fig. 1 und 2 ist längs einer Reihe ein vollständiges System von Reinigungsapparaten aufgestellt. Bei der Anordnung Fig. 3 und 4 sind zwei Systeme von Reinigungsapparaten nach zwei Linien aufgestellt. Für noch grössere Fabriken kann man entweder 3 oder 4 Systeme nach 3 oder 4 Linien aufstellen, oder man kann sämtliche Apparate nach einer einzigen geraden Linie hinstellen.

Ueber das Spezielle der Aufstellung der Reinigungsapparate werden wir uns weiter unten aussprechen.

f f sind die Gasbehälter. Bei dem kleineren Projekt ist nur einer derselben angenommen, bei dem grösseren sind 2 vorhanden. *h* enthält den Druckregulator, *i* ist ein kleines Geschäftsbureau, *g* die Hauptleitung.

Die Disposition der Reinigungsapparate und ihre Kommunikationsröhren sind auf Tafel XXIV., Fig. 1, 2, 3 angegeben. *a a*, die Condensatoren, *b b*, zwei Exhaustoren, *c c*, zwei Waschapparate, *d d*, *d₂*, *d₃*, vier Kalkreinigungsapparate, *e e*, zwei Scrubber, *f* die Gasuhr, *g* die Manometer.

Dieser Raum wird überhaupt als kleines chemisches Laboratorium benutzt.

Der Raum *h* gegenüber der Gasuhr ist ein kleines Magazin, das vorzugsweise bestimmt ist, den Reinigungskalk aufzunehmen. Auch werden daselbst die Weidengeflechte gereinigt und mit frischem Kalk versehen. Damit in dem Reinigungshaus die Kommunikationsröhren nirgends hinderlich sind, müssen dieselben unter den Boden gelegt werden, so dass über denselben nur die verschiedenen Schieber so weit hervorragen, als zur Stellung derselben nothwendig ist.

Die Art dieser Aufstellung der Apparate ist übrigens bereits früher bei ihrer Detailbeschreibung gezeigt worden.

Die zum Betrieb der Exhaustoren und Wasserpumpen erforderliche Dampfmaschine nebst Dampfkessel kann am zweckmässigsten in einem besonderen kleinen Anbau an das Retortenhaus verlegt werden, um die enorme Wärmemenge, die von den Retorten nach dem Kamin abzieht, wenigstens theilweise benutzen zu können. Auch kann daselbst eine kleine Schmiede angelegt werden, um insbesondere die an den Gasometern sich wiederholenden Reparaturarbeiten vornehmen zu können.