

1. Teil

Gasförderung, Gaskühlung und Teerscheidung

Von

Dr.-Ing. Fritz Wehrmann

Duisburg

A. Einleitung.

Der Abschnitt Gasförderung, Gaskühlung und Teerscheidung umfaßt den Weg und die Behandlung des Gases vom Austritt aus der Vorlage, durch die Betriebsrohrleitungen und die Vorkühlung über den Gassauger zur Teerscheidung und Nachkühlung.

Die Gassauger gehören nicht zur ursprünglichsten Einrichtung der Gaserzeugung, da es zunächst bei den aus einem Stück geformten (eisernen und feuerfesten) und in der Temperatur nicht zu hoch beanspruchten Retorten und den infolge noch nicht gesteigerter Reinheitsanforderungen noch nicht sehr umfangreichen Reinigungsapparaturen möglich war, das Gas mit dem eigenen Druck der Entgasung in den mit Gegengewichten entlasteten Behälter zu bringen. Auch jetzt wird in sehr kleinen Werken zur Vereinfachung und Verbilligung noch mehrfach ohne Gassauger gearbeitet. Das erfordert allerdings eine besondere Dichtheitspflege des Ofens und die Verwendung stückiger Kohle; ferner ist, weil infolge des fehlenden Druckes auch der Betrieb eines Stoßteerscheiders nicht möglich ist, eine Verklebung der Reinigermasse mit Teer und infolgedessen häufiger Reinigerwechsel nicht zu vermeiden.

Sowohl die zunehmenden Fördermengen, wie auch die Notwendigkeit, das Gas weitgehend zu reinigen, führten deshalb bald zur mechanischen Absaugung des Gases. Anfangs wurde vorwiegend mit Flügel-saugern und Kreiskolbengebläsen gearbeitet, weiter führten sich Drehkolbengebläse gut ein und für große Gasmengen auch Kreisradgebläse (Turbogebälse).

Die Güteforderungen für das Gas, insbesondere hinsichtlich des Gehaltes an inerten Bestandteilen, gaben Anlaß zur Saugungsregelung. Das Arbeitsgebiet der Regelung hat sich infolge der auf allen Gebieten der Technik steigenden Anforderungen sowohl hinsichtlich der apparativen Anordnung wie der betrieblichen Einordnung außerordentlich vielseitig entwickelt und daher auch im Gaswerks- und Kokereibetrieb weitgehende Anwendung gefunden. Es ist deshalb nachfolgend mit der Saugungsregelung das ganze Gebiet der Regler nach Aufbau und Anwendung eingehend behandelt, auch hinsichtlich anderer, im Betrieb vorkommender Aufgaben, wie Erzeugungs-, Gemisch-, Heizwertregelung u. a. m.

Die Kühlung wird je nach örtlichen und Betriebsverhältnissen und nach der Betriebsgröße sehr verschieden aufgebaut. Meist üblich ist eine Vorkühlung vor dem Sauger und Nachkühlung nach dem Teerscheider. Luft- und Wasserkühlung werden nebeneinander gebraucht oder auch Wasserkühlung allein. Die Tiefkühlung wird hier nicht be-

handelt, da sie grundsätzlich nicht eine besondere Form der Kühlung, sondern eine neue Form der Gasaufbereitung darstellt; es wird hierzu auf den Abschnitt Gastrocknung (III, 3) verwiesen.

Die Teerscheidung ist wegen der Eigenart der früher ausschließlich benutzten Stoßteerscheider herkömmlich zwischen Gassauger und Nachkühlung eingefügt, da diese Apparate an dieser Stelle die günstigsten Druck- und Temperaturverhältnisse fanden. An Stelle der Stoßteerscheidung findet die elektrische Teerscheidung in neuerer Zeit immer mehr Bedeutung und Anwendung, in Sonderfällen auch die Schleuderteerwaschung.

Die nachfolgenden Abschnitte enthalten neben den gerade auf diesen Gebieten oft althergebrachten, aber unverändert bewährten Einrichtungen besonders auch die neuzeitliche Entwicklung und Erfahrung. Sie zeigen, daß, wie auf allen Gebieten der Technik, so auch zur Lösung dieser verhältnismäßig einfach und selbstverständlich erscheinenden Fragen der Gasförderung und Gaskühlung vielerlei und vielseitige erfolgreiche Arbeit aufgewandt worden ist, und daß sich in mancher Hinsicht wesentliche Neuordnungen eingeführt haben oder anbahnen.

B. Gasförderung.

1. Gassauger.

Der Gassauger hat einerseits die Aufgabe, das Gas vollständig und ohne Verluste durch Überdruck in den Entgasungsräumen von diesen wegzufördern, andererseits den Druckverlust der Gaskühlung und Gasreinigung zu überwinden und schließlich das Reingas in den Gasbehälter zu drücken.

Die Saugleistung ist verhältnismäßig gering, zumal sie durch den Entgasungsdruck in der Kammer und durch die Wasserdampfkondensation in Vorkühlung und Ofengasleitung unterstützt wird. Die Druckleistung des Gassaugers ist wesentlich höher und je nach der örtlichen Betriebsanordnung verschieden groß. Die größten Druckverluste geben Stoßteerscheider mit Zahnglockentauchung und Reinigeranlagen mit ungeteiltem Strom, ferner Aktivkohleanlagen. Je nach Größe und dementsprechendem Druck der Gasbehälter erreicht immerhin auch bei mehrfachem Zusammentreffen stark druckverbrauchender Apparateanlagen und Rohrleitungen die Druckanforderung auf der Druckseite des Gassaugers kaum eine Höhe von über 1000 mm WS und liegt meist unter diesem Wert bei 500—900 mm WS.

Für die Größenbemessung der Gassauger fordern die Richtlinien¹⁾ eine stündliche Leistung von 5% der höchsten täglichen Gaserzeugung,

¹⁾ K. Bunte und H. Brückner, Gas- und Wasserfach 81 (1938), S. 43.

bzw. 0,4% der Jahreserzeugung. Betriebe mit stark schwankender Erzeugung sollen bis zu 8% der höchsten Tageserzeugung vorsehen.

Als Gassauger werden im Gaswerks- und Kokereibetrieb verwendet: Flügelsauger, Kreiskolben-, Drehkolben- und Turbosauger. Kolbenkompressoren und Vielzellenverdichter, die auf höhere Drucke arbeiten, sind für Gassaugung nicht üblich.

a) Flügelsauger.

Die in der Gasindustrie zunächst verbreitetste Form des Gassaugers war der Flügelsauger, der sich durch seine Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit außerordentlich bewährte. Deshalb sind selbst jahrzehntelang betriebene Anlagen dieser Art noch jetzt unverändert in Gebrauch.

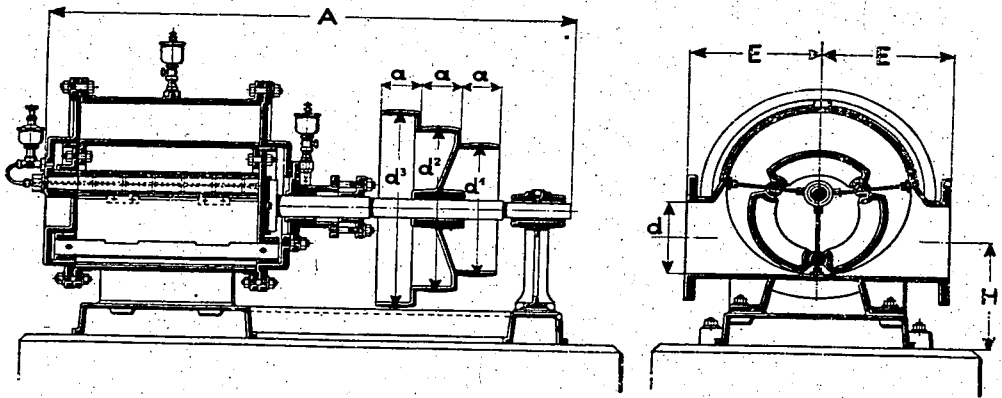


Abb. 1. Dreiflügliger Gassauger.

Der Flügelsauger besteht aus einem Saugergehäuse kreisförmigen Querschnittes (Abb. 1), die Gehäusewand trägt in der unteren Hälfte die Ein- und Ausgangsstutzen. Die Gasförderung wird durch einen zentrisch gelagerten und einen exzentrisch gelagerten Drehkörper ausgeführt. Der zentrisch gelagerte Körper trägt die auf feststehender Welle in Augen drehbar angeordneten Flügel; der exzentrische Antriebsteil liegt in der unteren Hälfte des Gehäuses, seine Welle ist mittels Stopfbüchse durch die eine Stirnseite zum Antrieb durchgeführt. Die obere Hälfte des Gehäuses bildet den eigentlichen Gasförderraum (Abb. 1).

Der Flügelteil besteht aus einer Hohlwelle, die an der dem Antrieb entgegengesetzten Stirnwand befestigt ist, durch diese wird die Schmierung der Flügelhalter zugeführt. Jeder Flügel sitzt auf der Welle mit 2—3 auf dieser drehenden Schellen. Zur Abdichtung der Flügel gegen die Gehäusewand wurden früher Schleifleisten gebraucht, die auf den äußeren Flügelkanten übergreifend lose aufgesetzt waren; sie wurden

durch eine gewellte Flachfeder, in einer Längsnute der äußeren Flügelfläche eingelegt, gegen die Trommelwand gedrückt. Diese auch heute noch anzutreffende Abdichtung wird neuerdings nicht mehr eingebaut, weil sie den Wirkungsgrad gegenüber sauber eingepaßten Flügeln ohne Leiste kaum verbessert, dagegen bei nicht ausreichender Schmierung zum Verschleiß des Gehäuseinneren führt. Die Flügel ohne Leisten erfordern weit weniger Schmierung, bei teerhaltigen Gasen kann sogar von Schmierung des Gehäuses abgesehen werden.

Die antreibende exzentrische Trommel wird in der dem Antrieb entgegengesetzten Stirnwand geführt. Sie ist in der den Flügeln entsprechenden Breite durchbrochen und trägt in diesen Öffnungen zur Führung jedes Flügels eine geschlitzte, drehbare Führungswalze; in diesen Schlitzen gleitend, werden die Flügel um ihren Drehpunkt bewegt. Dabei erfolgt nicht nur eine einfache Flügelradförderung; dadurch, daß der Gasförderraum oben in der Mitte einen breiteren Querschnitt hat, als zunächst der Aus- und Eintrittstutzen, bewirkt der von der Eintrittsseite in den sich vergrößernden Raum bewegende Flügel eine zusätzliche Saugung, und bei Weiterbewegung zu dem wieder verkleinerten Ausgangsquerschnitt einen zusätzlichen Druck. In dem Augenblick, in dem ein Flügel mit seiner Außenkante die obere Trommelwand verläßt und dem eingeschlossenen, unter Druck gesetzten Gas den Weg in den Austrittstutzen freigibt, entsteht jedesmal ein kurzer Gasstoß. Um diesen zu vermeiden, wird jetzt die Übergangskante vom Gehäuse zum Stutzen als »Druckausgleich« nicht geradlinig, sondern sägeblattartig gezahnt ausgebildet, so daß durch die Schlitze schon ein Teil des Druckes entspannt, bevor die Hauptmenge Gas freigegeben wird.

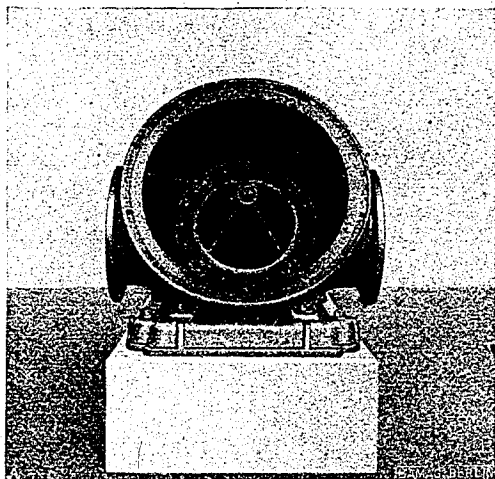


Abb. 2. Vierflügler Gassauger (Bamag).

Zur Schmierung der Hohlwelle werden Rüböl oder Spezialöle verwandt, die bei Zutritt von Gas und Teer nicht verkrusten. Das Gehäuse kann mit Teer ständig oder zeitweise berieselt werden.

Meist üblich sind dreiflügelige Sauger, die bis zu Leistungen von ca. 8000 m³/h gebaut werden. Neuerdings werden auch 4 flügelige Sauger von grundsätzlich gleicher Bauart ausgeführt (Bamag, Abb. 2). Diese haben den Vorteil, bei gleichen äußeren Gehäuseabmessungen eine um

30 bis 40% größere Ansaugleistung zu geben, als ein Dreiflügelsauger; sie werden auch bis zu Leistungen von 8000 m³/h hergestellt in entsprechend kleinerer Gehäuseform.

Die Umlaufzahlen des Flügel-saugers liegen bei normaler Belastung bei 70 bis 100 Umdr./min. Der Kraftbedarf beträgt für 1000 mm WS Gasdruckdifferenz etwa 6 bis 7 PS je 1000 m³ stündliche Förderleistung.

b) Kreiskolbensauger.

Das Kreiskolbengebläse wurde auf dem Grundgedanken des amerikanischen Roots-Gebläses weiterentwickelt und es wurde damit versucht, die Nachteile dieser damals noch ungenügend ausgeführten Ge-

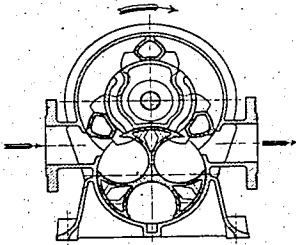


Abb. 3. Kreiskolbengebläse (Enke), Querschnitt.

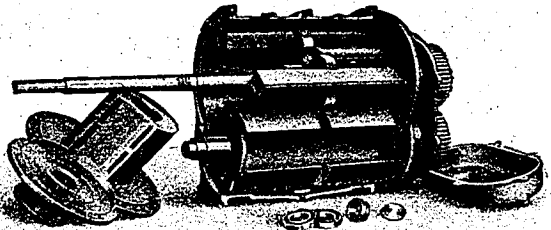


Abb. 4. Kreiskolbengebläse (Enke), Aufschnitt.

bläseart zu vermeiden. Die Nachteile des mit 2 zweiseitigen Drehkolben (vgl. später Drehkolbengebläse) arbeitenden Roots-Gebläses lagen vor allem darin, daß die Kolben, um nicht aneinander zu schleifen, sich nur mit schmalen Kanten nahe berührten (sog. Liniendichtung). Deshalb konnte, zumal bei der damals noch ungenauen Ausarbeitung, zuviel Gas von der Druckseite zur Saugseite zurücktreten. Die Verbesserung wurde beim Kreiskolbengebläse erreicht, einerseits durch dreiseitige Ausbildung der Drehkolben, andererseits durch breitere Überdeckung (Flächendichtung) der Arbeits- und Gehäusekanten. Die jetzige, seit Jahrzehnten bewährte Form, wurde von Enke entwickelt, ferner von Jaeger u. a. m.; sie wird auch als Kapselgebläse bezeichnet.

Das Gehäuse des Kreiskolbengebläses besteht aus 2 verschiedenen großen, teilweise ineinandergreifenden Zylindermänteln, an deren Überschneidungsstellen die Ein- und Austrittstutzen stehen (Abb. 3). In dem Gehäuse laufen 2 Kreiskolben verschiedener Ausbildung, im größeren Teil des Gehäuses der Arbeits- oder Flügelkolben, im kleineren der Steuerkolben (Steuerwalze).

Das Enke-Gebläse (Abb. 3 bis 5) ordnet den von durchgehender Welle angetriebenen Arbeitskolben oben an. Er besteht aus einem in Längsmittle auf die Stahlwelle aufgepreßten Gußscheibenkörper mit

Aussparungen und angegossenen 3 Doppelkolbenarmen. Der Steuerkolben ist eine Walze mit 3 kreisförmigen Längsaussparungen und schmalen Einschnitten auf Längsmittle, in die die Mittelscheibe des Arbeitskolbens zahnradartig abwälzend eingreift. Im Gegensatz zum Flügelsauger, bei dem die angetriebene Trommelwalze den Arbeitsteil im Gehäuse unmittelbar bewegt, ist beim Kreiskolbengebläse die Bewegung der beiden Kolben durch 2 auf der Antriebsgegenseite außen angebrachte Zahnräder miteinander gekuppelt. Die Wellen beider Kreiskolben sind hierzu mit Stopfbüchsen durch die Stirnwand geführt. Die Hohlräume zwischen den Kolbenarmen und dem Steuerkolben sind durch an den Stirndeckeln angegossene Füllkörper ausgefüllt. Die Kol-

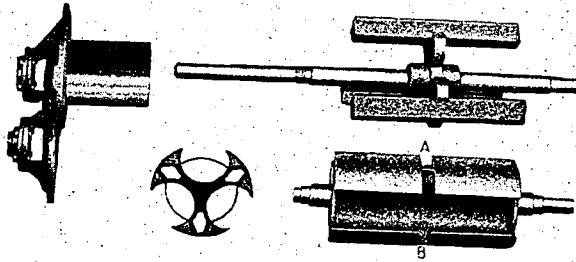


Abb. 5. Kreiskolbengebläse, Innenteile (Deckel, Flügel, Walze).

benarme des Arbeitskolbens bewegen sich also bei Drehung in einem durch diese Füllkörper gebildeten Ringraum, den sie mit äußerst geringem Spiel, aber ohne zu schleifen, vom Eintritts- zum Austrittsstutzen durchgleiten. Sobald ein Kolbenarm die von ihm vorgetriebene Gasmenge in den Ausgang abgegeben hat, greift er bereits in die eine Aussparung der Steuerwalze ein, die die Aufgabe hat, den Rücktritt von Druckgas auf die Saugseite zu verhüten. Bevor der nächste Kolbenarm den Austrittsstutzen erreicht, ist diese erste Steuerkolbenaussparung bereits durch die Füllkörperdeckelansätze gegen Ein- und Austrittseite hin durch breite Dichtflächen abgeschlossen. Die Aussparung füllt sich natürlich beim Eintritt des Kolbenarmes zugleich mit dem von diesem angebrachten Druckgas; sie führt es aber nicht mit auf die Eintrittseite zurück, sondern läßt beim Enke-Gebläse den Überdruck vor Verlassen der oberen Mittellage durch die in Abb. 3 und 4 ersichtlichen, in den Stirnwandfüllkörpern eingebrachten Überströmkanäle in die bereits wieder eine abgeschlossene Gasmenge fördernden Arbeitsräume zwischen den anderen Kolbenarmen zurücktreten.

Das Jaeger-Kreiskolbengebläse zeigt den grundsätzlich gleichen Aufbau; bei der üblichen liegenden Bauart ist aber der Steuerkolben oben angeordnet und der untere Kolben angetrieben. Der Arbeitskolben ist hier mit voller Kreisscheibe und der Steuerkolben mit dement-

sprechend bis fast zur Welle reichenden Mitteleinschnitten versehen (Abb. 6), der von dieser Kreisscheibe nicht berührte Steuerkolbenspalt in dem steuerkolbenseitigen Gehäuseteil ist deshalb mit einer feststehenden Füllscheibe versehen. Der Druckausgleich des zurücklaufenden Steuerkolbenraumes erfolgt durch taschenartige Aussparungen in den Stirndeckeln.

Die Kreiskolbengebläse werden sowohl in der vorerwähnten liegenden Bauart mit seitlichen Stützen, als auch für besondere Fälle in senkrechter Anordnung ausgeführt, d. h. mit auf gleicher Höhe nebeneinander liegenden Kolbenwellen, Eintritt meist oben, Austritt unten. — Für heiße Gase werden Kreiskolbengebläse im Hinblick auf die notwendige Genauigkeit des geringen Spiels zwischen Kolben und Gehäuse auch mit Wasserkühlung im Zylindergehäuse und in den Deckeln ausgeführt.

Die Umdrehungszahlen der Kreiskolbengebläse für 1000 mm WS Gasdruckdifferenz betragen bei Gebläsen von etwa 1000 m³/h aufwärts 400 bis 500 U/min, bei Klein-gebläsen auch mehr; bei geringerer Druckdifferenz 300 bis 400 U/min. Der Kraftbedarf beträgt für 1000 m³/h etwa 5 bis 6 PS, bei größeren Gebläsen auch unter 5 PS je 1000 m³/h. Sie werden gebaut bis zu Leistungen von 30000 m³/h.

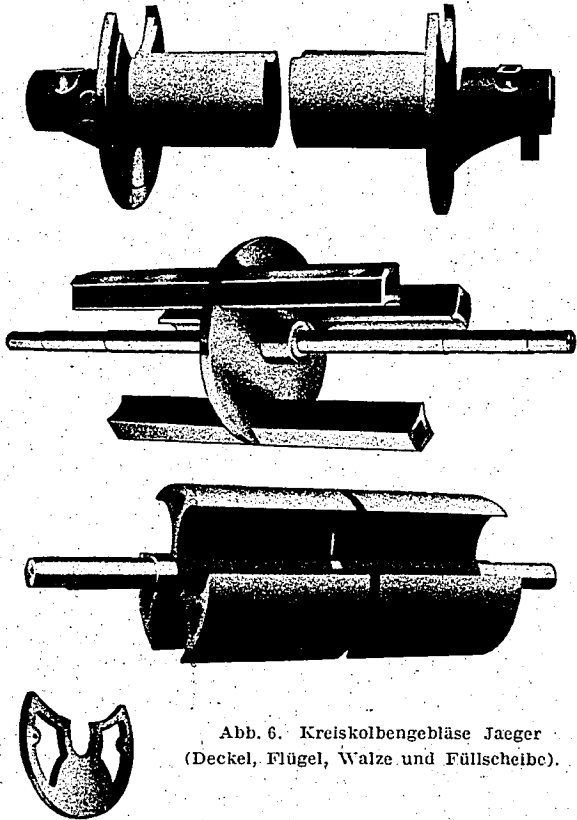


Abb. 6. Kreiskolbengebläse Jaeger
(Deckel, Flügel, Walze und Füllscheibe).

c) Drehkolbensauger.

Die Nachteile des ehemaligen amerikanischen Roots-Gebläses wurden oben (s. Kreiskolbengebläse) erwähnt. Es ist auch in seiner ursprünglichen Form mit zweiseitigen Kolben weiter entwickelt und verbessert

worden und hat auf dieser Linie ebenfalls seit langem bewährte Endformen erreicht, wie u. a. die Aerzener und die Spellna-Drehkolbengebläse.

Das Drehkolbengehäuse hat elliptischen Querschnitt. Die Gas- ein- und -austrittsstutzen liegen an den Breitseiten der Ellipse und können je nach Betriebsanordnung waagrecht oder senkrecht stehen. Die beiden Drehkolben von etwa achtförmigem Querschnitt drehen sich mittels durch beide Stirnseiten durchgehender Wellen (Abb. 7), die beider-

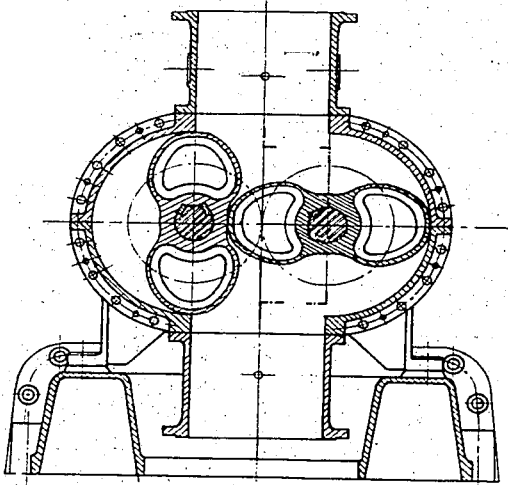


Abb. 7. Drehkolbengebläse.

seits in Kugellagern laufen. Die durch die Stirnwände führenden Stopfbüchsen haben nicht die Aufgabe, zu tragen, sondern nur abzudichten. Diesem Zweck entsprechend sind sie gut durchgebildet, z. B. verwendet das Aerzener Gebläse als 2. Dichtungsring eine Art Hohlring, aus dem etwa durchtretender Druck nach der Saugseite hin abgeführt wird. Im Gegensatz zu den Kreis- kolbengebläsen liegt die Zahnradkupplung der beiden Wellen nicht auf der Antriebsgegenseite, sondern antriebsseitig. Sie besteht aus 2 im allgemeinen mit Pfeil-

breiten Zahnrädern. Die Form (Querschnitt) der Drehkolben, ihr Zusammenbau und ihre Einfügung in das Gehäuse sind so ausgeführt, daß die gegenseitige Abwälzung störungsfrei erfolgt, daß die Kolben gegeneinander, wie gegen das Gehäuse jederorts genau und in möglichst breiter Fläche abdichten, aber ohne Reibung mit sehr geringem Spiel. Schmierung ist bei reinen Gasen weder erwünscht noch notwendig.

Drehkolbengebläse werden bis zu Leistungen von etwa 21 000 m³/h hergestellt, für mittlere wie für hohe Drucke und Umlaufzahlen. Für 1000 mm WS sind Umdrehungszahlen von 900 bis über 1000 U/min üblich, mit einem Kraftbedarf von 4,5 bis 5,0 PS je 1000 m³ Stundenleistung, bei größeren Gebläsen von 4 bis 4,5 PS.

Das Drehkolbengebläse hat vor dem Kreis- kolbengebläse den Vorteil eines relativ größeren, zur Mengenförderung verfügbaren Zylinder- raumes; ferner fehlen die im Kreis- kolben sehr erheblichen toten Räume, und durch die peinlich genaue Ausbildung von Kolbenform und Zu-

sammenbau ist die gegenseitige Abdichtung von Saug- und Druckraum der des Kreiskolbengebläses gleichwertig geworden. Die offensichtlich einfachere Bauart des Drehkolbengebläses ermöglicht auch dessen höhere Drehzahlen; der Ein- und Ausbau sowie die Kontrolle und Reinigung sind von den Stirnwänden sowie durch Querteilung des Gehäuses sehr erleichtert.

Die vorbeschriebenen, auf Verdrängerwirkung beruhenden drei Gebläsearten fördern im Gegensatz zu den Turbogebbläsen (s. unten) zwangsläufig eine ihrer Umlaufzahl entsprechende Gasmenge, kaum beeinflußt von wechselndem Gegendruck. Änderungen der Fördermenge dürfen daher nicht durch Drosselung der Ein- und Ausgangsschieber bewirkt werden, sondern ent-

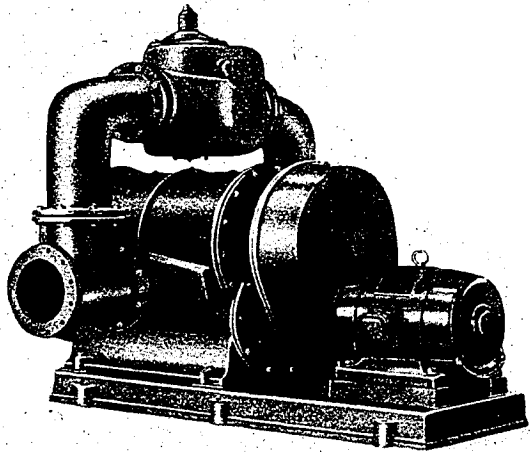


Abb. 8. Kreiskolbengebläse mit Umgang.

weder durch Drehzahlregelung des Gebläseantriebes oder durch eine Umlaufregelung, die eine zuviel geförderte Menge von der Druck- zur Saugseite zurücktreten läßt. Vielfach werden diese Rotationsgebläse mit unmittelbar angebautem Umgang mit Umlaufregler ausgeführt (Abb. 8).

d) Turbogebbläse (Kreiselradgebläse).

Mit der Zunahme der zu fördernden Gasmenge hat sich für große Betriebe das Turbogebbläse stark eingeführt, es ist aber auch in mittleren Betrieben anwendbar. Es beruht auf der Schleuderwirkung eines schnell rotierenden Laufrades, das das seitlich in der Radmitte zugeführte Gas mittels radialer Schaufelkanäle dem Umfang zuführt und es da mit großer Geschwindigkeit austreten läßt. Dadurch entsteht am Radinneren ein Unterdruck, der ständig weiter Gas nachsaugt.

Um die Gasgeschwindigkeit (Bewegungsenergie) möglichst weitgehend in Druck umzuwandeln, wird das Gas bei den mehrstufigen Turbogebbläsen über ein Leitschaufelsystem jeweils zum Schaufelrad der nächsten Stufe geführt, bei einstufigen Gebläsen durch eine sich stetig erweiternde Rohrspirale abgeleitet (Abb. 9).

Während, wie oben erwähnt, die Rotationsgebläse bei jedem Gegendruck praktisch die gleiche Gasmenge fördern und diese sich nur mit der Drehzahl ändert, ändert sich beim Turbogebbläse bei gleichbleibender

Drehzahl die Ansaugmenge mit dem Verdichtungsgrad bzw. dem Gegendruck so, daß jedem Druckverhältnis eine bestimmte Fördermenge entspricht. Ist der Gegendruck im wesentlichen gleichbleibend und die Drehzahl infolge der Bauart des Antriebes nicht zu verändern, so muß

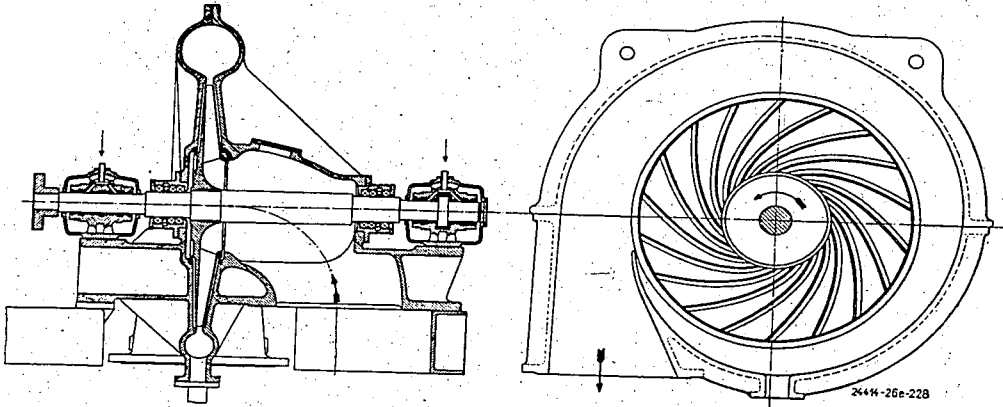


Abb. 9. Einstufiges Turbogebälse (Demag).

die Fördermenge durch Drosselung des Zustromes in der Saugseite beeinflußt werden, und es ist in solchem Falle natürlich Voraussetzung, daß das Gebläse für die höchste zu fördernde Menge bemessen ist. Drosselung in der Druckseite ist zur Leistungsanpassung nicht wirtschaftlich, weil dabei der Kraftverbrauch nicht verringert wird.

Diese gegenseitigen Beziehungen von Fördermenge, Antriebskraft und Druckleistung werden für jedes Turbogebälse durch »Kennlinien« ausgedrückt.

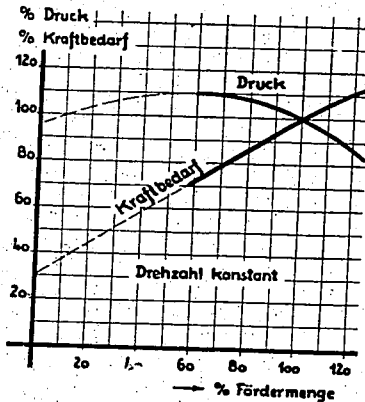


Abb. 10. Druck und Kraftbedarf bei gleicher Drehzahl in Abhängigkeit von der Fördermenge.

Abb. 10 zeigt schematisch den Verlauf von Druck und Kraftbedarf in Abhängigkeit von der Fördermenge bei gleichbleibender Drehzahl; der Verlauf dieser Kennlinien ist je nach der dem Verwendungszweck angepaßten Ausbildung des Turbogebälse verschieden. Abb. 11 gibt ein Beispiel der Kennlinien eines Gebläse, das bei gleichbleibendem Druck die Fördermenge durch Drehzahländerung regelt. Dünn ausgezogen sind oben die jeder Drehzahl entsprechenden Druckkennlinien, unten die ebenfalls entsprechenden Kraftkennlinien. Gemäß der durchgezogenen Solldrucklinie ist für jede Fördermenge der entsprechende

Kraftbedarf abzulesen und die Verbindung dieser Punkte ergibt die dem gleichbleibenden Druck entsprechende Kraftkennlinie. Im Gegensatz hierzu gibt Abb. 12 die Kennlinien eines Turbogebläses, bei dem der Druck ohne Drehzahlregelung nur durch Drosseln geregelt wird. Die Drosselung darf nicht zu weit getrieben werden, da das Gebläse links vom Scheitelpunkt der Druckkennlinie nicht mehr einwandfrei arbeitet,

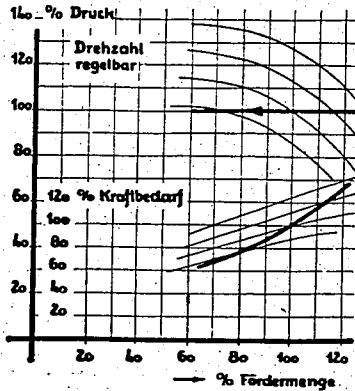


Abb. 11. Drehzahlregelung auf konstanten Druck.

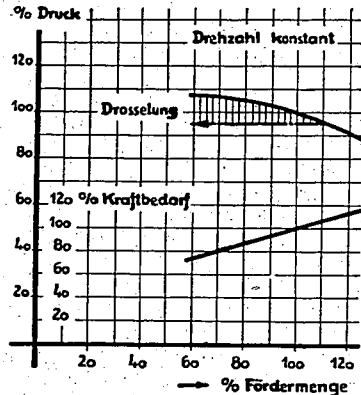


Abb. 12. Drosselregelung auf konstanten Druck.

z. B. nach Abb. 12 bei Drosselung unter 60% der Normalfördermenge. Ebenso ist eine Überschreitung der Druckkennlinie bei gleichbleibender Fördermenge (z. B. durch Widerstandserhöhung auf der Druckseite) nicht angängig, da dann die Förderung unstetig wird und zu dem sog. »Pumpen« des Gebläses führt.

Turbogebläse werden mit 1 bis mehreren Laufrädern hergestellt. Abb. 13 zeigt einige dieser Möglichkeiten, a) einstufig-einseitig, b) dreistufig-einseitig, c) einstufig-doppelseitig, d) dreistufig-doppelseitig.

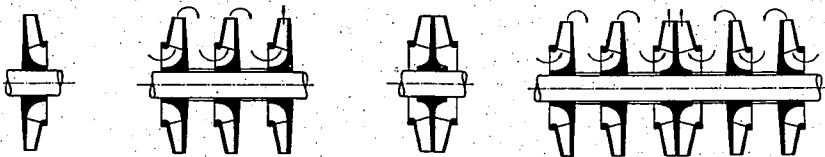


Abb. 13 a bis d. Ein- und mehrstufige, ein- und zweiseitige Turbogebläse (Jaeger).

Der durch ein Laufrad erzeugbare Druck ist begrenzt durch die dem Material zuzumutende Umlaufgeschwindigkeit, die höchstens etwa 170 m/s am Radumfang betragen darf. Diese Grenzgeschwindigkeit bewirkt für Luft eine Pressung um das 1,8fache, also von 1,0 ata auf

1,8 ata oder auf 8 m WS. Die angesaugte Gasmenge ist vom spez. Gewicht unabhängig, das Gebläse saugt also von jedem Gas gleich viel an. Wohl aber ändern sich Druck und Kraftbedarf proportional zum spez. Gewicht. Daher ergeben leichtere Gase niedrigere Drucke, oder sie benötigen für den gleichen Druck höhere Drehzahlen oder mehrstufigen Aufbau des Gebläses.

Die für Gas-Turbogebläse üblichen Drehzahlen liegen bei 3500 bis 4500 U/min. Der Kraftbedarf kann nicht überschlägig angegeben werden, da er nach der Größe, Belastung, Druckleistung usw. sehr verschieden sein kann und deshalb von den Firmen nur von Fall zu Fall berechnet wird.

Kokerei- und Stadtgas erreichen entsprechend ihrem unter 0,5 liegenden spez. Gewicht nur die etwa 1,3fache Pressung gegenüber Luft bei gleichen Voraussetzungen, also bis zu 3000 mm WS. Da Drucke über 1000 mm WS im Gaswerkbetrieb kaum vorkommen, ist für Gas-sauger im allgemeinen mit einstufigen Turbosaugern auszukommen. Diese werden für Leistungen von 400 m³/h an bei geringen Drucken, bis zu etwa 30000 m³/h bei 1000 mm WS und mehr Gegendruck hergestellt, einige Firmen bauen aber auch nur Einheiten von mehreren 1000 m³ Stundenleistung an.

Ist mit sehr schwankender Beanspruchung des Turbosaugers zu rechnen, so muß geprüft werden, ob bei geringer Leistung die obenerwähnte nachteilige Unterbelastung eintreten kann. In solchem Falle ist es wirtschaftlicher, zwei kleinere Turbosauger aufzustellen. Derselbe Zweck wird erreicht mit einem einstufigen doppelseitigen Sauger (vgl. Abb. 13c), bei dem bei Unterbelastung die eine Laufradseite abgesperrt werden und leer mitlaufen kann.

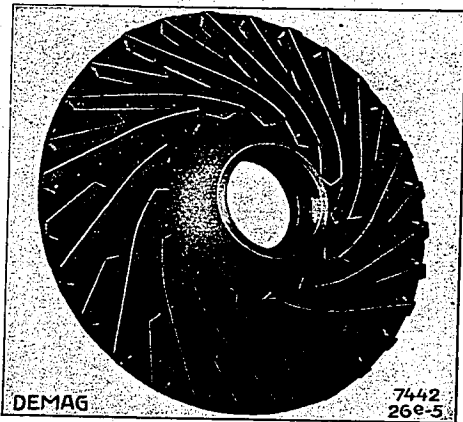


Abb. 14. Turbogebläselaufrad ohne Deck-scheibe (Demag).

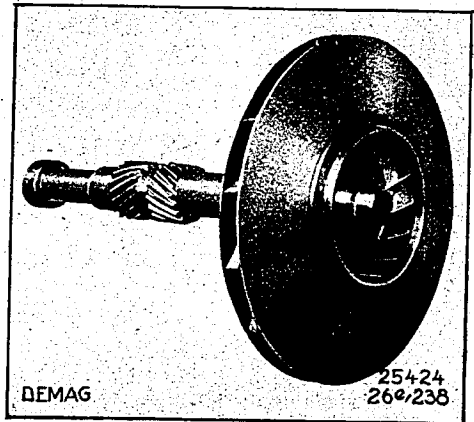


Abb. 15. Turbogebläselaufrad zusammen-gebaut.

Die Hauptteile des Turbogebläses sind: Laufrad mit Welle und Lagerung, sowie das Gehäuse. Die Welle wird bei kleinen Gebläsen auch fliegend, also ohne Gegenlager, gebaut (Abb. 15), bei stärkeren Ansprüchen aber beiderseits des Laufrades gelagert. Das Laufrad besteht aus den 2 Deckscheiben und den zwischengebauten Schaufelkanälen, durch deren besondere Durchbildung die Gebläsewirkung leistungssteigernd beeinflusst werden kann. Abb. 14 zeigt ein Laufrad ohne vordere Deckscheibe, Abb. 15 dasselbe fertig zusammengebaut.

Die Abdichtung des Laufrades gegen Welle-bzw. Gehäuseteile erfolgt durch Labyrinthdichtungen, die zwar theoretisch nicht absolut dicht erschei-

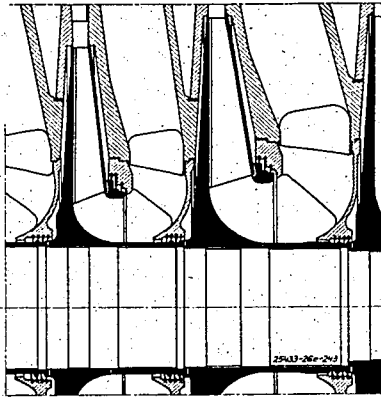


Abb. 16. Dichtungen an der Turboverdichterwelle (Demag).

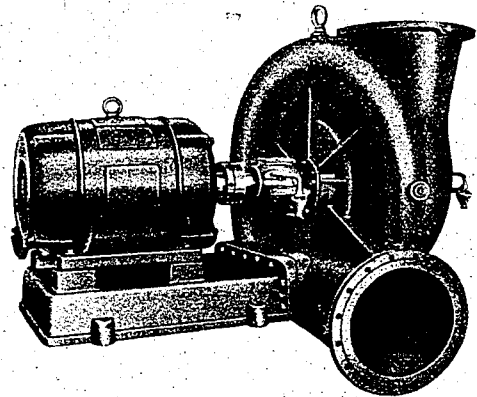


Abb. 17. Turbogebläse mit Stutzenlage 90° (Enke).

nen, praktisch aber den Dichtheitsanforderungen voll genügen (Abb. 16). Die Durchführung der Welle durch das Gehäuse wird mit federgepreßten Kohleringen gedichtet. Die Lager erhalten Ringschmierung oder Preßölschmierung und bei Förderung warmer Gase oder auch bei starker Dauerbeanspruchung eine Wasserkühlung. Die Lager müssen für Aufnahme

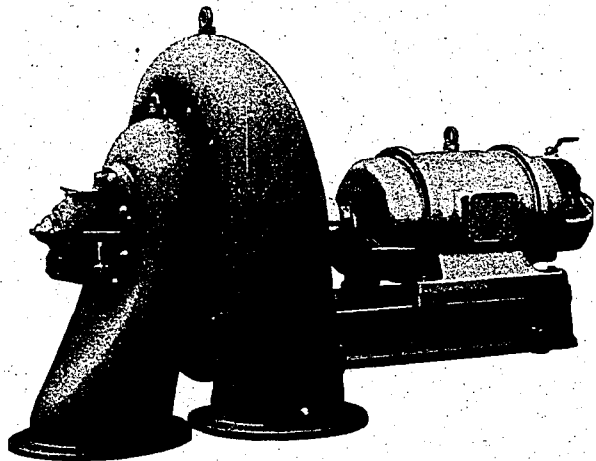


Abb. 18. Turbogebläse mit parallelen Stutzen (Jaeger).

geringer Axialschübe ausgebildet oder mit Drucklager zur genauen Einstellung der Wellenlage versehen sein.

Die Zu- und Ableitung des Gases kann durch Ausbildung des Saugerhäuses jeder Betriebsanlage angepaßt werden. Abb. 17 und 18 zeigen Anordnungen für verschiedene und gleiche Richtung der Gasein- und -austrittstutzen. Zur leichteren Reinigung und Kontrolle wird das Gehäuse bei kleineren und einstufigen Einheiten zum seitlichen Öffnen eingerichtet, bei größeren Einheiten waagrecht geteilt zum Abheben des Oberteils.

e) Antrieb der Saugermaschinen.

Rotationsgebläse (Flügel-, Kreiskolben- und Drehkolbensauger) lassen sich sowohl über Transmission wie mit jeder langsam laufenden Antriebskraft, wie Dampfmaschine oder Gasmotor, zweckmäßig und wirtschaftlich antreiben. Bei Transmission ist Stufenscheibenübertragung notwendig, um einige Anpassung an wechselnden Bedarf zu ermöglichen. Im übrigen übernimmt die Betriebsschwankungen meist ein Umlaufregler, soweit nicht eine weitergehende Regelung vorgesehen ist (vgl. Regler).

Auch elektrischer Antrieb für Saugermaschinen ist in neuerer Zeit öfter in Gebrauch gekommen; dabei sind die nach den Vorschriften für gasgefährdete Räume gegebenen Ausführungsformen zu verwenden, also Durchzugtypmotore, deren Lüftungszu- und -ableitungen ins Freie führen, oder Kurzschlußläufermotoren. Die Elektroantriebe im Gaswerkbetrieb behandelt umfassend Ipfelkofer¹⁾.

Turbosauger lassen sich wegen ihrer hohen Umlaufzahl vorteilhaft unmittelbar mit Dampfturbine kuppeln; auf deren Drehzahlregelung ist später zurückzukommen. Ebenso ist bei geeigneter Lage der Drehzahl unmittelbare Kupplung mit Elektromotoren möglich, bei höherer oder niederer Drehzahl unter Zwischenschaltung von Über- oder Untersetzungsgetrieben oder von drehzahlregelnden Getrieben (s. Regler).

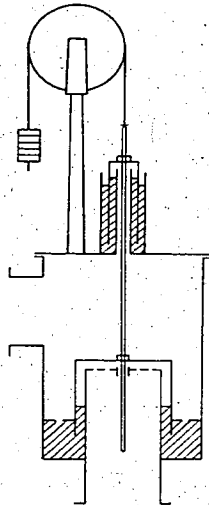


Abb. 19. Sicherheitsstopf.

Da bei elektrischem Antrieb eher mit Ausfall durch Stromstörung zu rechnen ist, sind für diesen Fall besondere Vorsichtsmaßnahmen notwendig, insbesondere durch Bereitstellung eines Aushilfsantriebes, z. B. durch einen Gasmotor. Als Aushilfsantrieb für elektrisch betriebene Turbosauger eignet sich insbesondere die Dampfturbine. — Eine weitere Vorsorge gegen Störungen im Saugerbetrieb ist ein Sicherheitstopf auf

¹⁾ J. Ipfelkofer, Gas- und Wasserfach 81 (1938), S. 266.

der Saugseite der Saugmaschine, d. h. eine über Dach führende Ausblaseleitung, in die eine mit entlasteter Schwimmerglocke einstellbare Wassertauchung eingebaut ist (Abb. 19); diese wird so eingestellt, daß bei Ausfall der Saugung schon ein sehr geringer Druck in der Saugleitung genügt, um das Gas auf der Saugseite abblasen zu lassen und dadurch zu starke Drucksteigerung an den Öfen zu vermeiden. — Weiterhin sind bei elektrischem Antrieb zuverlässige, den Stromausfall anzeigende Alarmvorrichtungen vorzusehen, z. B. eine akkumulatorgespeiste elektrische Sirene oder eine Wasserturbinensirene, deren Wasserdruckspeisung im normalen Betrieb durch einen mit Elektromagnet geschlossen gehaltenen Schnellschlußschieber gesperrt ist und bei Stromausfall sich selbsttätig öffnet.

2. Betriebsrohrleitungen und Kondensatgruben.

Für die Bemessung der Betriebsrohrleitungen geben die »Richtlinien für Größenbemessung von Gaswerkseinrichtungen (Berliner Normen)«¹⁾ folgende Vorschrift: Mittlere Geschwindigkeit des Gasstromes in m/s

	a) bei Großanlagen:	b) bei kleinen Anlagen:
vor den Kühlern	bis 6 m/s	1,5 bis 2,5 m/s
nach den Kühlern	» 8 »	2,5 » 4 »

Die Größenordnung zeigen folgende Beispiele: Ein kleines Werk braucht für 9000 m³ Tagesleistung vor den Kühlern eine Leitung von 300 bis 250 mm l. W., nach den Kühlern 200 bis 150 mm l. W. als Mindestmaß. — Für Tagesleistung von 100000 m³ ist bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 6 m/s eine Leitung von 500 mm l. W. vor den Kühlern notwendig, nach den Kühlern würde bei 8 m/s schon 450 mm l. W. genügen. — Im allgemeinen dürften die wirklich angewandten Betriebsrohrdurchmesser über diesen Werten liegen.

Der in den Richtlinien gegebene Unterschied zwischen den Leitungen vor und nach den Kühlern berücksichtigt das vor den Kühlern sehr erhebliche zusätzliche Wasserdampfvolumen im Gas; die Unterscheidung der Zahlen für große und kleine Werke beruht auf der zumeist mehr oder weniger weitgehenden Durchbildung der Sauger und Saugungsregler in den Betrieben verschiedener Größe.

Auf den Luftkühlercharakter länger freiliegender Ofengasleitungen wird unter »Gaskühlung« hingewiesen. — Bis zur Beendigung der Kühlung muß für ausreichende Abführung der in den Rohrleitungen und Apparäten anfallenden Teer- und Rohwasserkondensate gesorgt werden. Hierzu dienen Abflußsiphons, deren Abfluß durch eine Sammelleitung zur Teerscheidegrube geführt wird, oder in einen Sammelbehälter fließt, der durch schwimmergesteuerte Elektropumpe zeitweise zur Scheidegrube übergepumpt wird.

¹⁾ K. Bunte und H. Brückner, Gas- und Wasserfach 81 (1938), S. 43.

Die Bauhöhe dieser Siphons muß den in der Apparateanlage im Höchsthalle zu erwartenden Druck um ein ausreichendes Sicherheitszumaß überschreiten. Da aber bei außergewöhnlichen Störungen, z. B. bei erhöhten Druckverlusten im Teerscheider oder in der Reinigung, bei Bildung von Wassersäcken infolge Verstopfung eines Siphons, unter Umständen auch durch Fehlschaltungen bei Umstellungen, größere Drucke eintreten können, ist ein Sicherheitstopf auch auf der Saugdruckseite mit Ausblaseleitung über Dach sehr zweckmäßig, in der für den saugseitigen Sicherheitstopf (Abb. 19) gezeigten Anordnung, nur mit entsprechend höherer Wassertauchung.

In der Gesamtanordnung der Betriebsrohrleitungen¹⁾ muß für die Möglichkeit verschiedenster Schaltungen gesorgt werden, damit später notwendige Änderungen oder Instandsetzungen bzw. Erneuerungen von Apparaten ohne Betriebsstilllegungen ausgeführt werden können. Die zweckmäßigste Form hierfür ist die Ausbildung zweier paralleler Systeme, die, nur mit Querverbindungen versehen, im allgemeinen zusammen, notfalls auch einzeln arbeiten können.

Die von den Ofenvorlagen und den Kondensatsyphons der Betriebsrohrleitungen, Kühler und Teerscheider abfließenden Teer- und Rohwassermengen werden je nach deren räumlicher Anordnung in einer oder mehreren Kondensatleitungen, jedenfalls möglichst zusammengefaßt, zur Scheidegrube oder zu sonstigen Scheidebehältern geführt; diese Leitungen müssen mit genügendem Gefälle verlegt sein (nicht unter 1 : 40¹⁾), mit möglichst wenig scharfen Ecken und ausreichenden Putzdeckeln, die Kontrolle und Reinigung während des Betriebes gestatten.

Die Trennung in der Scheidegrube ist, da das spezifische Gewicht des Teeres 1,1 bis 1,2, das des Rohwassers 1,01 bis 1,02 beträgt, an sich einfach; auf einige auftretende Schwierigkeiten ist noch zurückzukommen. Der Einlauf der Kondensate in die Scheidegrube kann frei über der Oberfläche erfolgen, besser wird er durch eine bis in den Teer hinabreichende Leitung eingeführt; dadurch können Leichtteere und Teeremulsionsmengen noch im Teer festgehalten werden, die sonst als Schwimmteer auf oder im Rohwasser verteilt bleiben. Trotzdem ist etwas Abscheidung von Schwimmteer auf dem Wasser nicht zu vermeiden, deshalb muß der Abfluß zur Rohwassergrube durch eine vorgebaute Tasche gegen Schwimmteer geschützt werden.

Die Entnahme des Teeres aus der Scheidegrube geschieht durch ein nicht ganz bis zum Boden reichendes Rohr, dessen Ablauf sich in solcher Höhe befinden muß, daß das Gewicht der darin bis zum Ablauf stehenden Teersäule durch das Gewicht der Teer- und Wassersäule in der Grube bis zum Wasserablauf überwogen wird. Im allge-

¹⁾ H. Winter, Taschenbuch f. Gasanst. u. Kok., Halle 1928, S. 139.

meinen wird der Höhenunterschied zwischen Teer- und Wasserablauf etwa 100 mm gehalten¹⁾. Während man das Wasser ständig ablaufen läßt, ist es üblich, die Teerleitung durch einen Schieber abzuschließen und den Teer z. B. täglich einmal ablaufen zu lassen, so daß er genügende Zeit zur Trennung hat; bei freiem Teerablauf muß der Höhenunterschied der Abläufe den örtlichen Wichten der Flüssigkeiten entsprechen.

Um Verdunstungsverluste des Ammoniakwassers einzuschränken, kann das von den Ofenvorlagen kommende heiße Gemisch in Kondensatkühlern abgekühlt werden, für deren Kühlung Kühlerabwasser oder für die Kokslöschung bestimmtes Wasser dient. Diese Kühlung darf nicht zu weit getrieben werden, weil zu kalter Teer feinverteilte Wasserreste schwer abgibt. Die Kühlung des Heißkondensates darf deshalb nur so weit gebracht werden, daß nach Mischung mit den Kaltkondensaten von Kühlern und Teerscheider noch etwa 50° in der Scheidegrube gehalten werden.

Schwierigkeiten in der Teerscheidung treten öfter auf und können nicht immer eindeutig erklärt werden. Hoher Gehalt an freiem Kohlenstoff, von Teerackung oder mitgerissenem Kohlenstaub herrührend, hält Wasser emulsionsartig fest, jedoch kann eine Grenze für diesen Kohlenstaubgehalt nicht angegeben werden. Ein Zusammenhang zwischen hohem Wassergehalt im Teer und starkem Kammerdampfen ist wiederholt vermutet worden, hat sich aber bei eingehenden Betriebsbeobachtungen nicht bestätigt. Bei Öfen mit wandernder Ladung, ebenso bei Zusammentreten von Schwelteer mit Hochtemperaturteer, treten Schwierigkeiten durch leicht emulgierende Urteer-Bestandteile auf. — Auch die allmähliche Anreicherung von Dickteerbestandteilen auf der Grubensohle verschlechtert den Teer und seine Trennfähigkeit, weshalb je nach Grubengröße in bestimmten Zeitabständen deren Reinigung nicht vernachlässigt werden darf. Zur Vermeidung von Betriebsschwierigkeiten ist hierzu eine Unterteilung in zwei Teergruben ratsam.

Die Grundforderung für gute Teerscheidung ist genügend großer Grubenraum und damit genügende Zeit zum Abscheiden, ferner, wie erwähnt, nicht zu niedrige Temperatur. Als Richtlinie für die Grubengröße wird der Raum für eine maximale Monatsmenge angegeben¹⁾. In schwierigen Fällen hat sich das Einbringen von Dampfheizschlangen in die Teergrube erfolgreich gezeigt.

Gemauerte Gruben haben den Nachteil, daß ihre Wandungen schwer dicht zu halten sind, weil die Mauerung bei den betriebsüblichen Temperaturen reißt und Nachverputzen aussichtslos ist. Diesen Schä-

¹⁾ Lunge-Köhler, Industrie des Steinkohlenteers u. Amm., Braunschweig 1912.

den kann bei Neueinrichtung vorgebeugt werden, entweder durch sorgfältig aufgebaute, von außen nach innen dichter ausgebildete Betonmischung (Gaswerk Dresden), oder durch Bau einer Doppelwand mit einer Zwischenlage aus nicht reißen dem Asphalt, Bitumen oder bituminösem Mörtel, z. B. Hydrasphalt oder Aristogen-Asphalt-Emulsion.

Ist aus räumlichen Gründen eine Erweiterung der Gruben nicht möglich und der Teer zu wasserhaltig, so ist die Erstellung eiserner Teerhochbehälter in Betracht zu ziehen, die mit Dampfheizung zur Nachentwässerung versehen und so aufgestellt werden, daß sie unmittelbar als Verladebehälter dienen.

Eine weitere, neuerdings sehr bewährte Arbeitsweise auf wasserarmen Teer ist das Zentrifugieren. Dieses wird mit langsam laufenden Turbinen (ca. 2000 U./Min.) oder besser mit schnell laufenden „Separatoren“ (über

3000 U./Min.), ausgeführt. Als letzterer ist besonders der De Laval-Teerseparator (Bergedorfer Eisenwerk A. G.) in verschiedenen Werken in Gebrauch, ähnlich arbeitet der Westfalia-Teerseparator. Abb. 20 zeigt die schematische Anordnung einer Teeraufbereitung mittels Separator. Aus einem heizbaren Hochbehälter fließt der von der Scheidegrube oder der Teersammelgrube zugepumpte Rohteer unmittelbar in den Separator, der mit Riemenscheibe oder angekuppeltem Motor angetrieben wird. Aus den Ausläufen wird wasserarmer Teer, Ammoniakwasser und Schlamm getrennt abgeleitet, oder der Schlamm wird in der Trommel fest abgeschieden und zeit-

- 1 Scheidegrube
- 2 Dampfbeheizter Absatzbehälter
- 3 Teerseparator
- 4 Entwässertes Teer zu den Lagerbehältern
- 5 Wasser zur Scheidegrube

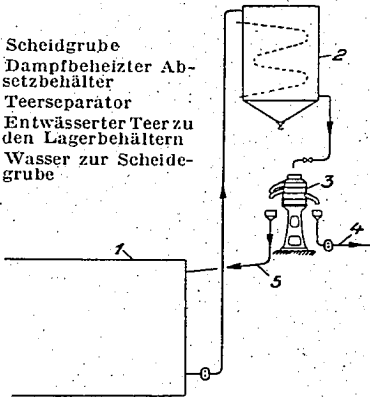


Abb. 20. Aufstellung eines Teer-Separators.

weise herausgeholt. Auf diese Weise wird Teer von 10—20% Wasser auf 4—1% entwässert, mit einem Kraftbedarf von 1 bis 1,5 kWh je t Teer. Für sehr schlammreiche Teere ist besondere Ausführung des Separators und ein Vorsieb notwendig.

Hinsichtlich der Ammoniakwassergruben sind zwei verschiedene Einteilungen möglich und in Gebrauch. Oft üblich ist eine Rohwassergrube, die alles Rohwasser aufnimmt und aus der das zur Vorlagen- und Kühlerberieselung, sowie das zur Ammoniakfabrik zu schickende Wasser wieder herausgeholt wird. Vorteilhafter ist die Anordnung einer Starkwasser- und einer Schwachwasser-Grube. In die Starkwassergrube wird der stets stärkere und teerfreie Ablauf der Ammoniakwäscher gebracht, ferner der durch nochmaligen Ablaufschutz weitgehend teerfrei zu haltende Überlauf der Schwachwassergrube. In letztere läuft

alles Wasser aus der Scheidegrube und aus ihr werden alle Berieselungswässer geholt. Die Ammoniakfabrik erhält nur Wasser aus der Starkwassergrube, das infolge des höheren Ammoniakgehaltes verhältnismäßig weniger Dampf zum Abtreiben erfordert.

3. Regler.

a) Zweck und Arten der Regler.

Die Gasentwicklung eines Kohleinsatzes verteilt sich entsprechend der Natur der Entgasung und Koksbildung sehr ungleichmäßig auf die gesamte Entgasungszeit. Die Ungleichförmigkeit ist besonders groß bei kurzer Garungszeit mit hohen Kammertemperaturen, geringer bei längerer Garungszeit mit weniger schroffer Aufheizung der Kammerfüllung. Bei Naßbetrieb oder Spüldampfzusatz wird der Mengenabfall zu Ende der Ausstezeit durch die Wassergaserzeugung überdeckt. — Ein Beispiel gibt in Abb. 21¹⁾ die Entgasungskurve einer 3-t-Kammer mit 12 h Ausstezeit, davon die letzten 2 h gedampft.

Trotz der neuzeitlichen beständigen Kammerbauarten und Versteifungen sind Undichtigkeiten zwischen den Kammerwandsteinen, an den Füll- und Entleerungsdeckeln bzw. Ofentüren usw. auf die Dauer nicht ganz zu vermeiden. Daher würde eine stets gleichstark arbeitende Saugermaschine entweder auf die Höchstmenge eingestellt unwirtschaftlich oder zu stark saugen, oder auf eine Mindermenge eingestellt, zeitweise nicht ausreichend saugen, also Verluste ergeben. Um die größte Menge Gas von bester Beschaffenheit mit geringster Fremdansaugung zu erhalten, ist also eine Saugungsregelung erforderlich. Die Idealform dieser Regelung ist ihre Anpassung an die Gaserzeugung des einzelnen Kohleinsatzes; hiermit ist die beste Ausbeute gewährleistet (vgl. später Vorlagenregler). Aus Gründen der Anlagewirtschaftlichkeit und der Einfachheit der Überwachung ist aber vorwiegend eine gleichbleibende Gesamtabsaugung in Gebrauch; ihre Saughöhe richtet sich nach den Güteanforderungen an das erzeugte Gas. Die Richtlinien des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern für Stadtgas (Krummhübler Richtlinien) begrenzen den Gehalt an Inerten, $\text{CO}_2 + \text{N}_2$,

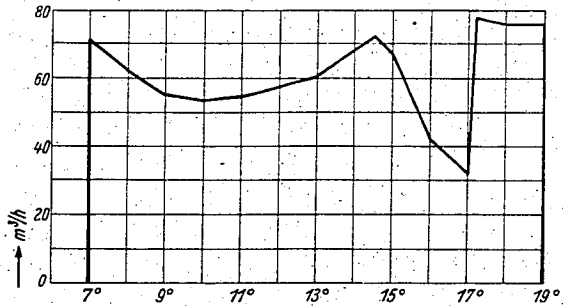


Abb. 21. Stündliche Gaserzeugung in 12 h Ausstezeit.

¹⁾ F. Wehrmann, Deliwa-Ztg. 1935, S. 210.

mit 12%, anzustreben ist, aber ein Gehalt von höchstens 10% Inerten. Bei Stadt- und Kokereigasen mit höherem Heizwert von 4500 bis 4600 kcal sind auch Inertgehalte von 15% und mehr in Gebrauch. Zu hoher Inertgehalt des Abgabegases, also des Erzeugungsdurchschnitts, kann bei hohem CO_2 -Gehalt, wie auch bei hohem N_2 -Gehalt sowohl durch Luftzutritt mit Vorverbrennung in der Kammer, als auch durch Rauchgasansaugung verursacht sein, in beiden Fällen ist ungleichmäßige Saugung die Grundursache und erweist die Notwendigkeit, sie gleichmäßig zu halten. Es ist grundsätzlich natürlich möglich, den Antrieb der Saugmaschine zu überwachen und von Hand den Betriebsanforderungen anzupassen. Praktisch wird aber der Maschinist nie in der Lage sein, sich dieser Überwachung im notwendigen Maße zu widmen. Deshalb haben sich selbsttätige Regler immer mehr eingeführt und haben infolge der allgemein gesteigerten Anforderungen der Technik eine weitgehende und vielseitige Durchbildung erfahren.

Für die Saugungsregelung werden verschiedene Wege teils getrennt, teils nebeneinander gewählt. Die Regelung kann an der Saugmaschine ansetzen und deren Leistung unmittelbar beeinflussen, oder sie kann bei gleichbleibender, das Mindestmaß überschreitender Leistung durch Rückleitung eines Teils des geförderten Gases zur Saugseite die neuangesaugte Gasmenge ändern (Umlaufregelung). Andererseits kann die Regelung unmittelbar oder nahe an der Erzeugungsstelle angesetzt werden und die Stärke der Saugung durch eine Drosselklappe regeln. Auf die Umlaufregelung wird auch bei Gebrauch der Drosselklappenregelung meist nicht verzichtet.

Neben der für alle Gaswerke einheitlich wichtigen Saugungsregelung treten örtlich verschieden je nach Betriebsverhältnissen eine ganze Reihe besonderer Regelforderungen in der Gaserzeugung auf. Einmal kann die Voraussetzung ein einzuhaltender Soll-Druck sein. Beispiele hierfür sind die Winddruckregelung im Generatorenbetrieb und die Generatorgasdruckregelung für Ofenbeheizung. — Weiter kann eine Sollmenge gefordert sein, z. B. für eine wahlweise einzustellende Starkgasmenge für Ofenbeheizung zum Zwecke des Erzeugungsausgleichs. — Schließlich sind die verschiedensten Gemischregelungen auszuführen, die teils von einem einzuhaltenden Heizwert ausgehen, teils vom Mengenverhältnis. Hiervon ist am gebräuchlichsten die Mischung von Ofengas mit Wassergas, ferner auch von Ofengas mit Generatorgas, Doppelgas, Klärgas sowie auch in Sonderfällen Mehrfachgemische dieser Gasarten (vgl. S. 53).

Ebenfalls vom Heizwert des Mischgases ausgehend, ist eine Saugungsregelung oder bei reinem Naßbetrieb eine Dampfdruck- oder Dampfmenngenregelung für den Kammerdampf möglich (Erzeugungsregelung)

Auf diese Regelanordnungen ist noch zurückzukommen.

b) Aufgaben, Einteilung und Grundsätze der Regler.

Die vielgestaltigen Anforderungen, die auf allen Gebieten der Industrie an die Reglertechnik gestellt werden, haben zu einer so vielseitigen Aus- und Durchbildung dieses Arbeitsgebietes geführt, und damit zu einer so großen Verschiedenheit in der Bezeichnung und Charakterisierung der Regelvorgänge und Reglerteile, daß ein Streben nach Vereinheitlichung dieser Begriffe einsetzen mußte. Indessen ist gerade wegen der Vielseitigkeit der Aufgaben und Voraussetzungen eine streng schematische Einteilung nicht durchführbar. Trotzdem ist von verschiedener Seite der Versuch gemacht worden, Grundzüge und gemeinsame Begriffe herauszuarbeiten, und die neueren Veröffentlichungen zeigen bereits weitgehende Annäherungen und rücken eine Normung dieser Grundbegriffe in den Bereich der Möglichkeit.

An einschlägigen Arbeiten hierzu sind zu erwähnen: G. Wünsch, »Regler für Druck und Menge«¹⁾, ferner die Veröffentlichungen von J. Krönert, Regelung wärmetechnischer Größen²⁾, von W. Schmidt, Unmittelbare Regelung³⁾ und von P. Gmelin, Selbsttätige Regelgeräte⁴⁾. Weitere Literatur bringt Krönert²⁾. Wenn auch zwischen den Auffassungen oder Aufteilungen dieser Bearbeiter einige Unterschiede bestehen, führt doch ihr offensichtliches Bestreben nach Vereinheitlichung bereits zu wesentlichen Grundbegriffen.

Regler dürfen nicht nach dem zu regelnden Medium, etwa Dampfdruck-, Gasmengenregler u. dgl. eingeteilt werden, wenn man ihre Eigenarten vergleichen will. Betrachtet man das zu regelnde Medium, sei es ein Druck, eine Temperatur oder eine Strömung, allgemein als Energie, so hat der Regler die Aufgabe, diesen Energiestrom in bestimmter Form und Richtung zu beeinflussen.

Entnimmt der Regler seine Verstellkraft unmittelbar der strömenden Energie, so bezeichnet man ihn als unmittelbaren Regler. Solche sind z. B. die Dampfdruckregler (sowohl Druckregler, wie Überströmventile) und Gasdruckregler in Ventil-, Glocken-, Membran- oder Schwimmerbauart. Häufiger sind aber in der Regeltechnik die Apparate, die als mittelbare Regler oder Regler mit Hilfskraft, ein gesondert hergestelltes Druckmittel (Wasser, Preßöl, Preßluft, elektrische Energie) zu Hilfe nehmen. Die von einem Fühler festgestellte Abweichung des zu regelnden Energiestromes wird durch einen von der Hilfskraft betriebenen Servomotor oder Regelmechanismus auf das Steuer- oder Regelorgan übertragen. Nach diesem Grundsatz arbeiten die meisten Saugungsregler, ferner Heizwertregler, Gemischregler u. a. m.

¹⁾ G. Wünsch, Regler für Druck und Menge. München 1930.

²⁾ J. Krönert, ATM, Archiv für techn. Messen 1935, J-060-1.

³⁾ W. Schmidt, Ztschr. VDI 81 (1937), S. 1425 und Unmittelbare Regelung. VDI-Verlag Berlin 1938.

⁴⁾ P. Gmelin. Chem. Fabrik 11 (1938). S. 116.

Regler, die nur absperren, oder nur schließen, sind nur in selteneren Fällen in Gebrauch und mehr als Sicherheitsorgane, denn als Regelorgane zu betrachten. Das übliche ist, daß der Regler verstellbar mehr oder weniger weitgehend regelt oder regeln kann.

Nach dem Regelzweck unterscheidet man Festwert-, Grenz-, Folge- oder Programmregelung. Festwertregelung liegt vor, wenn, — in den für den Regler technisch möglichen Grenzen (s. später) —, eine bestimmte Höhe des Energiestromes gehalten werden soll. Diese Bedingung liegt bei der Saugungsregelung im Gaswerkbetrieb vor, ebenso bei der Heizgasdruckregelung. Ist in Sonderfällen nicht eine engbegrenzte Energiehöhe nötig, sondern nur der Energiestrom zwischen einem Minimum und einem Maximum zu halten, so hat man eine Grenzregelung, z. B. bei Regelung von Gemischen, die später noch andere Zusätze erhalten. Grundsätzlich ist diese Grenzregelung aber nur eine erweiterte Festwertregelung. Grenzregelung kann auch einseitig begrenzt sein, z. B. nur nach oben bei Überströmregelung aus einem Dampfnetz höheren Druckes in ein solches niederen Druckes, oder bei Betriebsdampfzusatz in ein zunächst vom Abhitzekessel gespeistes Dampfnetz für Kammerdampfung oder für den Wassergasgenerator.

Statt eines Festwertes für den Energiestrom kann auch ein bestimmtes Verhältnis desselben zu einem anderen, veränderlichen Energiestrom gefordert sein. Das ist dann eine Folgeregelung. Als Beispiele sind zu nennen: Regelung der Windmenge einer Generatoranlage nach der Abnahmemenge oder dem Druck des zu den Öfen gehenden Generatorgases, oder Regelung des Wassergaszusatzes zum Ofengas nach der Höhe des Gemischheizwertes.

Ein Sonderfall der Folgeregelung ist die Programmregelung. Der Energiestrom wird nach einem, aus den Betriebsbedingungen praktisch oder rechnerisch abgeleiteten Programm geführt oder beeinflusst; das Programm ist in erster Linie zeitlich geordnet, kann aber auch mengenmäßige Unterschiede mitregeln. Programmregelung verwenden z. B. die automatisch arbeitenden Wassergasanlagen (vgl. später).

Sehr verschiedenartig ist bei den einzelnen Bearbeitern die Einteilung und Bezeichnung der zu einem Regler gehörenden Bestandteile, immerhin ist auch hier, wenigstens in der Bezeichnung der Einzelteile, eine Vereinheitlichung im Gange, nicht so sehr in der Gruppierung.

Fühler oder Impulsnehmer des Reglers ist der Teil, der die vom Sollwert abweichende Zustandsänderung des Energiestromes wahrnimmt, z. B. Temperaturfühler, Probeleitungen, Heizwertmesser eines Wärmereglers. Der Impuls wird durch einen Impulsgeber weitergeleitet oder der Impulsnehmer kann auch zugleich Geber sein, z. B. Saug- bzw. Druckimpulsleitung eines Saug- oder Druckreglers. Der Geber wird auch als Meßwerk oder Meßsystem bezeichnet.

Bei der Programmregelung ist kein Fühler vorhanden, da diese Regelung ja gar nicht von anderen Betriebseinflüssen abhängig sein, sondern nach Plan arbeiten soll. Die Stelle des Impulsgebers vertritt hierbei der Programmgeber.

Die sehr verschiedenen Arten der Impulsgebung werden bei den Regleranordnungen beschrieben.

Das dem Impulsnehmer entgegengesetzte Ende des Reglers oder der Regelanlage ist die Steuerung (Steuerorgan, Regelorgan), die infolge des Impulses darauf hinarbeitet, den Energiestrom auf den Sollwert (Fest-, Folge-, oder Programmwert) hinzuleiten oder zurückzuleiten. Hierzu dient eine Drosselklappe, ein Schieber, eine elektrische Ein- oder Ausschaltung od. dgl.

Zwischen Geber und Steuerwerk liegen die übrigen Teile des Reglers, die entweder summarisch als »Zwischenglieder der Regelung« bezeichnet^{1, 2)}, oder unterteilt werden in Regler (Regelmechanismus) und Stellzeug³⁾. Eine Abgrenzung ist schwer zu ziehen, so wird z. B. die vom Impuls bewegte Membran eines Membranreglers teils noch zum Impulsgeber, teils zum Regelmechanismus gerechnet. Der Regelmechanismus schließt ferner die den Impuls umformenden (verstärkenden oder abschwächenden) Einrichtungen ein, die auch, nicht ganz eindeutig, als Relais, Servomotor, Kraftgetriebe u. dgl. bezeichnet werden. J. Krönert¹⁾ schlägt deshalb vor, nur von Steuergliedern (die Steuerung vermittelnd) und Kraftgliedern (den Impuls umsetzend) zu sprechen.

Der Regelmechanismus nebst Steuerung folgt dem Impuls nicht unmittelbar und in absoluter Höhe, sondern ein Teil der Kraft geht durch die Reibung im Regler und in den Zwischengliedern verloren. In der Ausbildung des Reglermechanismus ist möglichst auf Verminderung dieser Unempfindlichkeit des Reglers in der »Reibzone« hinarbeiten. Die Geschwindigkeit, mit der der Regler auf einen Impuls anspricht, ist die »Fühlschnelle« des Reglers. — Tritt der Regelmechanismus in Tätigkeit, so bewirkt er nicht nur die Rückführung des Energiestromes auf den Sollwert, sondern pendelt über diesen hinaus und wieder zurück. Das Pendeln wird durch besondere Einrichtungen, z. B. Flüssigkeitsbremsen, mehr oder weniger stark gebremst (Bremswert des Reglers). Zu weitgehende Dämpfung hat aber eine Verzögerung im Ansprechen des Reglers, also eine Unempfindlichkeit, zur Folge. Die »Eigenschnelle« oder auch »Trägheit« des Reglers kennzeichnet die Überwindung der inneren Reibung und der Dämpfung, innerhalb der »Einstellzeit«. W. Schmidt³⁾ stellt mit Hilfe dieser Größen für jeden Reglerfall eine »Gleichung des Regelvorganges« auf und kommt durch Errechnung

¹⁾ J. Krönert, ATM, Archiv für technisches Messen, 1935, J 060-1.

²⁾ P. Gmelin, Chem. Fabrik 11 (1938), S. 116.

³⁾ W. Schmidt, Ztschr. VDI 81 (1937), S. 1425 und Unmittelbare Regelung, VDI-Verlag Berlin 1938.

der verschiedenen möglichen Variationen des Regelvorganges zu einem für diesen charakteristischen »Kennbild«, das die Arbeitsmöglichkeiten des Reglers kurvenmäßig darstellt und Ablesung der maßgebenden Grundgrößen gestattet. — Abb. 22 und 23 zeigen in vereinfachter Form eine Mengenkurve und Kennbild eines Reglers. In Wirklichkeit verlaufen diese Linien meist als flache Kurven. — Innerhalb der »Reibzone« ist der Regler »unempfindlich«, d. h. er spricht auf einen schwachen

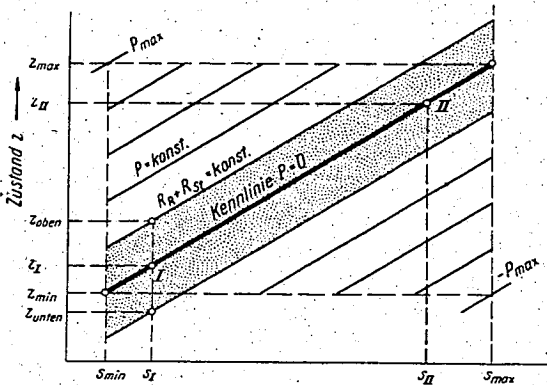


Abb. 22. Mengenkurve eines Reglers.

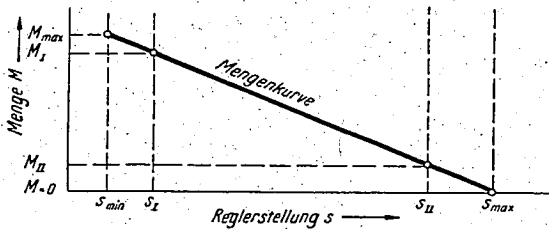


Abb. 23. Kennbild eines Reglers.

den über die günstigste Häufigkeit der Impulse und über die Impulslänge, da hiervon im Zusammenhang mit der Fühlschnelle und Trägheit des Regelmechanismus die Grenzen der erwünschten oder zulässigen Pendelung abhängen.

Zur Impulsverstärkung oder Umwandlung dienen die verschiedensten Anordnungen. Am gebräuchlichsten sind Druckölanlagen, die einzeln für jeden Regler oder zentral für Reglergruppen eingerichtet werden können. Druckwasser ist vom Drucköl meist verdrängt worden; durch die bei Wasser auf die Dauer kaum zu vermeidenden Korrosionen und Ablagerungen leidet die Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit des Reg-

Impuls nicht an, solange dessen Verstellkraft nicht stärker ist, als die Reibung einschließlich etwaiger Totgänge des Stellzeugs.

Es ist nicht immer erwünscht, daß der Regler auf jeden Impuls anspricht, z. B. wenn durch zu starken Impulswechsel ein zu lebhaftes Pendeln erreicht würde. Man wendet dann einen Impulsspeicher an, der den Mittelwert mehrerer Impulse zur Wirkung kommen läßt, oder eine teilweise Impulssperre, die nur eine Auswahl der Impulse verwendet (vgl. z. B. Heizwertregler). Impulsauswahl bewirkt eine mehr stufenweise Regelung an Stelle der fortlaufenden.

Von Fall zu Fall verschieden ist zu entscheiden

lers oder sie erfordert zuviel Überwachung. Bei günstigen Wasserverhältnissen kann Druckwasser aber doch gut anwendbar sein. Auch elektrische Umwandlung ist in Gebrauch, ferner Druckluftsteuerung.

c) Regler-Bauarten.

Von den für Saugungsregelung, Gemisch- oder Mengenregelung im Gaswerksbetrieb verwendeten Regler-Bauarten seien nachfolgend einige besonders gebräuchliche Formen eingehender beschrieben, — ohne Gewähr für Vollständigkeit und in alphabetischer Reihenfolge. — Auf ihre Anwendungsarten wird im nachfolgenden Abschnitt noch zurückgekommen.

α) Unmittelbare Gastromregler.

Eine besonders einfache Bauart ist der Glockenregler (Abb. 24). Der Hub der Schwimmglocke wird z. B. durch ein Hebelgestänge unmittelbar auf einen in einer Wassertauchung beweglichen Flachschieber übertragen. Der Regler soll einen gleichmäßigen Druck in der Leitung hinter dem Schieber halten. Die Impulsleitung übermittelt diesen Druck in die Schwimmglocke, die durch Plattenbelastung auf den Solldruck eingestellt ist. Steigerung des Druckes hinter dem Schieber, z. B. durch Minderentnahme, treibt die Reglerglocke höher, drosselt also den

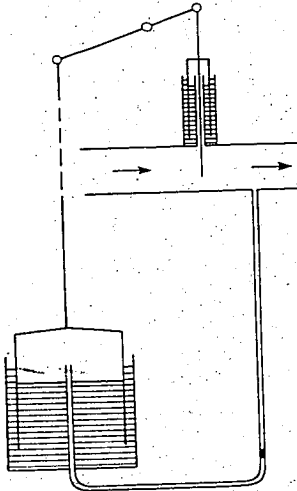


Abb. 24. Glockenregler.

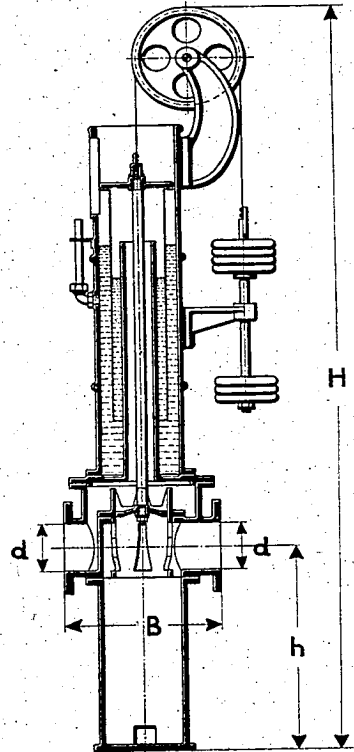


Abb. 25. Dessauer Umlaufregler.

Schieber, bis Impulsdruck und Glockendruck wieder im Gleichgewicht sind. Wird aus Betriebsgründen ein anderer Solldruck gebraucht, so wird die Belastung der Schwimmerglocke an Hand eines Manometers entsprechend geändert.

Zu den unmittelbaren Reglern gehört auch der sehr verbreitete Dessauer Umlaufregler. Er besteht aus einem, vom Gasdruck auf der Saugseite der Saugmaschine durch Impulsleitung gesteuerten Tellerventil oder entlasteten Doppelsitzventil (Abb. 25, 26). Der Ventilteller läuft in einem oben oben und unten ausgezackten Zylinder; die Ausschnitte bezwecken einen sanfteren Übergang

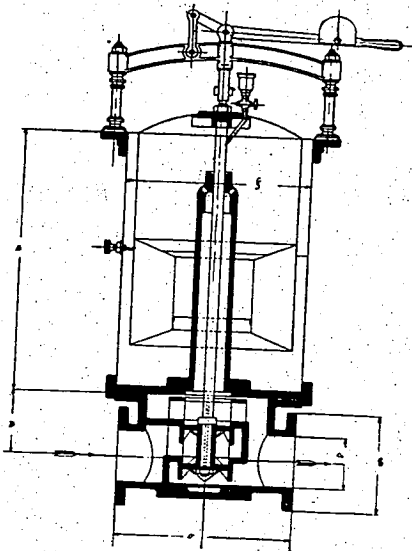


Abb. 26. Umlaufregler (Klönne).

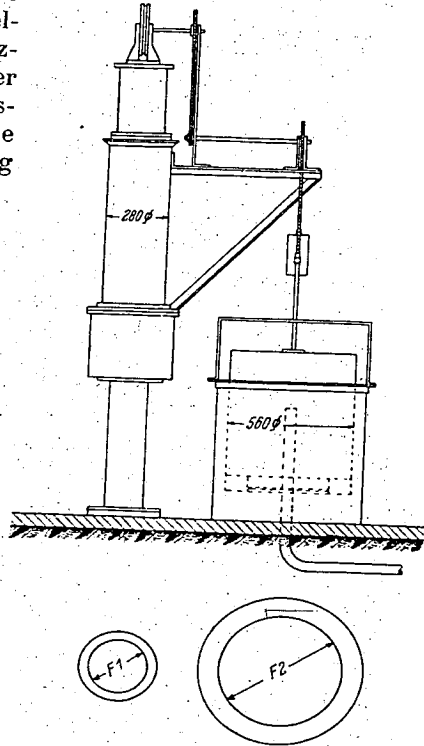


Abb. 27. Umlaufregler mit Hilfs-glocke.

des Druckes beim Öffnen und Schließen des Tellers. Die Ventilstange des Tellers hängt innerhalb eines säulenförmigen Gehäuses an einer Tauchglocke. Das Gewicht der Glocke und des Tellers ist durch Gegengewicht entlastet, das an einem über ein Rad geführten Drahtseil oder Stahlband hängt (Abb. 25), oder auf einem über der Glocke angeordneten Hebelgestänge liegt (Abb. 26). Der Umlaufregler dieser älteren Bauart arbeitet sehr unruhig, und verschiedene neuere Abänderungen suchen diesem Nachteil zu begegnen. Einerseits sucht man die Bewegung des Gegengewichtes dadurch zu dämpfen, daß man die Verlängerung der Tragstange der Gewichte in einen

Ölbremiszylinder führt. Eine solche Ausführung ist der »Jäger-Ausgleich« (Bamag). Der andere Weg liegt in der Vergrößerung der Schwimmerglocke im Regler nebst verbesserter Führung (Klönne) (Abb. 25). Die spezielle Durchbildung dieses Grundsatzes führte auch zu einer »Feindruck-Regler«-Bauart (Bamag). — Die Vergrößerung der Glocke ist auch als Zusatzapparat in mehreren Werken mit gutem Erfolg ausgeführt worden. Dommer¹⁾ (Abb. 27) berichtet über diese Bauart, daß sie die Verstellkraft des normalen Umlaufreglers um ein Vielfaches verstärkt, z. B. 1:5. Die neben den Regler gebaute Zusatzglocke ist durch eine Kettenübertragung gekuppelt. Während der alte Umlaufregler seinen Impuls aus der zunächst liegenden Saugleitung erhielt, wählt man bei den empfindlicher ausgebildeten Bauarten mehr den Impuls von der Ofengasleitung, wenn deren Entfernung nicht zu groß ist. Neuerdings wird dieser Umlaufregler auch durch eine in die Umlaufleitung eingebaute, mittelbar gesteuerte Drosselklappe ersetzt (vgl. später).

β) *Mittelbare Gasstromregler.*

Während bei den vorgenannten Reglern der Impulsdruck gleichzeitig mit dem Heben oder Senken der Glocke die Änderung des Schiebers u. dgl. bewirkt, also ohne Stellzeug oder Zwischenglieder regelt, tritt bei den nachfolgend beschriebenen mittelbaren Reglern, soweit sie zur Gas-

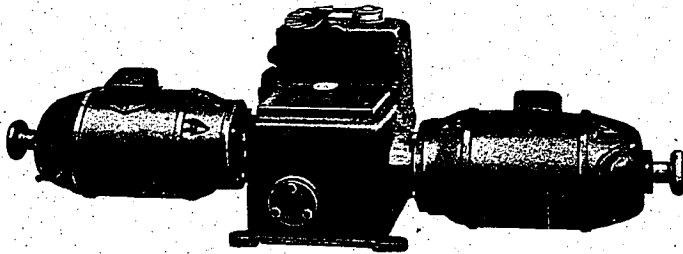


Abb. 28. Zweimotorenregler (Reineke).

stromregelung verwendet werden, diese Zwischengruppe der Regelglieder stark in den Vordergrund. Es sind teils Steuer-, teils Kraftglieder, durch welche dann die Bewegung des im Gasstrom liegenden Steuerteils erfolgt. Die Zwischenglieder können elektrisch oder hydraulisch betätigt werden.

Auf rein elektrischem Wege wird die Hin- und Herbewegung des Steuerorgans gelöst durch den Zweimotorenregler (Reineke, Abb. 28). Er beruht darauf, daß 2 Kleinmotore, die ständig mit zunächst gleicher Drehzahl laufen, über Schneckenräder auf ein zwischenliegendes Differentialgetriebe arbeiten (Abb. 29). Die Differentialwelle trägt an einem

¹⁾ O. Dommer, Gas- und Wasserfach 75 (1932), S. 19.

aus dem Getriebekasten ragenden Ende eine Schnecke, die in geeigneter Anordnung das Steuerwerk unmittelbar oder mit Seilzug od. dgl. betätigt. Solange beide Motore in ihrer gleichen Grunddrehzahl laufen, ist die Differentialwelle in Ruhe. Der vom Impuls, z. B. einem Saugdruck, beeinflusste Impulsgeber, eine Membran, ist mit Minimal- und Maximalkontakten versehen, durch die in den Stromkreis des einen oder anderen Motors Widerstände eingeschaltet werden. Sobald hiermit der eine Motor seine Drehzahl ändert, wird durch den Drehzahl-

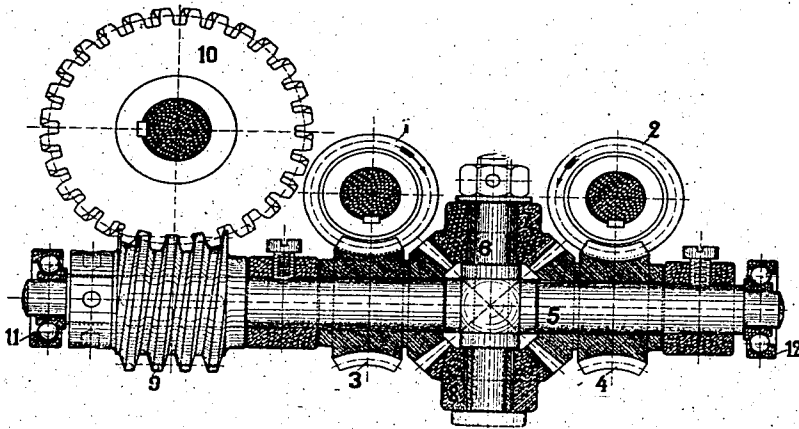


Abb. 29. Zweimotorenregler, Differentialgetriebe.

unterschied über die Planetenkegelritzel (7 und 8 in Abb. 29) die Differentialwelle 5 in langsame Umdrehung gebracht, solange, bis bei Erreichung des Gegenkontakts am Impulsgeber die Drehzahl umgesteuert bzw. wieder gleichgesetzt wird. Ziffer 1—3 und 2—4 der Abb. 29 bezeichnen die Schneckentriebe der beiden Motore, 9—10 den des Steuerwerkes. Zum Betätigen der Steuerkontakte sind nur sehr geringe Verstellkräfte notwendig. Infolge der elektrischen Verbindung zwischen Meßimpulswerk und Regelsteuerwerk besteht zwischen beiden keinerlei räumliche Bindung. Wegen der für die elektrischen Einrichtungen notwendigen vermehrten Wartung ist dieser Regler vielfach durch die robusteren hydraulischen Regler verdrängt worden. Er ist aber noch bevorzugt in Gebrauch in Regelfällen, wo sehr kurze Hübe des Steuerteils verlangt werden.

Als Vertreter der hydraulischen Regler seien nachfolgend die Bauarten Arca, Askania, G.S.T., Reineke und Sennlaub erwähnt. Ihr Antrieb ist grundsätzlich, dem Namen entsprechend, mit Wasser möglich und wird in dieser Form trotz der früher genannten Schwierigkeiten besonders dann angewandt, wenn eine Stromstörung des Drucköl-

antriebes betrieblich sehr nachteilig wäre. Sonst aber wird Drucköl-antrieb meist bevorzugt. Die G.S.T.-Regler dagegen arbeiten vornehmlich mit Druckluft.

Der Arca-Regler wird seinem Arbeitsprinzip entsprechend als Prallplattenventil-Regler bezeichnet¹⁾. Seine Bauart und Arbeitsweise zeigt Abb. 30, in diesem Falle mit Regelung einer den Umlaufregler ersetzenden Drosselklappe. Die Hauptteile sind das Gasrelais *GR* als Impulsnehmer und -geber, mit angebautem Steuermechanismus, dem Steuerzylinder *SZ* als Stell-

zeug und der Drosselklappe *DK* als Steuerwerk. Die Membran *MB* im Gasrelais erhält den Impuls zweckmäßig von Vorlage oder Ofen-gasleitung, ihre Bewegungen übernimmt der Relaishebel *H*, ein spitzengelagerter Kniehebel, und regelt den Ausfluß der Druckflüssigkeit aus dem Düsenmundstück (Prallplattenventil) *MS*. Die Federn *F* und *RF* dienen der Feineinstellung. Durch *MS* austretende Druckflüssigkeit fließt bei *AW* in die Rückleitung. — Der Stellzylinder erhält ständigen Druckmittelzufluß unter einem durch das Nadelventil *DR* einstellbaren, gleichmäßigen Druck. Der Kolben des Stellzylinders ist nur von oben beaufschlagt, die Gegenbewegung

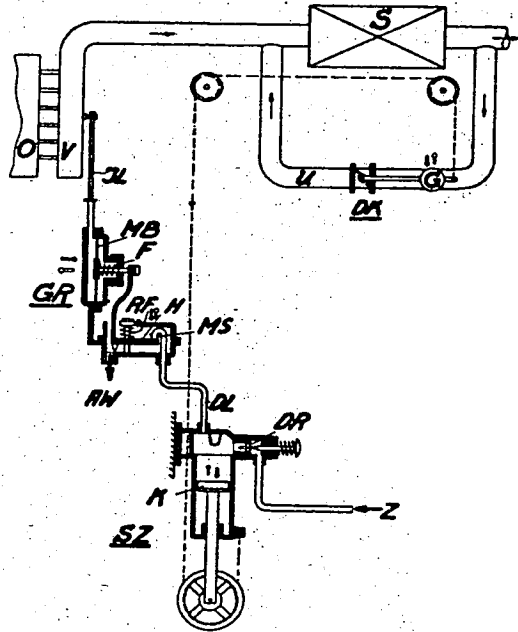


Abb. 30. Arca-Regler, Anordnung.

wird durch das Gegengewicht des Seilzuges bewirkt. Der Stellzylinder und damit das Steuerorgan ist im Ruhezustand, wenn am Düsenmundstück *MS* die gleiche Menge Druckflüssigkeit austritt, wie bei *DR* in den Stellzylinder eintritt. Jede Mehr- oder Mindermenge bei *MS* bewirkt einen Hub oder Rückgang des Stellzylinderkolbens. Bei Ausbleiben des Druckmittels öffnet das Steuerorgan durch das Gegengewicht. — Eine vereinfachte Bauart des Arca-Reglers zeigt Abb. 31 als Druckregler; bei dieser sind Impulsrelais und Stellzylinder zu einem Apparat zusammengebaut, einschließlic einer Wellkapsel als Impulsgeber. — Sind dagegen am Regel- oder Steuerorgan größere Kräfte zu über-

¹⁾ Arca-Regler A.G., DRP. 336 305.

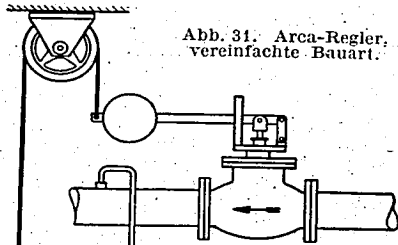


Abb. 31. Arca-Regler, vereinfachte Bauart.

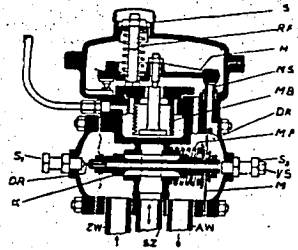


Abb. 32. Arca-Regler mit Steuerschieber.

winden, so daß der volle Druck des Druckmittels auf den Stellzylinder erwünscht ist, so wird ein Druckrelais mit Steuerschieber verwandt (Abb. 32). Ältere Ausführungen des Arca-Reglers arbeiteten durchweg mit diesem Steuerschieber, die neueren Bauarten (Abb. 30) stellen demgegenüber für die meisten Fälle eine wesentliche Vereinfachung dar. Das Gasdruckrelais ist als Wandapparat getrennt von der Druckkölterzeugung aufgestellt, der Stellzylinder steht zweckmäßig nahe dabei, kann aber auch in der Nähe des Steuerorgans stehen.

Der Askania-Regler arbeitet als Strahlrohrregler, so benannt nach seinem Regelwerkzeug, einem vor zwei Düsen schwenkbaren Strahlrohr¹⁾. Eine schematische Darstellung (Abb. 33) zeigt seine Arbeitsweise, in diesem Falle bei Betätigung eines als Steuerorgan beibehaltenen Umgangsreglers. Der Impulsdruck wirkt auf die Verstellmembran, die den Impuls weitergibt an ein, in einstellbarer

¹⁾ Askania-Regler, DRP. 391 796.

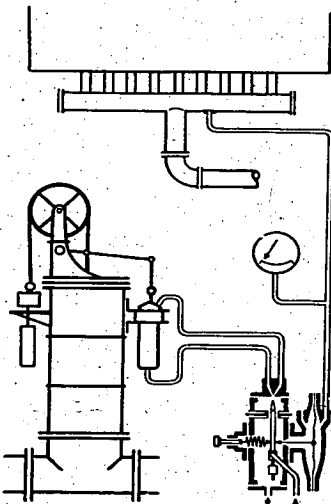


Abb. 33. Askania-Regler, Anordnung.

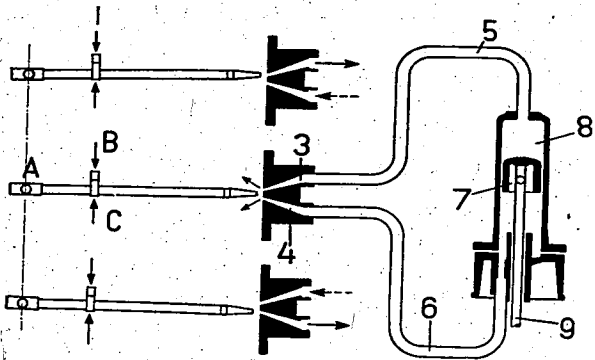


Abb. 34. Askania-Regler, die 3 Hauptstellungen des Reglers.

Federspannung gehaltenes, um sein unteres Ende in einem Gehäuse leicht schwenkbare Strahlrohr. Dieses steht in seiner Ruhelage vor der schmalen Trennkante zwischen zwei Abgangsrohren (Abb. 34), die die Druckflüssigkeit zu dem beiderseits beaufschlagten Steuerzylinder bringen. Bei Mehr- oder Minderdruck vor der Membran wird das Strahlrohr vor das eine oder andere Abgangsrohr geschwenkt und bewirkt einen Öffnungs- oder Schließhub des meist in nächster Nähe des Steuerorgans angebrachten Steuerzylinders. Diese Anordnung wird als »hydraulische Rückführung« bezeichnet, d. h. die Verstellenergie wird in hydraulischer Form bis zum Steuerorgan und von diesem zurückgeführt. Bei großer Entfernung zwischen Regelmechanismus und Steuerwerk oder aus anderen betriebstechnischen Gründen arbeitet der Askania-Regler auch mit »mechanischer Rückführung«. Dann wird der hydraulisch in vorbeschriebener Weise betätigte Steuerkolben in der Nähe des Regelwerkes angebracht und überträgt seine Kraft durch Seilzug, Gestänge od. dgl. auf das Steuerwerk. — Der Strahlrohrregler wird im allgemeinen so ausgebildet, daß Motor, Strahlrohrgehäuse und gegebenenfalls der Steuerzylinder übersichtlich auf einer Grundplatte aufgebaut sind, der als Säulenfuß das Ölpumpwerk untergebaut ist.

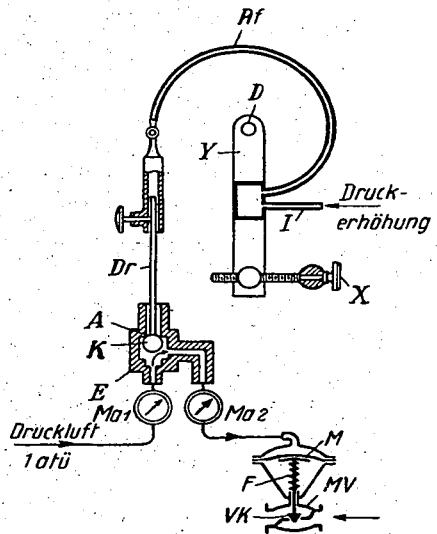


Abb. 35. G.S.T.-Regler mit Kugelsteuerung.

Die GST-Regler¹⁾ arbeiten neben den auch möglichen Druck-Flüssigkeits-Antrieben meist mit Druck-Luft-Steuerung. Die Druckluft wird gegebenenfalls in einer kleinen Kompressorstation zentral erzeugt und verschiedenen Reglern zugeleitet. Dieses Druckmittel hat den Vorteil, daß Überschuß, Rücklauf und etwaiger Undichtheitsverlust anstandslos ins Freie gehen. Am Regler wird ein Druck von 1 atü gebraucht, die Zuleitungen arbeiten mit höherem Druck, bis 2,5 atü, und geeigneten Reduziereinrichtungen.

Neben einer sehr vielseitigen Anwendung bei temperaturbeeinflussten Regelvorgängen sind diese Regler auch für druckbeeinflusste Regelungen ausgeführt. Als Kraftglied dient ein Druckluftsteueraggregat, als impulsvermittelndes Stellzeug ein unter dem Druck oder der

¹⁾ Ges. für selbsttät. Temperaturregelung, DRP. ang.

Saugung der Impulsleitung stehendes Federrohr. Dessen durch Impulsdruckschwankungen verursachte Formänderung überträgt sich im Steuerteil auf eine Kugelsteuerung (Abb. 35) oder auf einen Schieber, der die Öffnung einer Überströmdüse freigibt oder schließt (Abb. 36). Die so gesteuerte Druckluft betätigt z. B. bei Dampfregelungen ein federbelastetes Membranventil, bei Gasregelungen arbeitet die Druckluft über ein membrangesteuertes Hebelgestänge unmittelbar auf eine

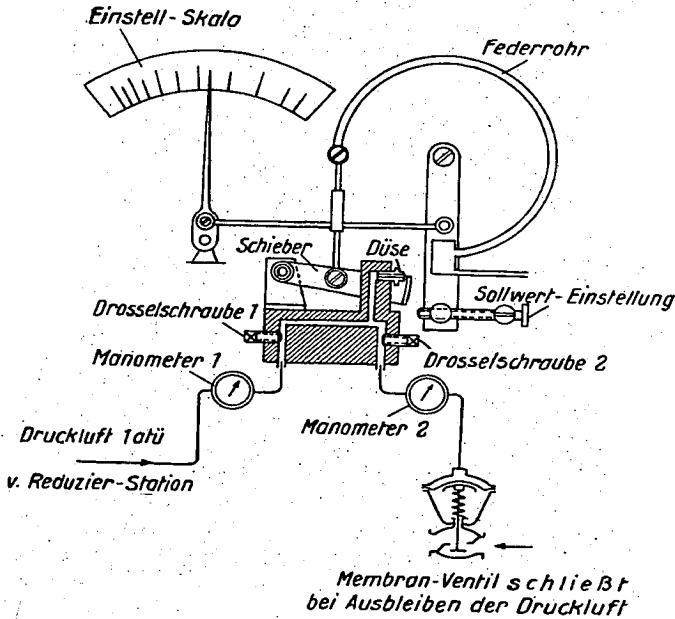


Abb. 36. G.S.T.-Regler mit Schiebersteuerung.

Drosselklappe in der Gasleitung. — Bei temperaturbeeinflussten Regelungen tritt an die Stelle des Federrohres ein Bimetallsystem zur Bewegung des Steuermechanismus.

Der Reineke-Regler ist ein Schwingkolbenregler¹⁾; Abb. 37 zeigt seine Arbeitsweise in einer Anordnung als Mengen- oder Druckregler. Der Impulsdruck beeinflusst in üblicher Weise die impulsgebende Membran. Als Steuerwerk für die Druckflüssigkeit dient ein schon in älteren Bauarten des Reineke-Reglers gebrauchter, in einer Büchse 12 beweglicher Kolbenschieber 13, dessen Bündel (63, 64) in der Ruhestellung die beiden Abgangsleitungen der Druckflüssigkeit (60, 61) absperrn,

¹⁾ H. Reineke, DRP. ang. u. Ausl.-Pat.

während sie bei Verstellung des Kolbens nach oben oder unten durch die zwischen den Bündeln liegende Aussparung den Weg zu der einen oder anderen Preßleitung freigeben; die aus der druckfreien Seite des Steuerkolbens rückfließende Flüssigkeit tritt durch die Öffnungen *b* der Kolbenbüchse aus. Das Besondere der neuesten Ausführung als

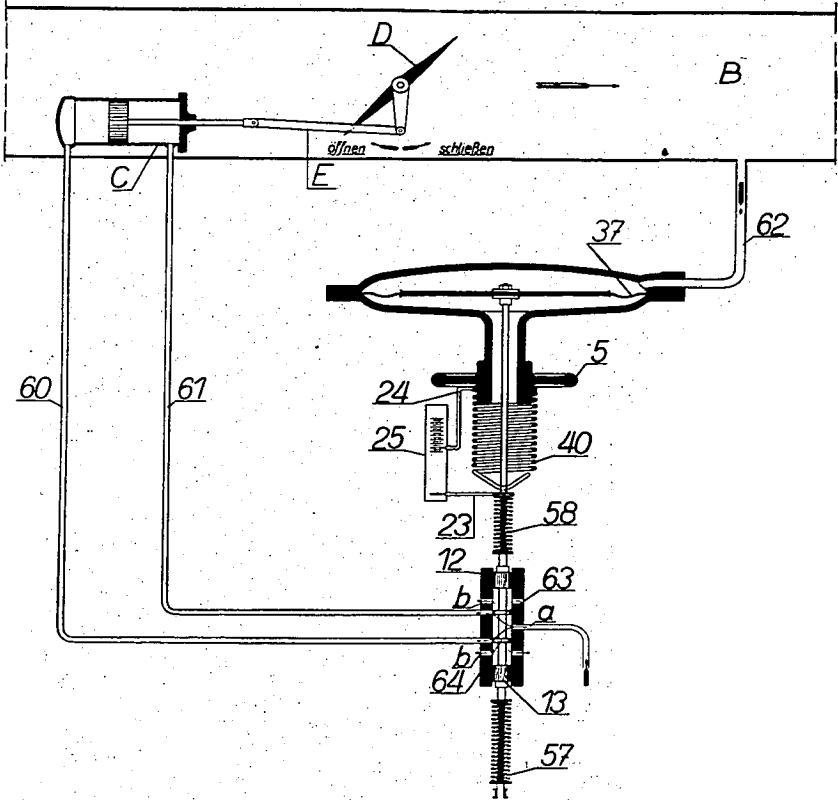


Abb. 37. Schwingkolbenregler (Reineke), Aufbau.

Schwingkolbenregler ist, daß dieser früher liegende Schaltkolben senkrecht angeordnet ist (13) und zwischen 2 Federn (57, 58) vibrierend aufgehängt ist. Durch das normale Auf- und Abgehen der Membran werden diese den Kolben tragenden Federn in Schwingung versetzt und lassen den Kolben ununterbrochen in der Nähe seiner Ruhelage kurz schwingen. Der Erfolg dieser Anordnung ist, daß die Trägheit des Reglers praktisch überwunden ist und eine die Regelung verzögernde unempfindliche Reibzone im Schaltwerk nicht besteht. Ferner wird

durch die Zwangsschwinglage ein Überpendeln des Reglers verhindert. Das ganze Schaltwerk ist in einem Säulengehäuse eingebaut (Abb. 38), das oben von der Membran abgeschlossen ist und unten Ölpumpe (42) und Ölbehälter enthält. Da alles austretende Öl somit in den Behälter zurückfließt, kann auf hemmende Stopfbüchsen und zu enges Spiel des Kolbens verzichtet werden. Die Einstellung des gewünschten Druckes erfolgt durch Handrad und Spannfeder (5, 40). Der beiderseits beaufschlagte Steuerkolben kann dicht an das Steuerorgan herangebracht

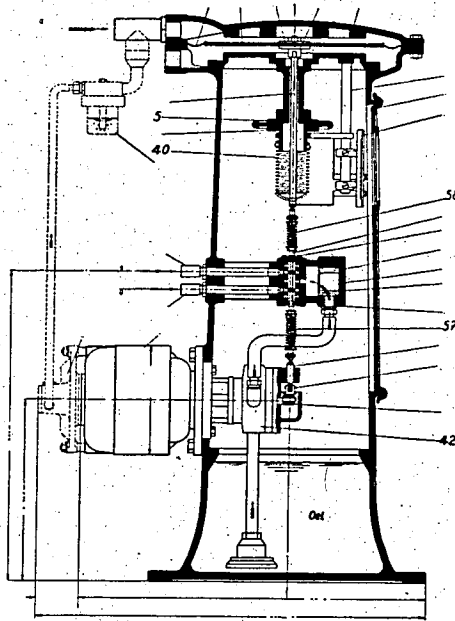


Abb. 38. Schwingkolbenregler, Anordnung.

werden oder an beliebiger anderer Stelle mit Seilzug zum Steuerorgan. Der Gesamteinbau in geschlossener Säule erleichtert die Aufstellung auch in sehr rauen Betrieben.

Der Sennlaub-Regler¹⁾ ist als hydraulischer Regler (Abb. 39) und in elektrohydraulischer Anordnung (Abb. 40) in Gebrauch.

Der hydraulische Regler arbeitet mit senkrechtem, von der impulsgebenden Membran unmittelbar bewegtem Kolbenschieber (13 in Abb. 39), der die Druckflüssigkeit zum Steuerkolben leitet bzw. den Rückfluß austreten und nach unten abfließen läßt. Die Einstellung des gewünschten

¹⁾ Sennlaub und Lampmann, DRP. 507 060, 526 540.

Druckes erfolgt zunächst durch Belastung der Membran, weiter durch Feinstellfeder (3). Unterhalb der Feinstellfeder befindet sich in der Membranstange noch ein waagerechter Stift (6), der zwischen zwei einseitig eingespannten Blattfedern (5) einstellbares geringes Spiel hat; dadurch wird dem Pendeln des Reglers vorgebeugt.

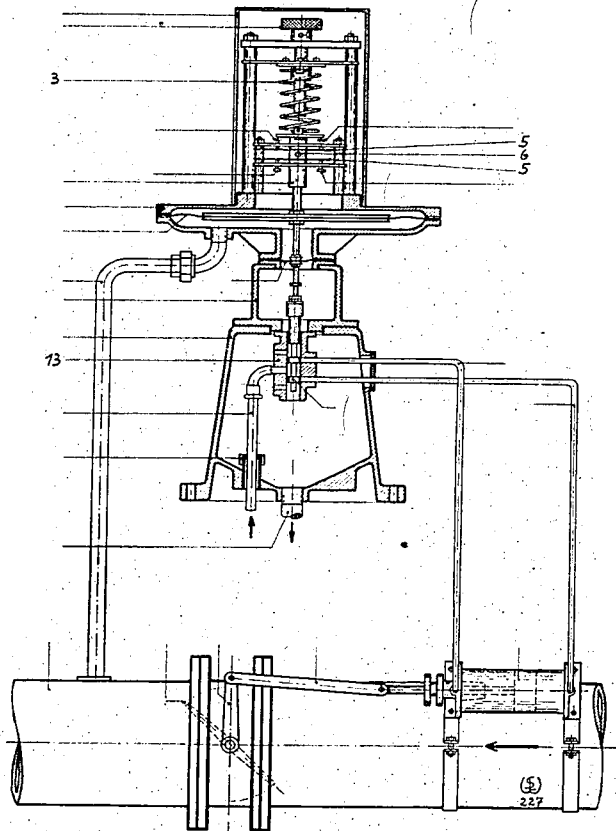


Abb. 39. Sennlaub-Regler, hydraulische Anordnung.

Der elektro-hydraulische Regler (Abb. 40) benutzt als Impulsverstärker ein auch in anderen Reglerbauarten gebrauchtes elektrisches Relais. Die Membran hat nicht den Kolbenschieber, sondern nur einen durch Gewicht (5) und Feder (6) ausbalancierten Kontakt (8) zu bewegen. Die dadurch eingeschalteten Elektromagnete (10 bzw. 15) bewegen den waagrecht liegenden Kolbenschieber, der den Steuerkolben hy-

draulisch betätigt. Diese Form eignet sich, da vom Impulsgeber nur ein Kontakt herzustellen ist, schon für sehr geringe Verstellkräfte. — Die Sennlaub-Regler sind auch meist auf einem säulenförmigen Sockel erstellt, der das Ölpumpwerk enthält.

γ) Maschinenregler.

Die bisher als Beispiele gebrachten Regler dienen vorwiegend der unmittelbaren Beeinflussung eines Gasstromes durch ein Drosselorgan im Haupt- oder Nebenstrom (Umgang). Einige davon lassen sich, wie

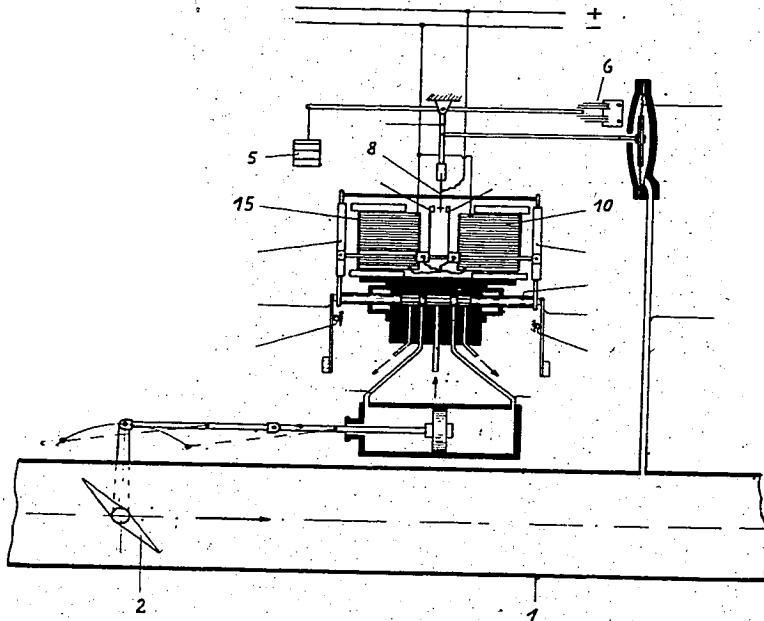


Abb. 40. Sennlaub-Regler, elektrohydraulische Anordnung.

später noch zu zeigen ist, auch zur Beeinflussung des Energiestromes zur Gasfördermaschine, also zur Maschinenregelung, verwenden. Nachstehend sind aber noch einige besonders für Maschinenregelung geeignete Reglerbauarten und Anordnungen zu erwähnen.

Der Hahnsche Regler, als im Gaswerkbetrieb ältestbekanntester Maschinenregler, wurde früher sehr viel angewandt und ist noch in Gebrauch. — Er regelt den Dampfstrom zur Saugermaschine mittelbar. Das wesentliche Zwischenglied ist ein Wendegetriebe, dessen waagrecht stehendes unteres Kegelrad (Abb. 41) durch Riemenantrieb von der Saugerwelle ständig bewegt wird. Die rechtwinklig darüberstehenden

2 Kegelräder auf gleicher Welle sind so weit auseinandergestellt, daß entweder nur eines oder keines von beiden in das untere Kegelrad eingreifen kann. Die Stellung dieser 2 Wenderäder ist durch Kniehebelübertragung von einer vom Saugdruck beeinflussten und durch Gegengewicht eingestellten Schwimmerglocke bedingt. Die Verlängerung der gemeinsamen Welle dieser 2 Wenderäder ist eine Gewindespindel, die, im Kopf der Schubstange zur Dampfdruckklappe in der Dampfzuführung laufend, diese vorschreibt oder zurückzieht. Je nach der Stellung der Reglerglocke, d. h. der Höhe des Impulsdruckes, wird nun das eine oder andere Wenderad zum Eingriff in das Getriebe gebracht,

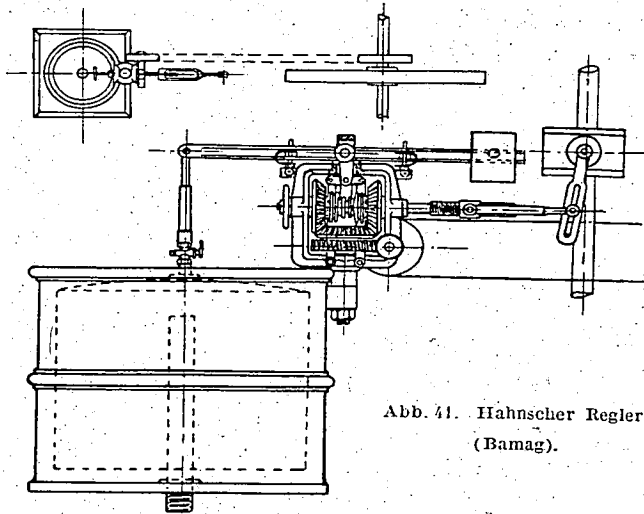


Abb. 41. Hähnscher Regler
(Bamag).

in der Solldruckmittelstellung bleibt die Drosselklappe in-Ruhestellung. Die Nachteile dieser Ausführung liegen teils im Regler, der bei verhältnismäßig starker innerer Reibung (im Wendegetriebe und Schubstangenkopf) eine gewisse Ungleichförmigkeit des Regelvorganges nicht vermeiden kann, teils in dem Beharrungsvermögen des Schwungrades, das diese stärkeren Pendelungen noch betont. Deshalb ist dieser Regler durch neuere Bauarten stark verdrängt worden.

Wegen dieses Beharrungsvermögens des Schwungrades wurde die Regelung der Kolbendampfmaschine zeitweise als ungeeignet verlassen. Neuere Anordnungen (s. später) zeigen aber, daß die Dampfzustromregelung auch hier zuverlässig möglich ist.

Mit der stärkeren Einführung sowohl des elektrischen Antriebes von Flügel-, Drehkolben- und Kreiskolbensaugern, als auch der elektrisch

oder mit Dampf angetriebenen Kreiselrad-(Turbo-)Sauger wurde die Maschinenregelung wieder stark in Angriff genommen, und für die Regelung des elektrischen, wie des Dampfantriebes sind die verschiedensten Lösungen gefunden und in der Praxis bewährt.

Elektrische Regelung von Gleichstromantrieben. Möglich ist hier der Gleichstrom-Nebenschlußmotor. Einschalten eines Widerstandes in den Ankerkreis ergibt eine allerdings unwirtschaftliche Drehzahlverminderung, Widerstand im Magnetstromkreis ergibt bei geringeren Verlusten Drehzahlerhöhung. — Für große Leistungen kommt die Leonard-Schaltung¹⁾ in Frage, die eine feinstufige, last-unabhängige Drehzahleinstellung etwa im Verhältnis 1:2 bis 1:3 einfach und wirtschaftlich ermöglicht²⁾. Als Steuermotor kann ein Drehstrom- oder Gleichstrommotor verwandt werden. Für kleinere Leistungen ist diese Regelung nicht wirtschaftlich, da die Anlagekosten nicht im Verhältnis der Leistungsgröße sinken.

Elektrische Regelung von Drehstromantrieben.

Der Induktionsmotor (asynchroner Schleifringläufermotor) ist zu regeln, einmal durch Einschalten eines Widerstandes in den Läuferkreis mit Hilfe der Schleifringe, wobei die Drehzahl verhältnismäßig mit größerem Widerstand zurückgeht, allerdings auch der Wirkungsgrad sich im gleichen Verhältnis verschlechtert. Andererseits kann er durch Polumschaltung geregelt werden, — besonders günstig beim Kurzschlußläufer, — allerdings nur sprunghaft und unter Verschlechterung des Leistungsfaktors. Der Kurzschlußläufer wird deshalb besser in Verbindung mit Flüssigkeitsgetrieben (s. später) angewandt.

Der Kommutatormotor kann durch Spannungsänderung oder durch Änderung der Feldstärke geregelt werden. Wird dem Anker durch einen Regeltransformator Gegenspannung zugeführt, so sinkt die Drehzahl, wird Zusatzspannung zugeführt, so steigt die Drehzahl. Bei Änderung der Feldstärke ändert sich die Drehzahl im umgedrehten Verhältnis der Feldstärke. Der Kommutatormotor eignet sich besonders für kleinere Leistungen, während bei großen Motoren Grenzen in der Abstimmung von Drehzahl und Leistung gegeben sind.

Zu berücksichtigen ist bei der elektrischen Regelung, ob es sich um eine Saugermaschine mit Verdrängerwirkung (Flügel-, Kolbensauger) handelt, deren Drehmoment der Drehzahl verhältnismäßig ist, oder ein Kreiselradgebläse, bei dem sich das Drehmoment mit der 2. Potenz der Drehzahl ändert. Eine eingehende Übersicht über elektromotorische Antriebe in Gaswerken mit Darstellungen von Kraftbedarf, Leistungsabgabe, Regelverlusten, Anlaufverhalten u. dgl. gibt Ipfelkofer²⁾.

¹⁾ Hütte, Ing.-Taschenbuch, II, s. 1139 Berlin 1923.

²⁾ J. Ipfelkofer, Gas- und Wasserfach 81 (1938), S. 266.

Regelung elektrischer Antriebe durch nicht elektrische Getriebe.

Auf nicht elektrischem Wege kann die Drehzahlregelung durch Zwischenschaltung stufenlos regelnder Getriebe weitgehend eingerichtet werden. Es liegen bewährte Ausführungen vor, sowohl von hydraulischen, wie von mechanischen Bauarten.

Hydraulische Regelgetriebe arbeiten entweder hydrodynamisch oder hydrostatisch.

Hydrodynamische Getriebe ändern die Drehzahl eines Antriebes mittels Kraftübertragung durch die Massenkräfte einer Flüssigkeit. Diese

läßt zwischen dem antreibenden Pumpenrad und dem getriebenen Turbinenrad einer Turbokupplung je nach Änderung der Kupplungsfüllung einen verschieden starken Schlupf zu und gibt der Abtriebseite eine mit zunehmendem Schlupf abnehmende Drehzahl¹⁾ (Abb. 42). Der turbinenartige Charakter macht diese Turbokupplung besonders geeignet für Maschinen mit Ventilatormoment.

Für Antrieb von Drehkolbensaugern u. dgl. mit gleichmäßigem Drehmoment sind geeigneter die hydrostatischen Getriebe, z. B. das Pittler-Thoma-Getriebe (Abb. 43). Dieses besteht aus zwei an sich gleich gebauten Teilen, dem Pumpen-(Antrieb-)Teil und dem Motor-(Abtrieb-)Teil. Der Pumpenteil ist unmittelbar mit dem antreibenden Kurzschlußläufermotor gekuppelt, der durch Bewegung des im Gehäuse rollenden Zylindersternes mit dem Hub jedes Zylinders

Öldruck für den Motorteil erzeugt. Das den Zylinderstern umschließende Gehäuse ist seitlich durch Spindel mit Handrad verstellbar. In Mittelstellung des Gehäuseringes wird kein Drucköl gefördert, mit zunehmender seitlicher Verschiebung mehr. Zur Druckölförderung zum Motorzylinderstern wie auch zum Ölsaugen und -abführen dienen die Bohrungen des Mittelzapfens, auf dem sich beide Zylindersterne drehen. Die Drehbewegung des Motorteils (Antriebseite) kommt zustande durch die tangentielle Kraftkomponente der durch das Drucköl nach außen an den Trommelring gepreßten Kolben des Motorzylindersternes. Die Handradspindel kann auch mit einer durch

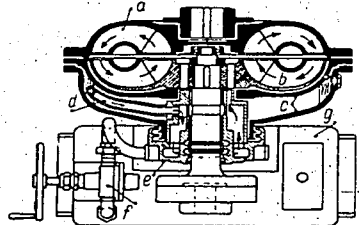
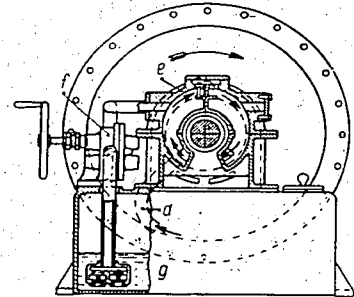


Abb. 42. Hydrodynamische Turbokupplung.

¹⁾ Wärme 1935, S. 785.

einen Regler bedienten Zahnstange verstellt werden (s. später). Für sehr langsam laufende Sauger ist meist die Nachschaltung eines Untersetzungsgetriebes notwendig.

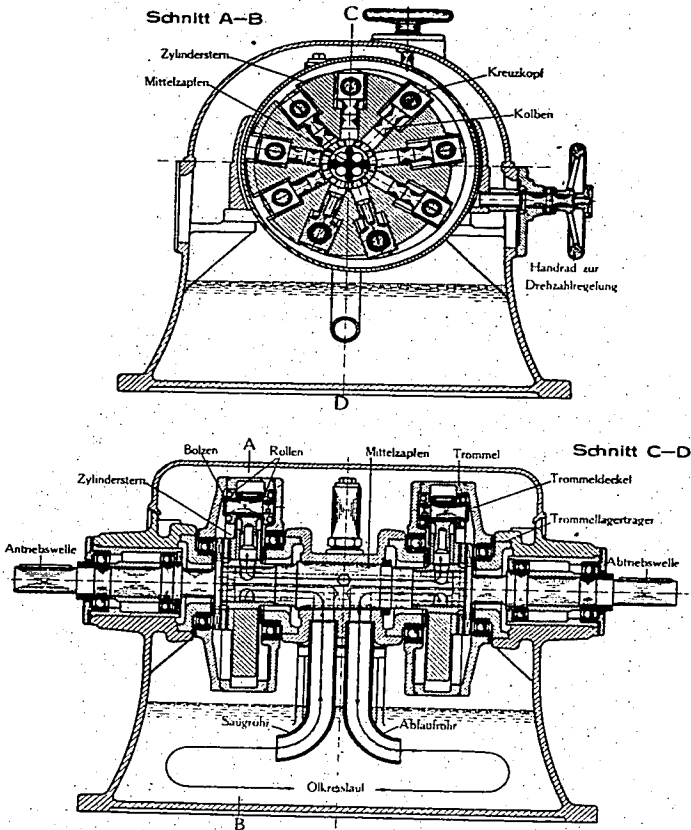


Abb. 43. Lauf-Thoma-Getriebe, Längs- und Querschnitt. (Trommelbauart.)

Die mechanischen, stufenlos regelnden Getriebe arbeiten meist in irgendeiner Form mit gegeneinander gestellten verschiebbaren Kegeln. — Als Beispiel sei das P.I.V.-Getriebe¹⁾ angeführt. Regelnde Teile sind 2 Paar Kegelscheiben, jedes Paar spitz zueinander auf zwei parallelen Wellen angeordnet. Die Kegelscheiben sind durch Hebel auf ihrer Welle verschiebbar, und zwar so, daß bei Annäherung des einen Kegelpaares sich das andere auseinanderschiebt (Abb. 44). Eine zwischen

¹⁾ W. Reimers K.G., DRP. 435554, 429069, 430252, 536935.

beiden Kegelpaaren laufende Gliederkette legt sich jeweils in den ihrer Breite entsprechenden Zwischenraum und findet so die verschiedensten Übersetzungsverhältnisse, die durch den Hebel mittels Spindel und Handrad im Betrieb verstellt werden können. Das Wesentliche dieser Bauart ist die Zahnriillenausbildung der Kegelinnenflächen und die mit quer eingebauten Stahllamellen versehene, kraftübertragende Kette. Die Lamellen legen sich jeweils in die Zahnriillen ein, verhindern dadurch jeden Schlupf und gewährleisten einwandfreie Kraftübertragung (Abb. 45). — Andere Bauarten von Kegelradgetrieben verhindern diesen Schlupf

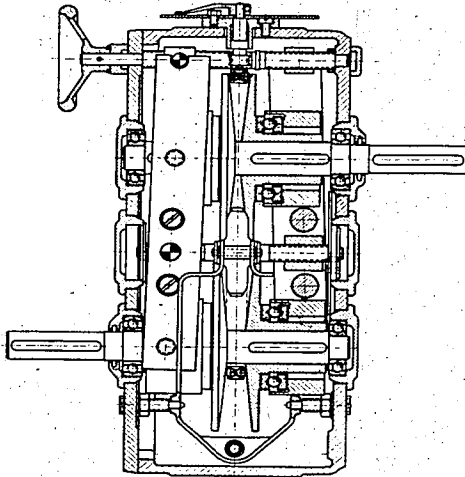


Abb. 44. PIV-Getriebe, Anordnung.

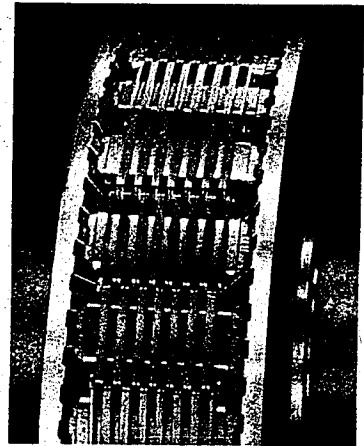


Abb. 45. PIV-Getriebe, Kette.

durch Gelenkkette mit Gummiwulsten oder durch eingebaute gleitende Segmente. — Aus Rücksicht auf die Kettenbeanspruchung darf die Umlaufgeschwindigkeit dieser Getriebe nicht zu hoch sein, weshalb bei Antrieb durch schnelllaufende Motore dem Getriebe antriebsseitig eine Untersetzung vorgebaut wird. Die Einstellung der Drehzahländerung kann auch hier an Stelle des Handrades durch eine mechanische oder elektrische Reglerbeeinflussung erfolgen.

δ) Heizwertregler.

Über einen Heizwertregler von Henn berichtet Greim¹⁾. Dieser beeinflusst die Ofengasung vom Ofengaskalorimeter aus über den Umlangsregler, arbeitet also mit ungleichmäßiger Saugung auf gleich-

¹⁾ E. Greim, Gas- und Wasserfach 78 (1935), S. 486.

mäßigen Heizwert und dürfte für Trockenbetrieb kleinerer Anlagen besonders geeignet sein. Er benutzt in einem Steuerregler die verschiedene Längenausdehnung eines Rohrsystems, das teils vom kalten Zulauf, teils vom warmen Ablauf des Kalorimeterwassers durchflossen wird; die Längenausdehnung des warmen Rohres steuert das Ventil einer Druckgasleitung, durch die eine Wasserzusatzbelastung auf der Umlaufreglerglocke des Gassaugers vermindert oder vermehrt wird. Ein Diagramm zeigt¹⁾ die Schwankung der Saugung in Grenzen von 5 bis 20 mm. Über Durchschnitt und Schwankung des Inertgehaltés sind keine Angaben gemacht.

Der im Lauf der letzten Jahre ständig weiter durchgebildete und zu großer Leistungsfähigkeit entwickelte Reineke-Heizwertregler²⁾ ist ein von der Höhe eines Gasheizwertes beeinflusster Regelmechanismus, dessen Verstellkraft, durch Kraftglieder verstärkt, dem Steuerglied zugeführt wird.

Als Impuls dient der bei dem schreibenden Junkers-Kalorimeter ebenso wie für den Millivoltsschreiber durch die Temperaturdifferenz des Kühlwasser-Ein- und -Austritts in einer Thermoelementenreihe erzeugte Millivoltstrom. Dieser bewegt den waagrecht schwingenden Zeiger eines Galvanometersystems zwischen den 2 Gegenkontakten eines elektrischen Relais (Abb. 46, Ziffer 5, 6). Durch einen mit Nockenscheibe angetriebenen Fallbügel wird in regelmäßigem Zeitabstand der am Zeiger angebrachte kleine Kontaktblock auf den einen oder anderen Endkontakt gepreßt bzw. bei der dem Sollwert entsprechenden Mittelstellung des Zeigers kein Kontakt bewirkt. Wird ein Kontakt geschlossen, so wird in dem Kraftglied, einem elektrohydraulischen Relais, durch den Stromschluß der öffnende bzw. schließende Elektromagnet des Druckölsteuerwerkes betätigt. Um Überregeln und damit starkes Pendeln der angeschlossenen Gemischregelung zu verhüten, arbeitet der Heizwertregler mit »Impulsauswahl« (vgl. S. 26), d. h. er läßt z. B. bei steigendem Gemischheizwert, also einseitig abgelenktem Galvanometerzeiger, nicht bei jedem Fallbügelhub einen den Zusatz ändernden Kontakt geben. Dies wird dadurch erreicht, daß die Endkontakte auf Bimetallstreifen (Ziffer 17, 18 in Abb. 46) angebaut sind, deren Heizdrahtumwicklung in den Kontaktstromkreis eingeschlossen ist. Durch diese Heizdrahterwärmung wird der Bimetallstreifen mit dem Kontaktbügel seitlich aus dem Ausschlagbereich des Galvanometerzeigers ausgeschwenkt und erst nach mehreren Fallbügelhuben infolge Wiederabkühlung zurückgeschwenkt. Der Regler erlaubt Einstellung auf Sollheizwerte in bestimmten Grenzen dadurch, daß die Aufhängung des kontaktvermittelnden Galvanometerzeigers (Ziffer 4 in

¹⁾ E. Greim, Gas- und Wasserfach 78 (1935), S. 486

²⁾ H. Reineke, Ausl.-Patente u. DRP ang.

Abb. 46) an Hand einer Skala nach rechts oder links verdreht wird, so daß z. B. eine stärkere Neigung zum Kontakt des heizwertmindernden Vorganges eingestellt wird, wenn ein niedriger Heizwert angestrebt wird.

Da das mit offener Flamme brennende Kalorimeter oft nicht in der Nähe der in gasgefährdetem Raum liegenden Mischstelle stehen kann, ergeben sich lange Zuleitungswege und damit starke Verzögerung des Regelimpulses. Dieser Nachteil läßt sich stark verringern, indem man eine nicht zu enge Hilfsleitung von der Stelle der Gemischprobe- nahme in nächster Nähe des Kalorimeters vorbei und nach einer Be-

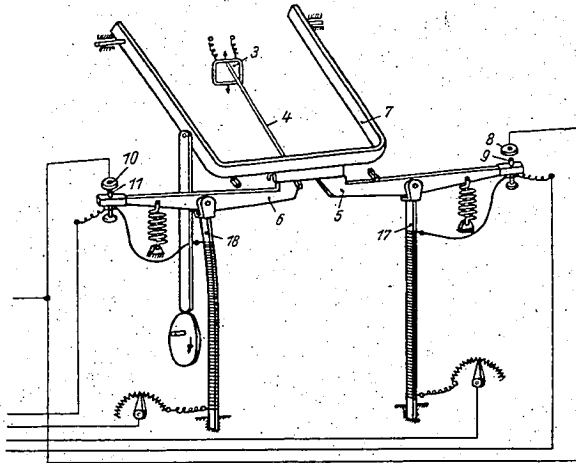


Abb. 46. Heizwertregler Reineke, Arbeitsschema.

triebsstelle niederen Druckes ableitet; durch diese Hilfsleitung strömt dann ständig ein lebhafter Strom des zu prüfenden Gasgemisches, und an nächster Stelle zum Kalorimeter wird die Zuleitung zu diesem abzweigend.

Der Heizwertregler kann auch als Temperaturregler, von einem Thermoelement beeinflußt, arbeiten.

e) Zubehör der Regler.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß für den Regelerfolg das Vermeiden jeglicher Reibungsverluste sehr wichtig ist. In den beschriebenen Regelmechanismen ist dies auf verschiedenem Wege weitestgehend erreicht. Ebenso ist in der Ausbildung der Übertragung (des Stellzeugs) und der Steuerorgane, hier besonders der Drosselklappen, auf Leichtigkeit zu achten. Seilführungen laufen am sichersten

über kugellagerte Rollen. Das für die Saugungs- und Gemischregelung meist übliche Drosselorgan, die Drosselscheibe, wird fast ausschließlich als um eine Mittelachse drehbare Rundscheibe ausgeführt. Auch hier ist Kugellagerung, besonders bei ölfreien Gasen, erwünscht, und die

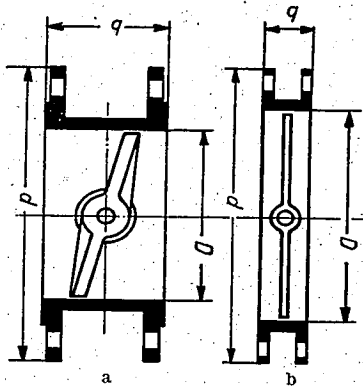


Abb. 47. Drosselkappen.

Stopfbüchsendurchführung der Achse durch das Rohr bedarf besonderer Pflege. Wird gegebenenfalls völliger Abschluß der Rohrleitung durch die Scheibe verlangt, so muß sie schräggestellt in einem Flanschenpaßstück eingebaut werden (Abb. 47a). Für Saugungsregelung ist aber fast immer eine gewisse Offenstellung vorhanden und deshalb nicht nötig, unter Umständen sogar gefährlich, eine Drosselklappe mit Schlußstellung zu verwenden, sondern es genügt eine Klappe mit Ringspalt, eingebaut in ein schmales Flanschenpaßstück (Abb. 47b), oder noch einfacher in einem zwischen 2 Flanschen einzusetzenden Ring (Abb. 48). Die Betätigung

der Drosselklappe geschieht, wenn die Druckleitungen bis zur Regelstelle geführt sind (oben erwähnt als »hydraulische Rückführung«), unmittelbar von einem Steuerzylinder mittels Gestänge, oder

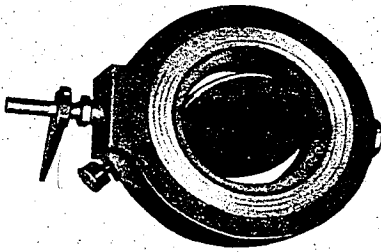


Abb. 48. Drosselklappe.

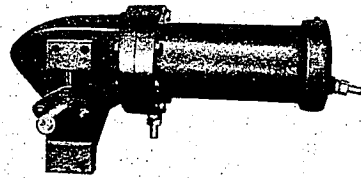


Abb. 49. Steuerzylinder für unmittelbare Kupplung.

durch Seilzug mit Gegengewicht über ein auf der Welle der Klappe aufgesetztes Segment. Der Steuerzylinder kann auch mit der Scheibenwelle unmittelbar gekuppelt werden (Abb. 49).

Ist der Fühler oder Impulsgeber weit von dem Regler entfernt, also eine lange Impulsgasleitung notwendig, so treten, besonders wenn wesentliche Höhenunterschiede hinzukommen, unter Umständen Störungen auf durch den Einfluß des spez. Gewichtes der Gassäule in der Impulsleitung. Für solche Fälle hat es sich bewährt, die Impulsleitung oder etwaige sonstige statische Übertragungsleitungen mit Hilfe eines

kleinen Luftgebläses und einer, die Luft nur perlend durchlassenden Lufteinblasevorlage mit einem ständig erneuerten Luftpolster als Schutzgas zu füllen. Dieses hat auf die Druck- oder Unterdruckübertragung keinen Einfluß und hält zugleich bei unreinen Gasen die Impulsleitung frei von Kondensaten oder Verschmutzungen.

Der Druckwasserantrieb des Regelmechanismus hatte den Vorteil, daß der Druck praktisch nie versagt. Der durch die Wasserkorrosionsgefahr bedingte Übergang zum Druckölbetrieb macht sich vom elektrischen Antrieb und damit von Stromstörungen abhängig. Wenn auch die Drosselorgane bzw. Steuerzylinder meist so ausgerüstet sind, daß bei Ausfall des Steuerdruckes sich die Drosselklappe durch Gegengewicht ganz öffnet, also z. B. bei Saugungsregelung dadurch keine unmittelbare Betriebsgefahr eintreten kann, so kommen doch Regelfälle vor, in denen der Reglerausfall unangenehme Betriebsunregelmäßigkeiten verursacht. Für solche Zwecke ist z. B. von Reineke die Einrichtung eines Reserveantriebes in der Weise getroffen worden, daß bei Ausbleiben des Stromes ein im Normalbetrieb durch Elektromagnet geschlossen gehaltenes Dampf- oder Druckwasserventil geöffnet wird und eine mit dem Motor der Druckölstation auf gleicher Welle gekuppelte Turbine den Druckölantrieb selbsttätig übernimmt, also keine wesentliche Unterbrechung der Regelarbeit eintreten kann.

d) Regelanordnungen im Gaswerkbetrieb.

Auf einige Regleranordnungen wurde oben unter Arten der Regelung und unter Reglerbauarten bereits kurz hingewiesen. Zur Ergänzung der Übersicht seien nachstehend einige wesentliche, im Gaswerkbetrieb vorkommende Regelungen schematisch dargestellt. Die Übersicht kann bei der Fülle der Möglichkeiten nicht vollständig sein und die Einzelfälle sind meist sehr änderungs- und anpassungsfähig; sie sind auch meist nicht an eine etwa erwähnte Reglerbauart gebunden, sondern auch mit anderen Bauarten ausführbar, mit Ausnahme einiger Sonderfälle.

α) Saugungsregelung.

Regelung im Gasweg. Die unmittelbarste und wirkungsvollste Regelung im Gasweg ist die Vorlagenregelung im Gasabgang jedes einzelnen Entgasungsraumes, hinter der Vorlage im Steigrohr, mit Impulsenentnahme kurz vor der Drosselklappe. Sie gewährleistet für jeden Zustand des Entgasungsvorganges die richtige Absaugung und damit beste Gasausbeute. Je nach Zahl der Kammern können die Anlagekosten für eine große Zahl Einzelregler zu hoch sein, die Anwendbarkeit ist daher örtlich zu prüfen, ist aber mehrfach ausgeführt worden (u. a. Gaswerk Neustadt a. H. mit Strahlrohrreglern¹⁾ (Abb. 50).

¹⁾ Wingenfeld, Deliwa-Ztg. 1927, Nr. 25

Aus Rücksicht auf die Anlagekosten wird deshalb häufiger die Regelung in der Gasabgangsleitung kurz hinter den Öfen angewandt (Abb. 51), die einen gleichmäßigen Durchschnittsdruck bzw. gleich-

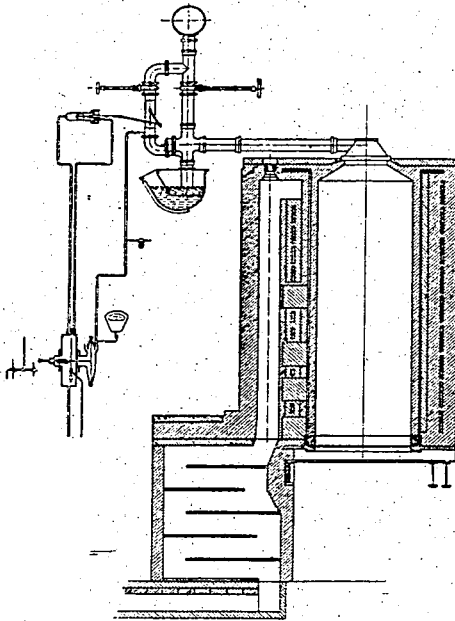


Abb. 50. Regelung der Saugung an der Vorlage (Askania).

mäßige, sehr schwache Saugung im Sammelrohr durch eine reglergesteuerte Drosselklappe erreicht. Der Impuls wird an möglichst zentraler Stelle am Sammelrohr entnommen.

Ebenfalls sehr oft gebraucht ist der Einbau einer reglergesteuerten Drosselklappe an Stelle des zu unempfindlichen

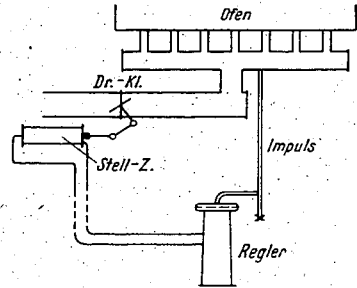


Abb. 51. Regelung der Saugung in der Ofengasleitung.

und zu stark pendelnden Umlaufreglern an der Saugermaschine (Abb. 30) oder durch Steuern des Umlaufreglers nach Abb. 33; die Impulsnahme erfolgt meist auf der Saugseite der Maschine, besser aber von der Ofengasleitung nahe den Öfen her, bei langer Impulsleitung mit Schutzgas (S. 47).

Saugungsregelung am Antrieb. Gegenüber dieser verhältnismäßig einfach auszuführenden Gastromregelung bietet die Regelung an der Saugermaschine verschiedene Schwierigkeiten. Sie liegen, wie erwähnt, bei der Kolbendampfmaschine in dem Beharrungsvermögen des Schwungrades, ferner in der Schwierigkeit, Hochdruckdampf fein zu dosieren. Da aber bei der Maschinenregelung Energie zu sparen ist, im Gegensatz zur energievernichtenden Drosselregelung, ist dieser Weg immer wieder versucht und zu den verschiedensten, z. T. sehr befriedigenden Lösungen gebracht worden, von denen einige Beispiele gebracht werden.

Bei Kolbendampfmaschinen ist bei Vorhandensein eines Expansionsdrehsehiers dessen Steuerung zum Ändern der Dampfmenge möglich. Gaswerk Würzburg (Bamag) benutzt hierzu einen Hilfsglockenregler, dessen Hub durch ein Winkelhebelgestänge auf den Drehschieber übertragen wird (Abb. 52). Der Hilfsglockenregler selbst wird betätigt durch Druckgas aus der Gasleitung. Das Druckgas wird durch ein federbelastetes, vom Umlaufregler mit Zusatzglocke (vgl. Abb. 27) beeinflusstes Ventil unter die Hilfsreglerglocke gedrückt, wenn bei zu starker Saugung eine Drosselung des Maschinendampfes notwendig ist;

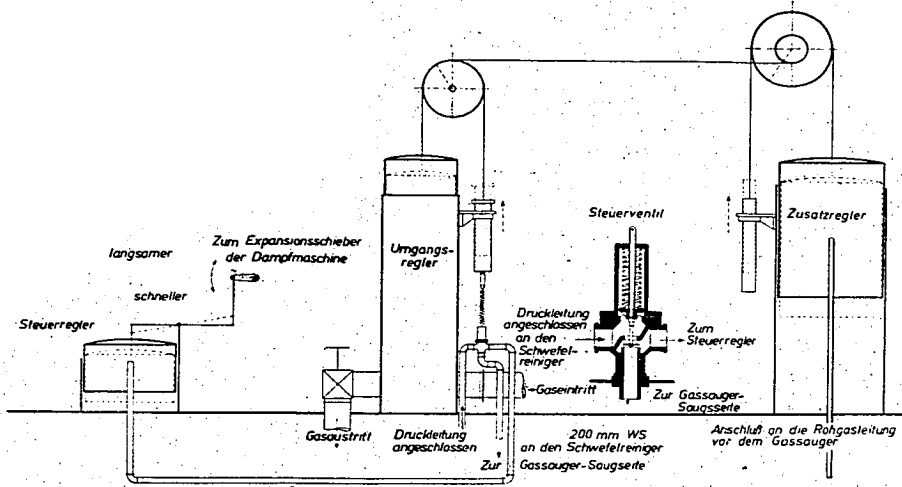


Abb. 52. Saugungsreglung an der Dampfmaschine mittels Hilfsglocke (Bamag).

im entgegengesetzten Falle läßt dieses Ventil das Druckgas aus dem Hilfsregler nach einem Saugleitungsanschluß entweichen. Diese Regelung wirkt viel genauer als die Drosselklappenregelung des Hahnschen Reglers.

Bei Dampfturbinen sind verschiedene Wege beschritten worden, z. B. eine Nadelventilsteuerung der Maschinendampfmenge, in Verbindung mit einer zwangsläufig gekuppelten Drosselklappenregelung in der Saugleitung (Arca, Abb. 53). Der in üblicher Weise betätigte Stellzylinder der Drosselklappenregelung betätigt mittels einer an seiner Kolbenstange angebrachten gestuften Auflage den Schubstift eines Steuerkolbens. Dieser steht unter dem Öldruck einer gemeinsamen Druckölanlage, die über diesen Steuerkolben einen 2. Stellzylinder für das Dampfsteuernadelventil betätigt. Gasmengen- und Maschinendampfregelung laufen also ständig parallel und ergänzen sich.

Statt dieser Kuppelung von Drosselklappe und Nadelventil ist auch eine Kuppelung des mit einem Hilfskolben betätigten Turbinendampfventils mit einem am gleichen Gestänge wirkenden Fliehkraftregler ausgeführt worden (Arca).

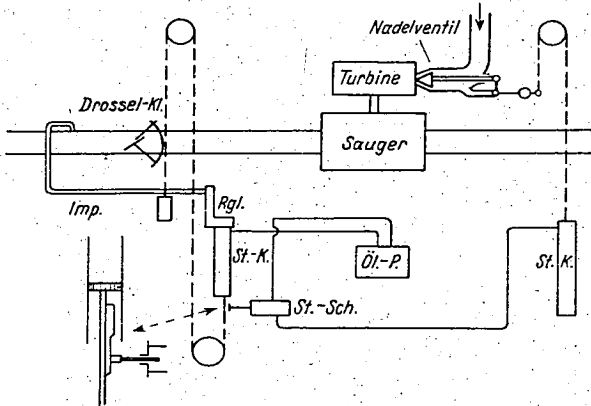


Abb. 53. Saugungsreglung an der Dampfturbine (Arca).

Eine andere Ausführungsart (Reineke) betätigt durch das Steuerventil des Reglers nicht nur den Steuerzylinder des Dampfdrosselventils, sondern zur Dämpfung der Pendelungen wird bei stärkerem Ausschlag des Reglerventils noch ein Hilfskolben gesteuert. Dieser verschiebt einen die Bewegung der Dampfdrosselsteuerung eng begrenzenden

Anschlag entsprechend der Belastung der Anlage, so daß die Hubbegrenzung, also die Pendelung, auch bei Belastungsschwankungen sehr eng bleibt.

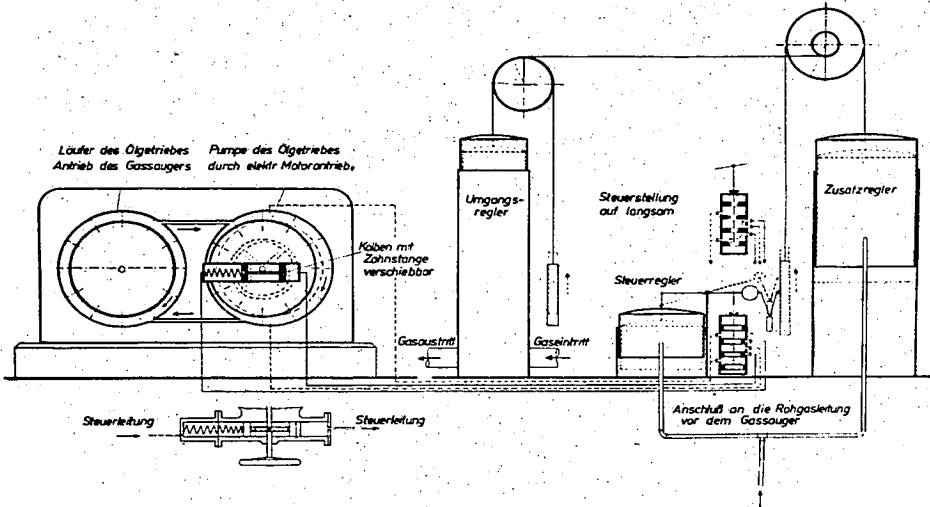


Abb. 54. Flügel-saugerreglung mit Pittler-Thoma-Getriebe (Bamag).

Regelung von elektrisch betriebenen Gassaugern:

Einen elektrisch angetriebenen Flügelsauger regelt Gaswerk Würzburg (Bamag) durch Beeinflussung der mittels Pittler-Thoma-Flüssigkeitsgetriebe getätigten Drehzahlregelung (vgl. Abb. 43). Dieses Getriebe ist wie oben erwähnt, durch Handspindel verstellbar. Hier wird die Spindel durch eine hinter dem Handrad angreifende Zahnstange bewegt (Abb. 54). Diese wird durch Drucköl gesteuert von einem dem zusätzlichen Glockensteuerregler angebauten Steuerkolben. Das Drucköl wird dem Pittler-Thoma-Getriebe entnommen, der Glockensteuerregler steht unter dem gleichen Impulsdruck wie die Umlaufreglerzusatzglocke.

β) Erzeugungsregelung.

Die vorgenannten Saugerrregelungen beeinflussen natürlich die Erzeugung insofern, als sie z. B. Fremdansaugung oder Kammverlustrate vermeiden. Sie ändern aber nichts an den durch die Erzeugungsart an sich

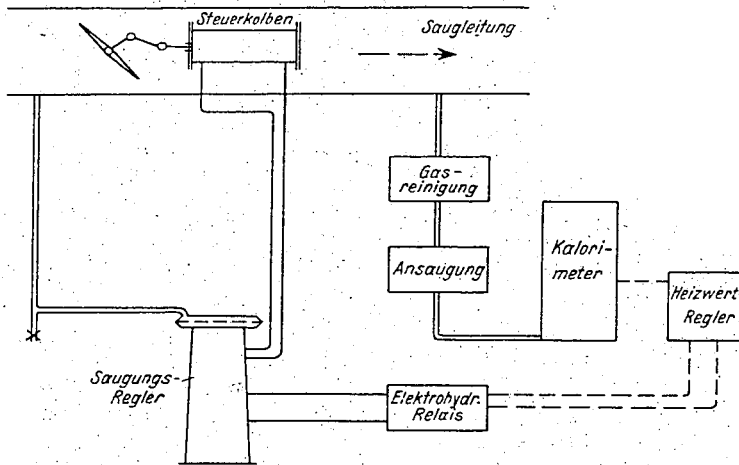


Abb. 55. Saugungsregelung vom Heizwertregler (Reineke).

gegebenen Schwankungen. In Sonderfällen wird aber z. B. die Erzeugung eines gleichmäßigen Heizwertes aus Ofen- oder Generatorgasanlagen gefordert. Diese unmittelbare Erzeugungsregelung ist möglich durch Anordnung einer Steuerung, z. B. Regelung des Dampfzusatzes im Naßbetrieb, Regelung des Generator-Unterwinddampfzusatzes oder auch durch unmittelbaren Einfluß auf die Saugung. Abb. 55 zeigt eine von einem Heizwertmesser über einen Heizwertregler (vgl. S. 44) mit elektrohydraulischem Relais betätigte Saugungsregelung.

Eine ähnliche Erzeugungsregelung ist auch die erwähnte (S. 43) Heizwertregelung von Henn¹⁾.

Erzeugungsregelung kann auch als einfache Gasmengenregelung ausgeführt werden, mit Impuls des Steuerreglers durch den Differenzdruck einer in die Gasleitung eingebauten Stauscheibe.

Erzeugungsregelung ist ferner üblich im Generatorenbetrieb zur Anpassung der Erzeugungsmenge an den am Ofen einzustellenden Heizbedarf. Sie ist in einfacher, für den Betrieb gut ausreichender Form möglich durch 2 Glockenregler, wovon der Gasmengenregler vom Gasdruck in der Ofenzuleitung beeinflusst wird, während die Windreglerglocke den Impuls aus der Gasleitung vor dem Gasregelschieber

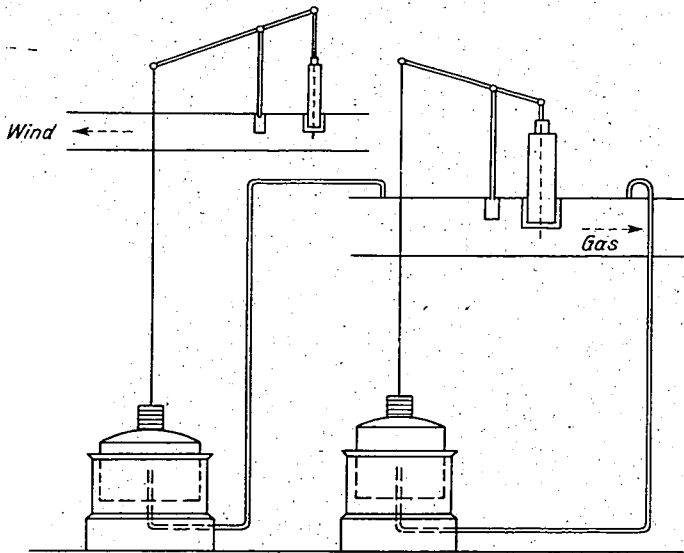


Abb. 56. Generatorgas-Erzeugungsregelung (Koppers).

erhält (Abb. 56). In grundsätzlich gleicher Anordnung kann diese Steuerung auch durch hydraulische Steuerregler betätigt werden.

Im Wassergasbetrieb kommen Dampfzusatzregler vor, die bei Nachlassen des Dampfdruckvorrates aus dem Generator- oder Abhitze-kessel die für die Erzeugung nötige Dampfzusatzmenge aus dem Betriebsnetz steuern.

Eine besondere Art der Erzeugungsregelung ist die Programmregelung der automatisch arbeitenden Wassergasanlagen. Durch einen

¹⁾ E. Greim, GWF 78 (1935), S. 486.

Programmgeber, z. B. eine mit Hilfsmotor angetriebene Stufen- oder Nockenscheibe, wird die Ein- und Ausschaltung der einzelnen Arbeitsvorgänge in bestimmter Anordnung und zeitlicher Folge und Länge geregelt¹⁾.

γ) Gemischregelung.

Gemischregelung kann einmal auf reiner Mengenregelung beruhen, wenn z. B. zwei verschiedene, aber an sich gleichmäßige Gase in bestimmtem Verhältnis zu wechselnder Gesamtmenge zu mischen sind. Wird in jeder Teilleitung vor der Mischstelle ein Staurand eingebaut und die vor den Stauscheiben angeschlossenen Druckimpulsleitungen zu je einer Seite der Membran eines hydraulischen Reglers geführt (Arca, Abb. 57), oder auch in 2 Membranen, deren gegeneinander abstimmbare Verstellkraft den Regler beeinflusst (Reineke), so kann eine

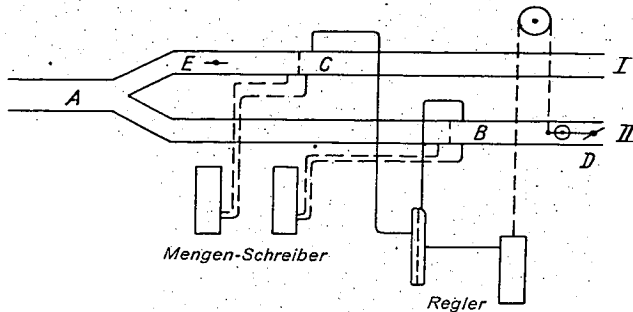


Abb. 57. Gemischregelung (Arca).

Drosselklappe in der einen Teilleitung durch den Regler so gesteuert werden, daß der Druck bei B gleich dem bei C oder in einem festen Verhältnis zu dem bei C (Abb. 57) bleibt, also die Mischung ein durch Druck und Stauscheibenöffnung gegebenes Verhältnis hat. Durch Verstellen der Drosselklappe E von Hand können dem Mischungsverhältnis weitere Änderungen gegeben werden.

Ofter aber werden Gase wechselnder Beschaffenheit oder solche teils gleicher, teils wechselnder Art gemischt. Die wichtigste Eigenschaft ist dann meist der Heizwert des Gemisches und deshalb wird eine solche Mischung durch einen vom Kalorimeter betätigten Heizwertregler (siehe oben), eingeleitet und durch das elektrohydraulische Relais der Steuerkolben der Drosselklappe in der einen Gaszuleitung betätigt. Diese Form ist z. B. sehr geeignet und oft gebraucht für die Zumischung des

¹⁾ H. Kurz und Fr. Schuster, Koks, ein Problem der Brennstoffveredlung. Leipzig 1938, S. 271. — R. Nübling und R. Mezger, Gas- und Wasserfach 70 (1927) S. 1122.

praktisch gleichbleibenden Wassergases zu dem je nach der Ausstellungszeit und dem Chargenabstand in Menge und Heizwert stark schwankenden Ofengas. Der Impuls wird möglichst nahe hinter der Mischstelle, aber doch so weit hinter dieser entnommen, daß die völlige Durchmischung erwiesen ist. Bei rechtwinkliger Einföhrung des Zusatzgases ist diese schon nach wenigen Metern Mischleitung vollendet; bei Raumangel kann die Mischung durch Drallblecheinbau noch gefördert werden.

Eine weitere Form der Gemischregelung ist die Wärmemengenregelung durch Mischen wechselnder Mengen verschiedenartiger Gase. Diese ist in Großbetrieben in neuerer Zeit mehrfach in verschiedener Einzelausführung entwickelt worden, z. B. zur Zuföhr eines Heizgasgemisches zu einer Ofenanlage oder für sonstige Heizzwecke. Zur Gleichmäßigkeit der Beheizung ist gleichmäßige Wärmezuföhr notwendig, — nicht unbedingt gleicher Heizwert, sondern ein gleichbleibendes Produkt aus Gasmenge mal Heizwert.

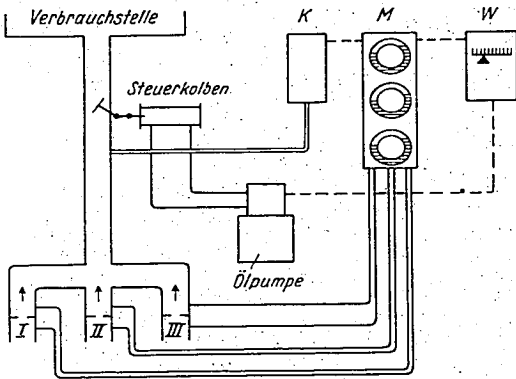


Abb. 58. Wärmemengenregelung (Reineke).

des einzelnen Gases nach dessen verfügbarer Menge gedrosselt oder freigegeben werden können. — Als Beispiel geben folgende praktisch ausgeführte Formen (Reineke) einen Einblick in die Möglichkeiten dieser Regelung.

Abb. 58 zeigt eine Beheizungsregelung mit Gemisch aus vorstehend genannten drei Gasen. Jedes Einzelgas wird mittels Staurand gemessen und die Gasmenge elektrisch addiert. Vom Gasgemisch der Sammelleitung wird ein Kalorimeter *K* gespeist, dessen Millivoltstrom im Wärmemengensteuerwerk *W* mit der Gasmengensumme multipliziert wird und den Wärmeinhalt ergibt. Das Steuerwerk ist auf einen Sollwert in kcal/h eingestellt. Würde z. B. das Gas 1 mangels Vorrat stark oder ganz gedrosselt, so zeigt das Gemisch einen niederen Heizwert, der mit der ebenfalls zurückgegangenen Gasmengensumme eine zu niedrige Wärmemenge, unter dem Sollwert, ergibt. Das Steuerwerk öffnet daher die Drosselklappe in der Gemischleitung und läßt von dem heizwertärmer

gemisches zu einer Ofenanlage oder für sonstige Heizzwecke. Zur Gleichmäßigkeit der Beheizung ist gleichmäßige Wärmezuföhr notwendig, — nicht unbedingt gleicher Heizwert, sondern ein gleichbleibendes Produkt aus Gasmenge mal Heizwert. Sind etwa zur Verfügung: Koks ofengas von 4600 kcal, Restgas einer Synthese von 6 bis 8000 und Gichtgas von 1150 kcal, jedes aber, je nach den Arbeitsverhältnissen der Teilbetriebe, in wechselnder Menge, so muß die Zugabe

gewordenen Gemisch eine so viel größere Menge durch, bis das Produkt Heizwert mal Gasmengensumme am Wärmemengensteuerwerk wieder den Sollwert erreicht hat.

Statt den Gemischgasstrom zu drosseln, wird bei einer anderen Ausführung das gemischfördernde Drehkolbengebläse geregelt (Reineke). Die Drehzahl des Gebläses steht im direkten Verhältnis zur Gasmenge; sie wird als Mengimpuls genommen, indem ein Hilfsgasmesser, mit dem Gebläseantrieb in bestimmtem Übersetzungsverhältnis gekuppelt, einen nicht gleichmäßigen, sondern verhältnismäßigen Gasstrom dem Kalorimeter zuführt. Dessen Thermostrom gibt also stets unmittelbar die Größenordnung des Gasgemischwärmeinhaltes, der nun dem Wärmemengensteuerwerk zugeführt wird; bei einer Abweichung von dem eingestellten Sollwert, z. B. nach oben, wird über einen Wendschutz die Motorregelung des Drehkolbengebläses verlangsamt. Die Folge ist eine geringere Gasmenge auch im Kalorimetergasmesser, eine abnehmende Wärmegesamtmenge und damit eine Wiederannäherung an den Sollwert des Wärmemengensteuerwerkes.

Die vorstehend unter »Regelanordnungen« gebrachten Beispiele zeigen die ungeheure Vielseitigkeit sowohl der der Regelung gestellten Aufgaben, wie der Regler-Bauarten und ihrer Anwendungsmöglichkeiten.

C. Gaskühlung.

1. Grundsätze der Kühlung.

Unter Gaskühlung ist sowohl die Kühlung der aus Kohlendestillationsanlagen (Entgasungsöfen, Schwelanlagen, Doppelgasanlagen) anfallenden Rohgase zu verstehen, die eine Mischung von Gas und kondensierbaren Wasser- und Teerdämpfen darstellen, als auch die Kühlung praktisch teerfreier Gase, wie Wassergas und Generatorgas. Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich zunächst vornehmlich auf die für die Kokerei- und Gasindustrie wichtigere Rohgaskühlung.

Diese beginnt bereits beim Verlassen des Ofens in der Vorlage. Wie schon bei Darstellung der Ofenbauarten ausgeführt, ist eine Kühlung des Rohgases beim Verlassen des Entgasungsraumes der Hochtemperatur-entgasung durch Wassereinspritzen fast allgemein üblich, teils als Düsenzerstäubung im Gasabgangsrohr, teils als Tellerberieselung in der Vorlage. Dadurch wird das heiße Ofengas abgeschreckt, Dickteerbildung vermindert, und ein Teil des Teeres bereits niedergeschlagen. Das Gas wird unter teilweiser Wasserverdampfung auf unter 100° abgekühlt und verläßt die Vorlage als praktisch wasserdampfgesättigtes Gasdampfgemisch.

Eine weitere Abkühlung erfolgt in der im allgemeinen frei verlegten Rohgasleitung vom Ofenhaus zum Apparatehaus. Bei großer Entfernung

dieser Anlagen voneinander und niedriger Außentemperatur kann die Abkühlung in der Rohgasleitung unerwünscht weit gehen und deren teilweise Isolierung notwendig machen, um störenden Naphthalin-ausscheidungen vorzubeugen.

Das Rohgas enthält an auszukühlenden bzw. abzuscheidenden mechanischen Beimengungen Wasserdampf, Kohlenwasserstoffdämpfe und Teerdämpfe. Mitgerissener Kohlenstaub wird im allgemeinen schon in der Vorlage mit niedergeschlagen. Die Kohlenwasserstoffdämpfe, soweit sie nicht zu den Teerölen gehören, werden in der Benzolwäsche erfaßt. Die Kühlerleistung erstreckt sich in der Hauptsache auf die Niederschlagung des Wasserdampfgehaltes aus dem Rohgas, neben der die Niederschlagung des Teeres und die Vernichtung der fühlbaren Wärme des Gases selbst mengenmäßig stark zurücktritt.

Die eigentliche Kühlung erfolgt teils in Luftkühlern, teils in Wasserkühlern, teils in Kühlern oder Kühlergruppen, die Luft- und Wasserkühlung vereinigen. Die sog. Gastiefkühlung, d. h. die unmittelbare Behandlung des Gases mit Kältemitteln, ist hier außer Betracht gelassen, weil diese Arbeitsweise nicht eine Art der Kühlung, sondern ein grundsätzlich anderes Gasaufbereitungsverfahren darstellt; es wird hierzu auf dessen gesonderte Beschreibung verwiesen (Band III, 3).

Der Vorgang der Kühlung ist von zahlreichen Forschern eingehend beobachtet und versuchs- und betriebsmäßig, wie auch rechnerisch bearbeitet worden. Die Wärmevorgänge sind hierbei durch das Zusammentreffen der verschiedensten Einflüsse so außerordentlich verschieden und ineinandergreifend, daß eine klare rechnerische Ermittlung für ein so kompliziertes Gemisch, wie ein Entgasungsrohgas, praktisch ausgeschlossen ist. Dennoch geben diese Bearbeitungen wesentliche, unter allen Umständen gültige, grundsätzliche Richtlinien und Anhaltspunkte. Als besonders einschlägig sind die Arbeiten von Hausbrand-Hirsch¹⁾ und von M. ten Bosch²⁾ zu erwähnen, aus denen die für den vorliegenden Vorgang wichtigsten Feststellungen nachstehend zusammengefaßt sind.

Abkühlung, also Wärmeabgabe, definiert ten Bosch mit folgenden 3 Grundbegriffen: Wärmestrahlung, ein Übergang von Wärmeschwingungen von wärmeren auf kältere, in der Nähe befindliche Moleküle; diese ist aber nur bei höheren Temperaturen wesentlich; Wärmeleitung, ein direkter Wärmeübergang zwischen sich unmittelbar berührenden Molekülen, und Wärmeströmung oder Konvektion, eine Wegleitung erwärmter Moleküle zwecks Heranführung neuer, wärmeaufnahme-fähiger Moleküle. In strömenden Kühlflüssigkeiten ist eine Trennung von Leitung und Konvektion nicht möglich.

Reiner Wasserdampf kondensiert bei Abkühlung unter 100°, in einem Gasdampfgemisch jedoch kondensiert der Dampf erst bei einer

¹⁾ Hausbrand-Hirsch, Verdampfen, Kondensieren, Kühlen. Berlin 1931.

²⁾ M. ten Bosch, Die Wärmeübertragung. Berlin 1927.

niederen, dem Teildruck des Dampfes im Gemisch zugeordneten Verflüssigungstemperatur, die um so niedriger liegt, je geringer der Dampfanteil im Gemisch ist; deshalb muß die Temperatur der kühlenden Wand verhältnismäßig um so tiefer liegen, je geringer der Dampfsättigungsdruck im Gasgemisch ist¹⁾.

Zu unterscheiden ist Oberflächenkondensation und Mischkondensation. Bei letzterer wird das Kühlmittel in das zu kühlende Gemisch unmittelbar eingebracht. Da hierbei das Kondensat mit dem Kühlmittel vermischt, also verdünnt wird, wird bei der Rohgaskühlung die Mischkondensation — außer zur Tiefkühlung (s. das.) — wenig und nur zu ergänzender Nebenwirkung angewandt. Die Oberflächenkondensation durch luft- oder wassergekühlte Flächen oder Wände beherrscht diesen Kühlvorgang.

Der, wie erwähnt, sehr komplizierte Kühlvorgang eines Gasdampfgemisches an einer gekühlten Wandung unterteilt sich zunächst in den Wärmeübergang vom Gas auf die kalte Wand. In der Wärmeübergangszahl α , die die je $m^2/h/^\circ C$ übergehenden kcal angibt, sind sowohl die Einflüsse der Wärmestrahlung aus dem Gas, als auch die durch Konvektion beförderte und durch direkte Berührung ausgelöste Wärmeleitung zusammengefaßt. — Die Wärmedurchgangszahl k , ebenfalls in $kcal/m^2/h/^\circ C$ ausgedrückt, gibt den Wärmedurchgang durch die kühlende Wand an. Dem Wärmedurchgang durch die kühlende Wand folgt weiter der Wärmeübergang von der Kühlwand auf das Kühlmittel, wieder durch eine Wärmeübergangszahl α ausdrückbar. Während die Wärmeübergangszahlen hauptsächlich von dem Temperaturunterschied und den Bewegungszuständen von gekühltem und Kühlmittel abhängen (vgl. später), ist für die Wärmedurchgangszahl die Wandstärke der Kühlwand und die Wärmeleitzahl λ des Wandmaterials entscheidend. Als summarischen Wert für Wärmeübergang und Wärmedurchgang führte Jakob²⁾ den Begriff »Wärmewiderstand« ein.

Der aus 2 Wärmeübergängen und einem Wärmedurchgang zusammengesetzte Kühlvorgang kompliziert sich noch bei der Kühlung von Gasdampfgemischen, wie z. B. Rohgas. An der Kühlwand schlägt sich (nach Nusselt) eine Flüssigkeitsschicht von Wasser, auch mit Teer gemischt, nieder, die infolge stetigen Bestrebens, nach unten abzulaufen, verschiedene Stärke aufweist, besonders auch dann, wenn durch zusätzliche Mischkondensation (Berieselung der Raumkühler und Reutterkühler (s. das.) weitere Flüssigkeitsmengen zugeführt werden. In diesem Falle sind für eine Berechnung zu erfassen: Wärmeübergang von Gas auf Flüssigkeit, Wärmedurchgang durch Flüssigkeitsfilm, Wärmeübergang von Flüssigkeit auf Kühlwand, Wärmedurchgang durch Kühl-

¹⁾ Hausbrand-Hirsch, Verdampfen, Kondensieren, Kühlen. Berlin. 1934.

²⁾ Jakob, Ztschr. ges. Kälte-Ind. 1926.

wand und Wärmeübergang von Kühlwand auf Kühlmittel. Hierzu tritt weiter ein meist auf der Kühlmittelseite und auch auf der Gasseite vorhandener Belag von Rost bzw. Teer u. a., der den Wärmeübergang hemmt. Ferner ist zu beachten, daß auf der Wasserseite die Kühlfüssigkeit je nach der durch Bauart und Belastung bedingten Strömungsgeschwindigkeit in einer mehr oder weniger starken strömungslosen Schicht infolge Wandreibung festgehalten wird, die die Wärme anders überträgt, als der eigentliche Wasserstrom.

Hieraus ist zu schließen, daß es praktisch nicht ohne weiteres möglich ist, Rohgaskühler genau zu berechnen. Für Sonderfälle wird auf die in den genannten Arbeiten^{1) 2)} und anderen Veröffentlichungen (Nusselt u. a.) gegebenen Unterlagen verwiesen; im allgemeinen sind aber die kühlerbauenden Firmen auf gewisse Erfahrungswerte angewiesen. — Zudem ist es nicht üblich, Gaskühlanlagen im Sinne einer Wäremaschine möglichst eng zu begrenzen, vielmehr muß der Betrieb darauf bedacht sein, durch reichliche Bemessung oder Erstellung von ausreichenden Reserven stärkeren Temperaturschwankungen und Erzeugungszunahmen entsprechen zu können.

Vereinfachte Formeln für Berechnung von Luft- und Wasserkühlung (nach Perrisini) gibt Winter³⁾.

Außer den obengenannten reinen Wärmeübergangsbegriffen sind noch weitere Einflüsse für Bau und Betrieb wichtig, die teils den Gasweg betreffen — ohne Rücksicht darauf, ob die kühlende Wand luft- oder wassergekühlt ist —, teils bei Wasserkühlern den Wasserweg. Auf diese hier nur kurz zu streifenden Einflüsse wird bei den Kühlerbauarten mehrfach Bezug genommen.

Einflüsse im Gasweg: Wird ein Gemisch von Gasen und Dämpfen gekühlt, so kann der niedergeschlagene Dampf nie unter die Temperatur der Kühlwand abgekühlt werden, an der er kondensiert. Dagegen ist es möglich, daß Anteile des Gases unter diese Kühlwandtemperatur gekühlt werden, weil das Gas infolge Strömung und Molekularbewegung eine im Augenblick der Kondensation eintretende stärkere Abkühlung der Kondensatoberfläche in den Gasraum weiterzutragen vermag³⁾. Deshalb und zum Herantragen immer neuer Dämpfteile ist eine Führung des Gasweges in der Form notwendig, daß durch Strömung, Stoß und Wendung die gleichmäßige (laminare) Bewegung in eine wirbelnde (turbulente) übergeführt wird. Der durch solche Maßnahmen grundsätzlich eintretende Druckverlust bewegt sich bei den üblichen Kühlerbauarten in Grenzen, die zu vernachlässigen sind.

Einflüsse im Wasserweg: Wie erwähnt, bleibt bei Strömung von Wasser durch ein Rohr oder längs einer Wand ein Teil des Wassers

¹⁾ Hausbrand-Hirsch, Verdampfen, Kondensieren, Kühlen. Berlin 1931.

²⁾ M. ten Bosch, Die Wärmeübertragung. Berlin 1927.

³⁾ H. Winter, Taschenbuch f. Gaswerke, Kokereien usw., Halle 1928, S. 129.

durch Wandreibung haften. Wärmeübergangsfragen kreuzen sich also mit hydrodynamischen Gesetzen. Die innere Flüssigkeitsreibung muß von der Strömungsgeschwindigkeit überwunden werden. Oberhalb einer gewissen, sog. »kritischen« Geschwindigkeit, für deren Größe die einschlägige Literatur infolge der verschiedenen möglichen Einflüsse keinen genauen Anhalt gibt, geht die laminare Strömung auch ohne wirbelnde Einbauten in turbulente Strömung über. Bei laminarer Strömung überwiegt der Wärmeübergang durch Leitung von Mol zu Mol, bei turbulenter Strömung tritt starke Wärmförderung durch Konvektion hinzu. — Inwieweit bei genügender Wassergeschwindigkeit noch eine Wandhaftung in Frage kommt, hängt weiter von der Wandrauigkeit ab, ferner von dem Rohrquerschnitt und anderen Einflüssen.

Die Kühlleistung eines Kühlers läßt sich nach Hausbrand¹⁾ definieren nach der Gleichung:

$$\begin{aligned} & \text{Stündliche Wasserkühlleistung} + \text{stündliche Luftkühlung oder} \\ & \text{Streuverluste in den Raum} = \\ & = \text{stündlich kondensiertes Dampfgewicht (Wärmeinhalt des gesättigten Dampfes} \\ & \text{— Wärmeinhalt des anfallenden Kondensates)} + \text{stündliche Gasmenge (trocken)} \times \text{Temperaturunterschied} \\ & \text{zwischen Eingang und Ausgang.} \end{aligned}$$

Von entscheidendem Einfluß auf die Kühlwirkung ist schließlich noch die gegenseitige Führung des gekühlten und des Kühlmittels, also Gleichstrom- oder Gegenstromanordnung. — Bei Gleichstrom ist das wirksame Temperaturgefälle am Eingang sehr groß, am Ausgang dagegen um so kleiner. Bei Gegenstrom findet auch das gekühlt abziehende Gas noch einen wirksamen Unterschied gegenüber dem kalt eintretenden Kühlmittel. — Gegenstromanordnung ermöglicht daher einen weitergehenden Temperatenausgleich und auch die Erreichung niedriger Abgangstemperaturen des gekühlten Mittels. Gleichzeitig kann das Kühlwasser auf höhere Temperatur gebracht werden, was bei Weiterverwendung des Kühlwassers für Badezwecke u. a. wichtig ist.

Um die Gegenstromanordnung durchzuführen, kann es vorkommen, daß Gas oder Luft ihrem natürlichen Wärmeauftrieb entgegengesetzt geleitet werden müssen. Um störende Gegenströme innerhalb des betr. Kühlerraumes zu vermeiden, muß dann mit größerer Strömungsgeschwindigkeit oder mit stromleitenden Einbauten gearbeitet werden. Ist solches nicht möglich, so kann es, zumal bei den in der Vorkühlung vorkommenden höheren Temperaturen und Temperaturunterschieden, zweckmäßig sein, Vorkühler auch im Gleichstrom anzuordnen, da es bei diesen auch nicht unbedingt auf eine tiefe Endtemperatur ankommt. — Die im Dampfkesselbetrieb häufiger übliche Querstromanordnung von Wärmeaustauschapparaten, die in der Wirkung zwischen Gleich-

¹⁾ Hausbrand-Hirsch, Verdampfen, Kondensieren, Kühlen. Berlin 1931.

und Gegenstromführung liegt, ist im Kühlerbau kaum in Gebrauch. Die Queranordnung der Wasserrohre im Reutter-Kühler (s. das.) hat mit dem Querstromprinzip nichts zu tun.

2. Größenbemessung von Kühlern.

Zum Überblick über die in der Gaskühlung zu vernichtenden Wärmemengen diene folgende Überschlagsrechnung für ein Ofengas von 5000 kcal H_o , das mit 75° C zum Apparatehaus kommt und auf 15° abgekühlt wird. Die Teerkondensation ist dabei außer Betracht gelassen.

a) Gas von 75° hat 241,9 g Wasserdampf/m³, 1 Nm³ Gas erreicht durch Sättigung bei 75° ein Volumen von 2,058 m³, das heiße Rohgas enthält also etwa je 50% Gas und Wasserdampf¹⁾;

b) Gas von 15° hat 12,9 g Wasserdampf/m³, 1 Nm³ Gas erreicht durch Sättigung bei 15° 1,073 m³, besteht somit dann aus etwa 93% Gas und 7% Wasserdampf.

Die Wärmeinhalte dieser Gase betragen bei einer Gaszusammensetzung' von

3,2%	CO ₂
2,8%	Cn Hm
0,7%	C ₆ H ₆
0,5%	O ₂
9,3%	CO
48,8%	H ₂
27,3%	CH ₄
7,4%	N ₂

unter Berechnung nach den Volumenteilen des trockenen Gases und deren mittlerer spez. Wärme²⁾ einerseits und des Wasserdampfwärmeinhaltes anderseits:

für a) 1,0 m ³ Gas von 75°	rd. 30 kcal
1,0 m ³ Wasserdampf 1 ata	» 640 »
Zuschlag für mitgerissene Nebel	» 30 »
also für das, 1 Nm ³ gekühltem Gas ent-	
sprechende Rohgas	rd. 700 kcal
für b) 1,0 m ³ Gas von 15°	rd. 5 kcal
0,07 m ³ Wasserdampf 1 ata	» 45 »
also für das, 1 Nm ³ gekühltem Gas ent-	
sprechende Rohgas	rd. 50 kcal.

Es sind somit je m³ gekühltem Ofengas in der Apparateanlage 700 — 50 = 650 kcal zu vernichten.

¹⁾ H. Brückner, Gastafeln. München 1937, S. 53.

²⁾ H. Brückner, Gastafeln. München 1937. S. 68.

Unterteilt man die Kühlung in Vorkühlung von 75 bis 35° und in Nachkühlung von 35 bis 15°, so ergibt entsprechende Rechnung für ein Gas von 35° einen Wärmeinhalt von 135 kcal. Es sind dann in der Vorkühlung $700 - 135 = 565$ kcal zu vernichten, in der Nachkühlung $135 - 50 = 85$ kcal/m³.

Aus diesen Zahlen ist wieder der hohe Anteil der Dampfkondensation am Kühlvorgang ersichtlich. Bei höherer Rohgastemperatur (geringerer Abkühlung in Vorlage und Rohgasleitung) steigt dieser Wärmebetrag infolge des noch höheren Wasserdampfgehaltes stark an und erreicht z. B. bei 90° etwa den doppelten Betrag, als bei 75°, da ein dampfgesättigtes Gas von 90° mehr als das vierfache Volumen des trockenen Gases hat.

Für die Größenbemessung der Gaskühlung geben die »Richtlinien für Bemessung von Gaswerkseinrichtungen (Berliner Normen)«¹⁾ folgende Zahlen an:

- a) Raumkühler 0,2 bis 0,3 m³ Kühlerraum je 100 m³/Tag, entsprechend einer Gasgeschwindigkeit von 0,1 bis 0,2 m/s;
- b) Ringluftkühler 1 bis 1,5 m³ Kühlfläche je 100 m³/Tag;
- c) Wasserröhrenkühler 0,75 bis 1,25 m² Kühlfläche je 100 m³/Tag, Intensivkühlung bis 25% weniger.

Diese Größenangaben stellen Mindestwerte dar. Der verhältnismäßig große Spielraum in der Angabe für Wasserröhrenkühler nimmt darauf Rücksicht, daß für einen Betrieb nur mit Wasserkühlung der obere Grenzwert gelten soll, der untere für geringeren Anteil an Wasserkühlfläche neben Luftkühlung.

Bei den üblichen Kühlerbauarten (s. das.) werden diese Zahlen meist wesentlich überschritten, solche Kühler gestatten also im allgemeinen eine höhere Belastung, als ihrer Listengröße entspricht.

Die Gesamtanordnung der Kühlung ist, wenn nicht besondere örtliche Gründe zu einer anderen Form führen, folgende: Der Raumkühler steht möglichst nahe am Ofenhaus, meist im Freien, aber auch zur Verhütung der Sonnenbestrahlung mancherorts im Gebäude. — Zur Vorkühlung vor dem Gassauger dienen weiter Ringluft-, Luftrohr-, Wasserröhren- oder Reutter-Kühler. Bei hohem Wasserpreis ist Luftkühlung besonders wirtschaftlich; im Raumbedarf sind die Wasserkühler günstiger. — Zur Nachkühlung zwischen Gassauger und Ammoniakwäscher sind nur Wasserkühler geeignet.

Übersichtliche Zusammenstellungen über Gaskühlung geben A. Thau^{2), 3)}, ferner H. Höllings und W. K. Hutchinson⁴⁾ über die Erfahrungen im englischen Gasfach, die den deutschen entsprechen.

¹⁾ K. Bunte und H. Brückner, Gas- und Wasserfach 81 (1938), S. 43.

²⁾ A. Thau, Feuerungstechnik 25 (1937), S. 209.

³⁾ A. Thau, Ztschr. VDI 1937, S. 836.

⁴⁾ H. Hollings und W. K. Hutchinson, Chemistry u. Industry 54 (1935), S. 726, 752.

3. Kühlerbauarten.

a) Luftkühler.

α) Ringluftkühler.

Die älteste Kühlerform, die jetzt noch in kleinen und mittleren Werken als Vorkühler viel in Gebrauch ist, ist der Ringluftkühler. Er besteht aus zwei ineinandergesteckten Blechrohren, zwischen denen sich ein oben und unten durch Ringdeckel abgeschlossener Ringhohlraum

von im allgemeinen 100 mm Breite als Gasweg befindet (Abb. 59). Die Aufstellung auf einem geteilten oder seitlich offenen Fundament gestattet der Luft den Aufstieg durch das als Kamin wirkende Innenrohr. Der Kühler soll möglichst so aufgestellt sein, daß die innere Kühlluft nicht aus einem durch heiße Rohgasleitungen erwärmten Keller aufsteigt. Die Kaminwirkung des Innenrohres kann noch erhöht werden durch dessen Höherführung, gegebenenfalls über Dach. Andererseits ist es möglich, den Ringluftkühler z. B. im Winter zu wechselweise sehr milder Abkühlung zu benutzen, indem durch Einbau und Regelung einer Drosselklappe im oberen Ende des Innenrohres der innere Luftstrom vermindert wird (Abb. 60). Der Außenmantel des Ringluftkühlers wirkt natürlich auch luftkühlend, aber infolge der geringeren Luftbewegung weniger stark. Dieser von allen Kühlerbau-

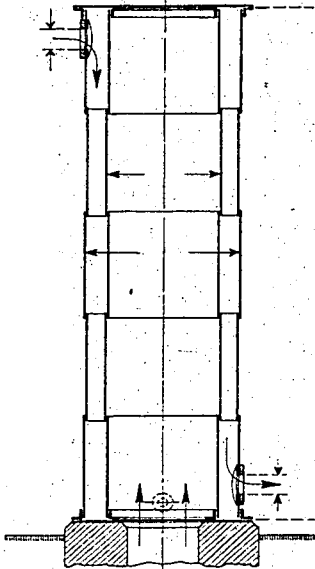


Abb. 59. Ringluftkühler.

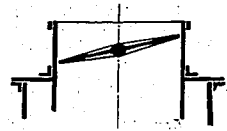


Abb. 60. Regelklappe zum Ringluftkühler.

firmen ausgeführte Ringluftkühler arbeitet meist im Gegenstrom, obwohl dabei das heiße Gas seinem Auftrieb entgegenströmen muß. Deshalb wird auch bei größeren Einheiten der Ringraum nicht über obiges Maß verbreitert, um Gegenströmung zu vermeiden, und es werden dann auch halbringförmige Blecheinbauten in verschiedener Höhe vorgesehen, um den Gasstrom zwangsläufig zu führen.

Bei alleiniger Luftkühlung, die praktisch kaum vorkommt und höheren Ansprüchen nicht genügen kann, werden 2,5 bis 3 m² Kühlfläche je 100 m³/Tag empfohlen, also ein viel höherer Wert als die Berliner Normen (s. oben) fordern; bei kombinierter Luft- und Wasserkühlung beschränkt man die Luftkühlung auf 1 bis 0,75 m² je 100 m³/Tag und weniger.

Das Gewicht der Ringluftkühler beträgt etwa 60 kg/m^2 Kühlfläche. Ringluftkühler werden bis zu 2 m Dmr. und 6 bis 7 m Höhe gebaut.

β) Röhrenluftkühler.

Eine seltener als der Ringluftkühler übliche, aber in der Kühlfläche viel günstigere Bauart des Luftkühlers ist der Röhrenluftkühler. Er enthält bei gleichen äußeren Baumaßen je nach dem Durchmesser und daraus folgender Anzahl der Kühlrohre das 3- bis 4fache an Kühlfläche als der Ringluftkühler (Abb. 61). Im übrigen wird er ebenso, wie dieser auf einem offenen Fundament erstellt, die Kühleuft steigt in den Röhren hoch, das Gas wird auch hier im Gegenstrom abwärts geführt. Der Luftauftrieb kann auf Wunsch auch durch eine in einem Mantelaufsatz angebrachte Drosselscheibe geregelt werden.

γ) Raumkühler.

Der Raumkühler, auch Großraumkühler genannt, ist ebenfalls ein Luftkühler, hat aber nicht so gute Kühlfläche, wie die vorgenannten, und ist deshalb, nur als Kühler betrachtet, teurer in der Anlage. Er erfordert 70 bis 75 kg/m^2 Kühlfläche. Der Hauptzweck dieser Kühlerbauart liegt aber nicht in einer starken, sondern vielmehr in möglichst milder Abkühlung. Insbesondere soll das Gas in so geringer Strömungsgeschwindigkeit im Kühlerraum aufsteigen, daß die Fallgeschwindigkeit der ausgeschiedenen Teertropfen größer ist als der Gasaufstrom, so daß das Gas durch dieses heiße Teernebelfilter gewaschen und weitgehend von Naphthalin befreit wird. Der niederfallende Waschteer fließt dünnflüssig ab. Die Waschwirkung kann noch verstärkt werden durch Berieselung des Kühlers mittels in der Decke eingeführter Streudüse. Eine Wasserberieselung erhöht die Kühlwirkung; widerspricht aber dem Zweck der Teer-Naphthalin-Abscheidung. Für diese ist nicht zu tiefe Temperaturlage erwünscht, etwa $50-60^\circ$; der Bestwert hängt mit vom Naphthalingehalt ab. — Zur möglichst gleichmäßigen Verteilung des Gastromes und der Auswaschung auf den

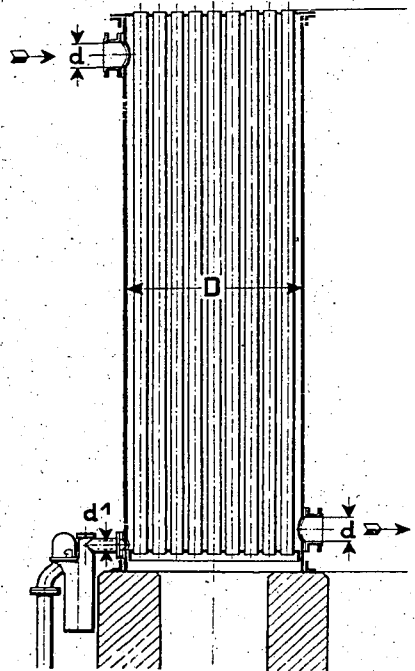


Abb. 61. Röhrenluftkühler.

— Zur möglichst gleichmäßigen Verteilung des Gastromes und der Auswaschung auf den

ganzen Kühlerquerschnitt ist der Kühlerraum mehrfach (etwa alle 2 m) durch Siebblechquerlagen unterteilt. Als Siebbelag wird vorteilhaft auch Streckmetall verwendet, das gute Tropfwirkung ergibt.

Bei kälterer Außentemperatur würde eine zu starke Abkühlung im Raumkühler dazu führen, daß der absinkende Waschteer zu kalt und daher zu wenig aufnahmefähig wird. In diesem Falle ist Unterteilung des Kühlers vorgesehen. Durch eine oder bei großen Höhen auch mehrere Klappen oder Schieber kann dem Gasstrom in halber oder anderer Höhe ein Ausgang gegeben werden, so daß der darüberliegende Kühlerraum ohne besonderen Abschluß als Totraum außer Betrieb bleibt.

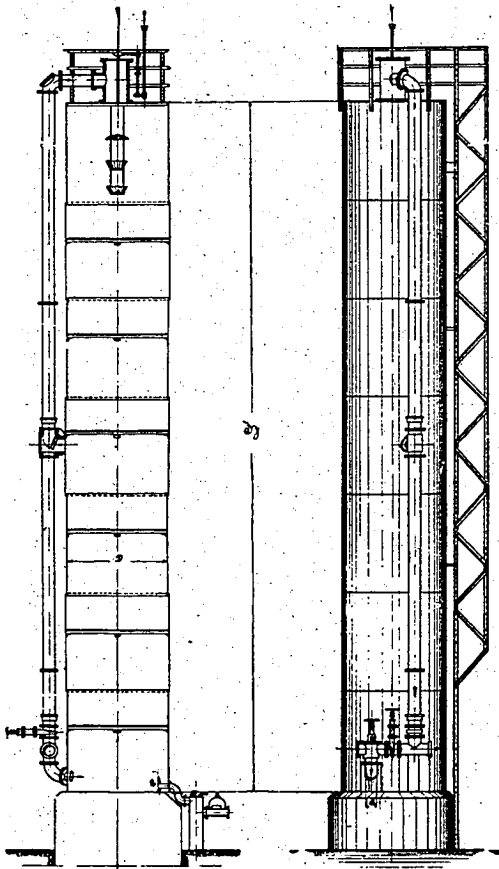


Abb. 62. Raumkühler (Klönne).

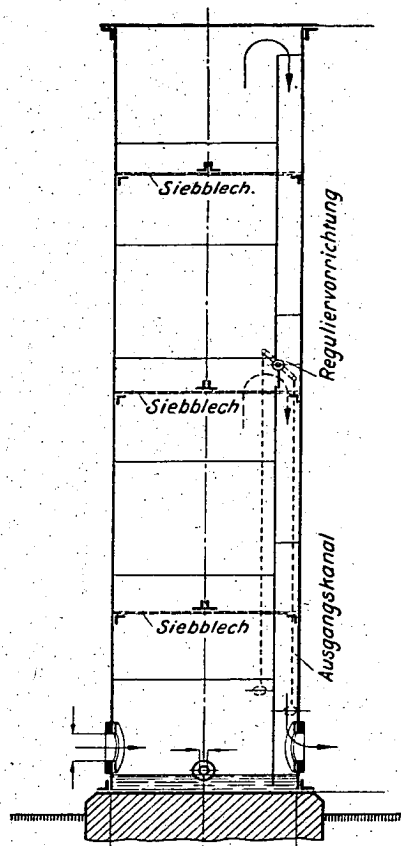


Abb. 63. Raumkühler (Bamag).

Das Gas tritt unten in den Raumkühler ein. Die von den Berliner Normen (s. oben) geforderten 0,2 bis 0,3 m³ Kühlerraum je 400 m³ Tageserzeugung ergeben etwa eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,1 bis 0,2 m/s. Die üblichen Bauarten (Klönne, Bamag u. a.) sehen 0,5 bis 0,8 m³ je 100 m³/Tag vor und bleiben damit bei noch günstigeren Strömungen von 0,05 bis 0,07 m/s.

Die Gasein- und -ausgänge müssen möglichst versetzt sein, um einseitige Strömung zu verhüten.

Die Gasableitung wird teils außerhalb des Kühlers geführt und dann auch auf der Deckelmitte angeschlossen (Abb. 62), oder sie wird innerhalb des Kühlers angebracht, und läßt dann mitgerissenes Kondensat mit in den Kühlersumpf abfließen (Abb. 63).

Die Baumaße von Raumkühlern reichen bis zu 5 m Dmr. und 30-m. Höhe.

Der Raumkühler wird wegen seines großen Raumbedarfs und wegen seiner Abhängigkeit von Witterungsverhältnissen und -schwankungen vielfach als überholt abgelehnt. Demgegenüber beweisen gute Erfahrungen in vielen Werken seine Brauchbarkeit unter der Voraussetzung, daß sein Betrieb der Erzeugung und den äußeren Einflüssen sorgfältig angepaßt wird.

Der Umfang der Luftkühlung im allgemeinen ist örtlich sehr verschieden. Bei geeigneter Anordnung kann sie die gesamte Vorkühlung bis auf etwa 35° Gas-temperatur wirtschaftlich decken.

b) Wasserkühler.

Die Wasserkühlung kann die Luftkühlung des Rohgases für die niederen Temperaturen fortsetzen oder auch ganz an die Stelle der Luftkühlung treten.

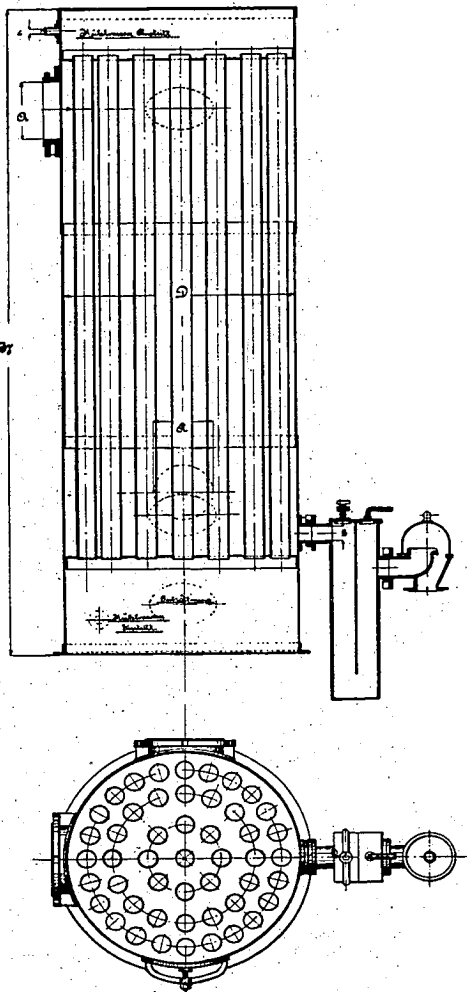


Abb. 64. Wasserröhrenkühler.

Die ältere Bauart der Wasserkühler hat senkrechte, oben und unten in Rohrböden eingewalzte wasserführende Rohre. An ihre Stelle sind schon seit längerer Zeit die Kühler mit liegenden Rohren bevorzugt, weil sie mehr Kühlfläche auf der gleichen Grundfläche unterzubringen gestatten (daher auch z. T. als Intensivkühler bezeichnet) und weil das Auswechseln der Rohre wesentlich erleichtert ist.

α) Kühler mit stehenden Wasserrohren.

Die üblichen Bauarten (Abb. 64) zeigen eine höhere Leistung, als die Berliner Normen (s. oben) mindest fordern, und enthalten 1 bis 1,5 m² je 100 m³/Tag. Gegenüber älteren Ausführungen mit Wasserrohren von etwa 100 mm l. W. bringen neuere Kühler dieser Art mit

engeren Rohren bis zu 50% mehr Kühlfläche bei sonst gleichen Massen unter.

Der Materialbedarf beträgt 50 bis 55 kg/m² Kühlfläche.

Ein Nachteil dieser Kühler ist, daß bei Gebrauch als Vorkühler eine Dickerverschmutzung des Gasweges nicht zu vermeiden und nur durch Herausnehmen aller Wasserrohre zu beseitigen ist.

Über eine Sonderbauart des stehenden Röhrenkühlers, den in Amerika sehr gebräuchlichen und als besonders wirksam bezeichneten Andale-Kühler be-

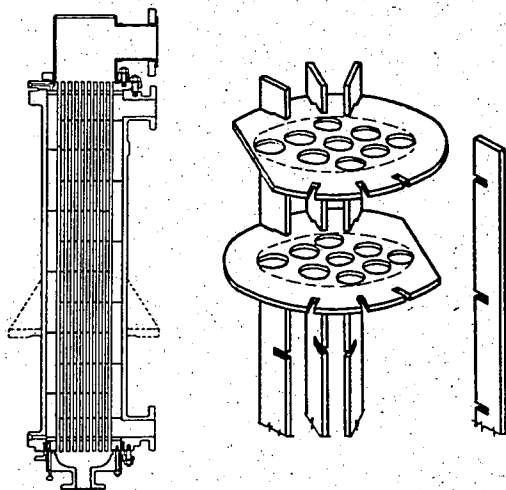


Abb. 65. Andale-Wasserröhrenkühler.

richtet Mezger¹⁾ (Abb. 65). Bei diesem Kühler wird das Gas durch die Rohre geleitet, so daß Teerverschmutzungen sich im unteren Sammelraum absetzen können. Im Wasserraum wird das Wasser durch quergestellte Leitbleche im Zickzack geführt. Außerdem sind rings um das Röhrenbündel am Mantel parallele Flacheisenlenkstreifen eingebaut, so daß der Zwischenraum zwischen Rohrbündel und Mantel nicht breiter ist, als der zwischen den Rohren, also kein Weg geringeren Widerstandes vorhanden und die gleichmäßige Verteilung des Wasserstromes gewährleistet ist.

¹⁾ Mezger, Gas- und Wasserfach 80 (1937), S. 335.

β) Kühler mit waagerechten Rohren.

Die außerordentlich verbreitete Bauart des Reutter-Kühlers besteht aus einem gußeisernen Plattengehäuse von quadratischem bis rechteckigem Grundriß, in etwa 1 m hohe Etagen unterteilt, deren jede ein liegendes Rohrbündel enthält, das in gegenüberstehende Rohrböden eingebracht ist. Bei den älteren Ausführungen bildet jeder Rohrboden mit der davorgesetzten Abschlußplatte eine die Rohre der Etage vereinigende Wasserkammer. Die Wasserkammern der übereinanderliegenden Etagen wurden dann mit 1 bis 2 Rohrbögen verbunden (Abb. 66).

Der Vorteil der Reutter-Kühlerbauart liegt zunächst baulich in der leichten Zugänglichkeit der Rohre, kühltechnisch aber besonders in der Stromführung von gekühltem und Kühlmittel. Während sich

beim stehenden Wasserrohrkühler im Gas- und Wasserweg leicht rein laminare Strömungen ausbilden, wird im Reutter-Kühler mindestens der Gasstrom an den waagerechten Rohren ständig gestoßen und umgelenkt. Eingehende Versuche von Rietschel, Thoma und Reiher¹⁾ haben die Frage geprüft, welchen Einfluß

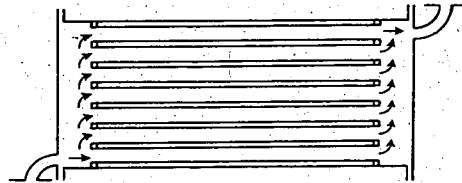


Abb. 66. Reutter-Kühler. Wasserführung ohne Unterteilung.

auf den Wärmeübergang a) ein verschiedener Rohrabstand, b) versetzte bzw. parallelreihige Rohranordnung des Rohrbündels haben. Während der Einfluß des Rohrabstandes nicht eindeutig und offenbar sehr von den Rohrdurchmessern mit abhängig war, war der Wärmeübergang an versetzten Rohren wesentlich besser, als bei geradliniger Rohranordnung. Diese versetzte Rohranordnung ist auch bei Reutter-Kühlern fast ausschließlich angewandt. Im Wasserweg findet auch grundsätzlich eine ständige Umlenkung statt; aber durch die starke Unterteilung des Wasserstromes auf eine große Anzahl paralleler Rohre ergibt sich eine so geringe Strömungsgeschwindigkeit, daß keine wirbelnde, wärmefördernde Bewegung möglich ist. Auf die Unterteilung dieser Strömung ist nachfolgend zurückzukommen.

Als Kühlrohre wurden im Reutter-Kühler zunächst vorwiegend Gußrohre verwandt, die zwar den Vorteil der Korrosionsbeständigkeit haben, andererseits aber die Nachteile, daß infolge ihres aus Herstellungsgründen größeren Durchmessers weniger Rohre, also weniger Kühlfläche unterzubringen ist, und daß der Wärmeübergang schlechter ist. Der schlechtere Wärmeübergang gegenüber schmiedeeisernen Rohren ist nicht in der Wärmeleitfähigkeit λ begründet, die nach den allerdings etwas

¹⁾ Hausbrand-Hirsch, Verdampfen, Kondensieren, Kühlen. 1931, S. 129/140.

schwankenden Literaturangaben für Guß- und Schmiedeeisen in derselben Größenordnung oder für Gußeisen nur wenig höher liegt, sondern in der größeren Wandstärke der Gußrohre. Der große Unterschied von Guß- und Schmiederohreinbauten ist aus den 2 gegenübergestellten gleichgroßen Reutter-Kühlern der Abb. 67 offensichtlich. Der Unterschied in der Kühlfläche der 2 Bauarten hängt natürlich sehr von den beiderseitigen Rohrdurchmessern ab. Ein Vergleich listenmäßiger Angaben mehrerer Kühlerbaufirmen zeigt, daß bei gleichen äußeren Bau-massen die schmiedeeiserne Berohrung gegenüber Gußrohr eine um

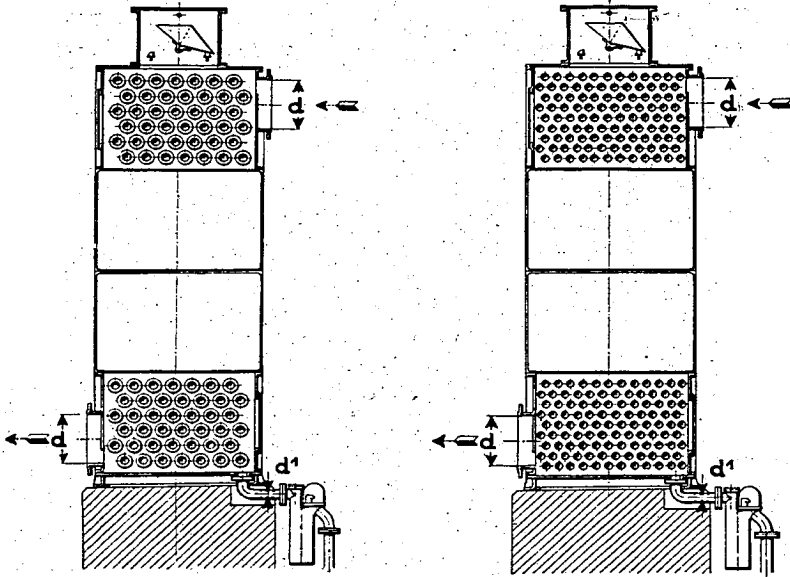


Abb. 67. Reutter-Kühler, Vergleich von Guß- und Schmiederohreinbau.

75 bis 100 bis 150% größere Kühlfläche und damit Leistung ergibt. Auch hinsichtlich der Baugewichte für gleiche Leistung ist ein großer Unterschied. Gußrohr-Reutter-Kühler erfordern 130 bis 150 kg/m² Kühlfläche, Schmiederohrkühler 60 bis 75 kg/m².

Trotz der größeren Korrosionsempfindlichkeit der schmiedeeisernen Rohre (vgl. S. 76) bietet dieser Einbau wärmetechnisch große Vorteile und wird deshalb auch neuerdings viel bevorzugt.

Dem obengenannten Nachteil der zu geringen Wassergeschwindigkeit wurde durch Änderung der Wasserführung begegnet, die in den neuesten Ausführungen eine sehr günstige Form erreicht hat. Bei der Anordnung eines ungeteilten Wasserkastens für das ganze Rohrbündel eines Reutter-

kühlerstockwerkes liegt bei normaler Wasserbelastung die Strömungsgeschwindigkeit etwa um 0,3 cm/s. Bei dieser geringen Bewegung überwiegt die Wandhaftung, zumal wenn Rostblasen oder Eisenalgen vorhanden sind, so sehr, daß an der kühlenden Rohrwand fast keine Wasserbewegung mehr erfolgt¹⁾ und dementsprechend der Wärmedurchgang gering wird. Durch Querteilung des Wasserkastens mittels waagerechten Rippen zwischen den Rohrreihen, beiderseits wechselnd (Abb. 68), wird der Wasserstrom durch jeweils eine Rohrreihe mit 1,8 bis 2,0 cm/s geführt. Diese Änderung ist durch Einbau von flacheisenbewehrten Gummirippen auch in alten Reutter-Kühlern leicht ausführbar. — Weiter gehen in diesem Sinne die sog. Intensiv-

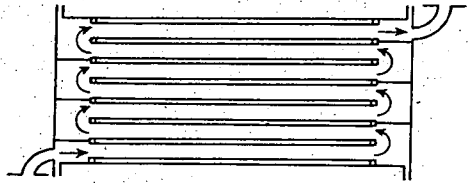


Abb. 68. Reutter-Kühler, Wasserführung unterteilt.

kühlerbauarten (Zimmermann und Jansen), die die Rippenanordnung im Wasserkasten durch Querrippen so ergänzen, daß der Wasserstrom nur durch einen Teil der Rohrreihe gleichgerichtet läuft (Abb. 69), oder noch weiter unterteilt durch jedes Rohr einzeln (Abb. 70). Die letztere Anordnung kann dann die übliche

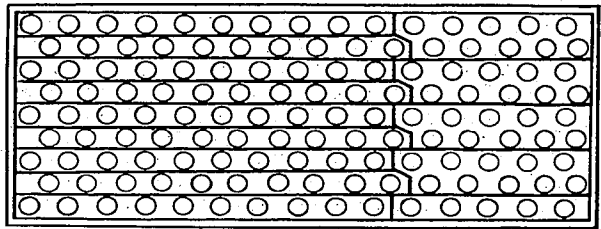


Abb. 69. Reutter-Kühler, Wasserführung unterteilt.

Reutterkühler-Abschlußplatte für den Wasserkasten verlassen und durch einzeln aufgesetzte Übergangsbögen ersetzen (Abb. 71). Diese Bauart bietet für manche Betriebsfälle weitere Vorteile.



Abb. 70. Reutter-Kühler, Wasserführung röhrenweise unterteilt.

Einen anderen Weg der Wasserführung, der allerdings die vorerwähnte Unterteilung nicht zuläßt, wählt der »Pilgerschritt«-Reutter-

¹⁾ F. Wehrmann, Gas- und Wasserfach 80 (1937), S. 24.

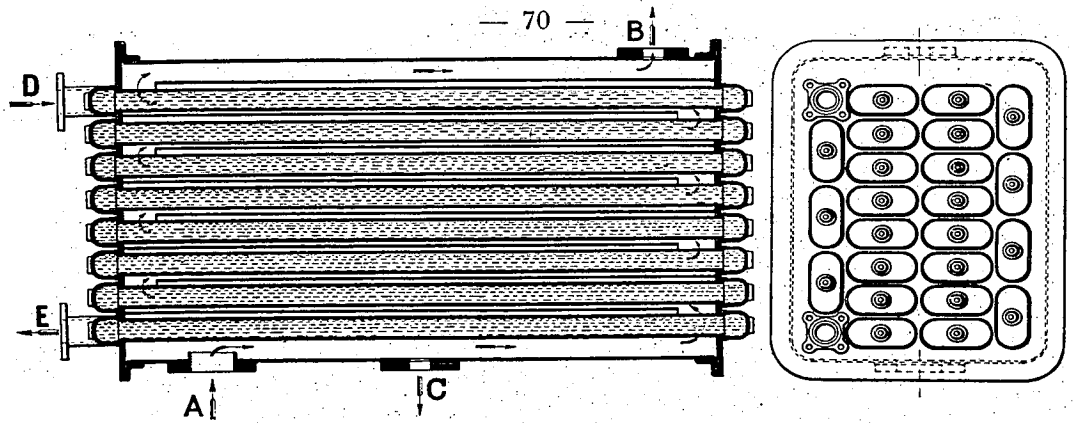
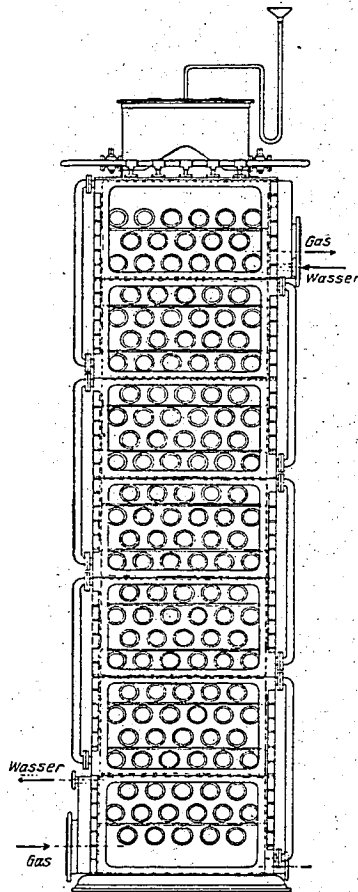


Abb. 71. Reutter-Kühler, Wasserführung ohne Wasserkasten.



Kühler (Bamag) (Abb. 72). Das Wasser tritt in den Wasserkasten des obersten Stockwerkes unten ein, oben aus diesem aus und wird in dem darunterliegenden Stockwerk wieder unten ein- und oben ausgeführt. Dadurch ist es möglich, das Gas seinem Auftrieb entsprechend unten einzuführen, das Wasser aber, ohne daß der Kühler leerläuft, im Gegenstrom von oben nach unten (vgl. S. 59).

Eine gute Anordnung hat ferner der dem Reutter-Kühler nahestehende Kreuzrohrkühler (Klönne¹⁾, Abb. 73), der die Rohre reihenweise wechselnd über Kreuz einbaut, dadurch dem Gasstrom noch stärkere Ablenkung und Wirbelung gibt und den Wasserweg nur je Rohrreihe zusammenfaßt. Jede der 2 Rohrrichtungen (Systeme) hat getrennte Wasserzuführung. Beachtenswert ist bei diesem Kühler auch die Anbringung der Kühlerplatten, die nicht mit den sonst üblichen Stiftschrauben, sondern mit einfachen Einlegeschrauben erfolgt, die sich leicht auswechseln lassen (Abb. 74).

¹⁾ Klönne, DRP. 141137.

Abb. 72. Reutter-Kühler mit Pilgerschritt-Wasserführung (Bamag).

Für die Bemessung der Leistung von Reutter- und Kreuzstrom-Kühlern ist üblich, 1 m^2 Kühlfläche (wasserberührt) je 100 m^3 Tageserzeugung zu rechnen.

Eine so weitgehende Teerversetzung, wie im stehenden Wasserrohrkühler (s. oben) ist bei den Reutter-Kühlern nicht möglich, da unter den untersten Rohren ein Leerraum bleibt; trotzdem ist eine Berieselung

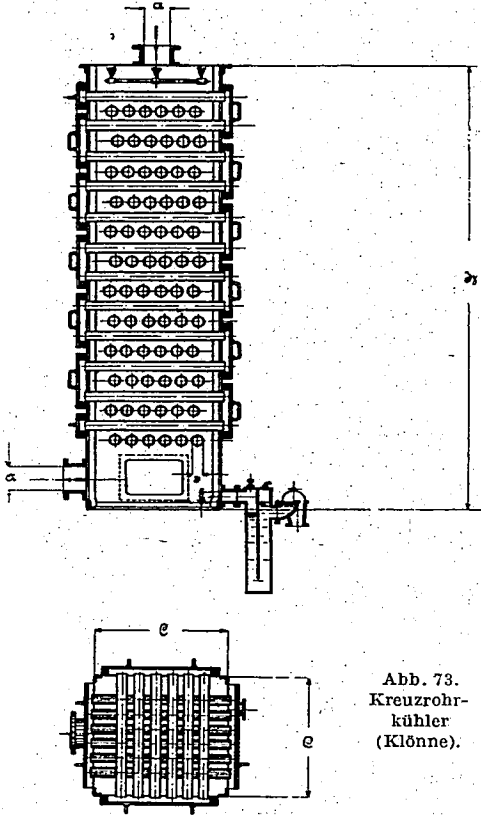


Abb. 73.
Kreuzrohr-
kühler
(Klönne).

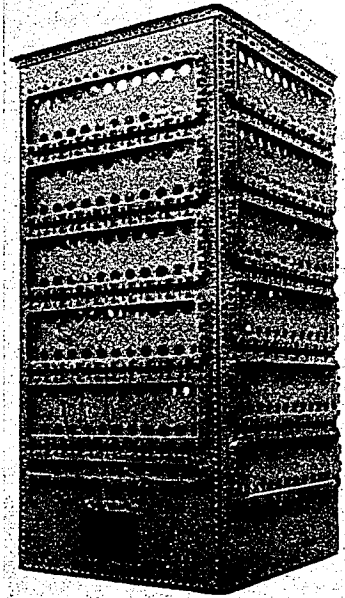


Abb. 74. Plattenbefestigung
am Kreuzrohrkühler.

des Gasraumes mit Ammoniakrohwasser allgemein üblich, um die Kühlflächen möglichst sauber zu halten. Gleichzeitig wird damit das Rohwasser an Ammoniak angereichert. Die Berieselung erfolgt mittels Kippgefäßen oder Verteilerrinnen, die Wasserzufuhr sichtbar über Siphonrohre. H. Hollings und W. K. Hutchinson¹⁾ schlagen zur Entfernung teeriger Ablagerungen vor, 2 Kühler so hintereinander zu

¹⁾ H. Hollings und W. K. Hutchinson, Chemistry & Industry 54 (1935), S. 726, 752.

schalten, daß sie in wechselnder Reihenfolge betrieben werden können; in dem ersteren, wärmer gehenden Kühler soll jeweils der Ansatz niedergeschmolzen werden. Eine so weitgehende Maßnahme wird nur bei

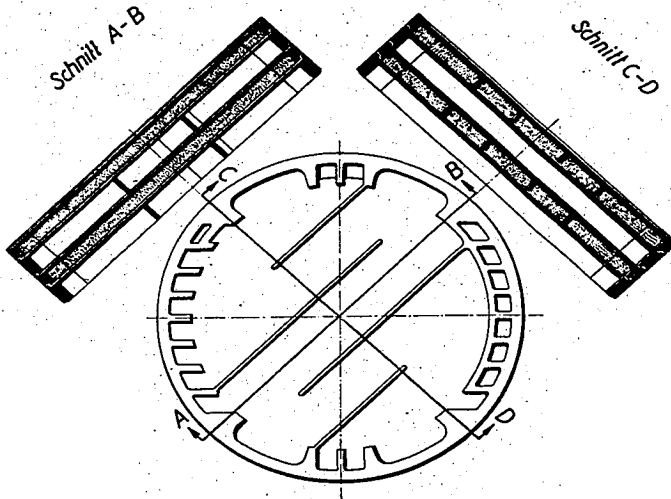


Abb. 75. Plattenkühler.

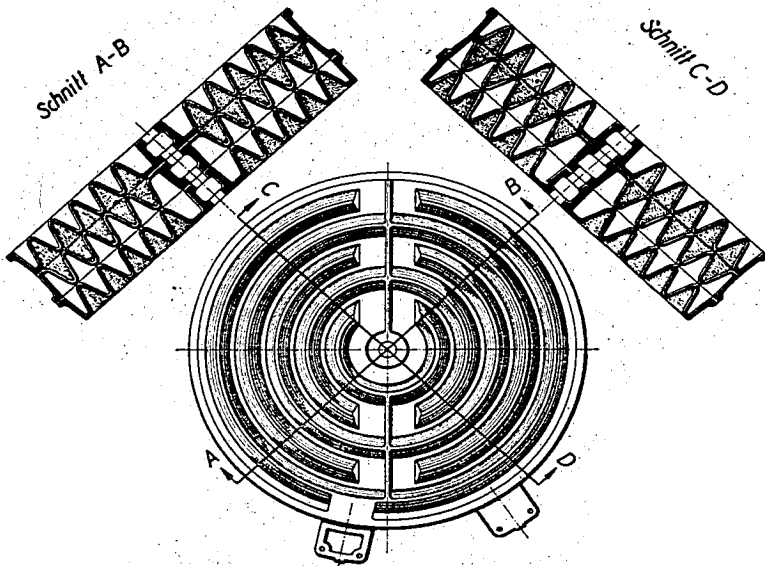


Abb. 76. Zellenbaukühler (Zimmermann u. Jansen).

außergewöhnlich hohem Naphthalingehalt des Rohgases notwendig sein und setzt hohe Gastemperatur — ohne Vorlagenberieselung — voraus.

γ) Plattenkühler.

Die Plattenkühler trennen das zu kühlende und das Kühlmittel durch gußeiserne Platten, in denen die Überführungen seitlich eingegossen sind. Durch auf die Platten aufgegossene Rippen werden die Mittel möglichst geführt (Abb. 75). Trotzdem ist bei dieser Bauart nicht zu vermeiden, daß tote Ecken unberührt bleiben, zudem sind die wärmeübertragenden Flächen verhältnismäßig gering und das Gewicht durch die zusätzlichen Rippen belastet.

Der Zellenbauaustauscher überwindet als neuzeitliche Bauart des Plattenkühlers diese Nachteile. Die ebenfalls gußeisernen Platten sind ringwellenförmig so ausgebildet, daß jedes Medium in fortgesetztem Richtungswechsel strömen muß (Abb. 76)¹⁾. Die Überführungen in den nächsten Raum sind außen angegossen. Die Ringwellen schließen dichtend aufeinander. Die statisch sehr vorteilhafte Bauform gestattet verhältnismäßig dünnwandige Ausführung, also guten Wärmedurchgang. Die beiden Medien sind immer durch eine volle Gußwand voneinander getrennt. Tote Ecken sind überhaupt nicht vorhanden. Das innige Ineinandergreifen der beiden Austauschräume macht es möglich, in einem räumlich kleinen Apparat eine relativ große Austauschfläche unterzubringen.

Infolge der gedrungeneren Bauart liegt das Gewicht dieser Apparate mit etwa 200 und mehr kg/m² Kühlfläche zwar über dem der bisher üblichen Bauarten, trotzdem ist der Vorteil der

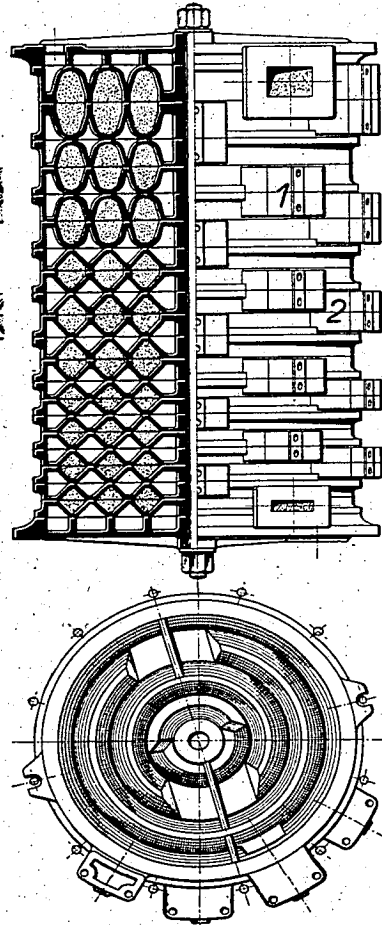


Abb. 77. Zellenbau-Dämpfekühler (Zimmermann u. Jansen).

¹⁾ Zimmermann und Jansen, DRP. 535 050.

Zellenbauart infolge der unter gleichen Arbeitsbedingungen erheblich kleineren Austauschfläche unverkennbar; sie vereinigt die Vorteile bester Führung beider Medien mit der Korrosionsbeständigkeit aller Bauteile. — Die Ausbildung der zusammensetzenden Platten kann je nach dem Kühlzweck sehr verschiedenartig erfolgen, z. B. können bei Kühlung dämpfereicher heißer Gase die dem Eintritt naheliegenden Gasräume dem Gasvolumen entsprechend geräumiger ausgebildet und mit der Verringerung des Gasvolumens verringert werden (Abb. 77). Für Rohgase mit nicht durchweg leichtflüssigen Kondensaten ist dieser Zellaustauscher nicht geeignet, wohl aber für Zwecke der Nachkühlung, als Dämpfekühler, Dephlegmator u. dgl. In der Gasindustrie hat er in den Nebenproduktbetrieben Eingang gefunden, es ist zu erwarten, daß er sich auch für die Nachkühlung einführen wird.

δ) Kühlung mit Kältemittel.

Es kommen Betriebsfälle vor, in denen entweder infolge räumlicher Beengung oder infolge Mangel an Wasser oder wegen zu warmem Kühlwasser die betriebsnotwendige Abkühlung mit den vorhandenen oder erstellbaren Kühlern nicht erreicht werden kann. Ferner ist auf die Tatsache hinzuweisen, daß die in der Nachkühlung zunächst erreichte Gaskühlung in der nachfolgenden Ammoniakwäsche und Trockenreinigung durch Lösungs- und Regenerationswärme teilweise wieder vernichtet wird. Diese Wiedererwärmung beträgt je nach Betriebsverhältnissen 5 bis 10° C. Um die für gute Benzolauswaschung erwünschte niedrige Gastemperatur zu haben, kann also entweder nach der Reinigung nochmals gekühlt oder in der Nachkühlung vorsorglich tiefer gekühlt werden, als es mit Wasser im allgemeinen möglich ist. In allen solchen Fällen ist eine Verwendung von künstlich gekühltem Kühlwasser in einem Teil der Nachkühlung in Betracht zu ziehen. Hierfür eignen sich grundsätzlich alle Wasserkühler, besonders aber die Etagenkühler (Reutter-, Kreuzrohr-, Zellenbau-Kühler), die die Möglichkeit geben, je nach Betriebsbelastung oder Jahreszeit wechselnd große Teile mit Kühlwasser oder gekühltem Wasser zu berieseln. Bei hohem Naphthalinengehalt des Gases kann es dann zur Vermeidung von Verstopfungen nötig werden, den Gasweg solcher Kältekühler zu berieseln.

Eine allgemeine Wirtschaftlichkeitsbeurteilung für dieses Verfahren der Kältekühlung kann nicht gegeben werden, da die betrieblichen Voraussetzungen in jedem Falle anders sind. Die Kälteerzeugung ist wirtschaftlich tragbar, wenn Abdampf zur Verfügung steht und nicht besonders tiefe Kühlwassertemperatur angestrebt wird. Die Kosten der Kälteerzeugung können ferner ausgeglichen oder gerechtfertigt sein, wenn bei hohem Wasserpreis durch Rückkühlung des Kühlerabflußwassers Ersparnisse an Wasser erzielt werden, oder wenn bei nicht genügend kaltem Wasser oder Verwendung von Rückkühlwasser infolge Wasser-

mangels (S. 81) durch die Kälteerzeugung andere Betriebserfolge zu erreichen sind. Als solche sind zu erwähnen die Besserung der Ammoniak- oder Benzol- auswaschung, Verminderung der Wasserabscheidung im Röhrennetz, Verminderung des scheinbaren Gasverlustes bei zu hoher Stationsmessertemperatur. Eine Kältekühlung vor der Trockenreinigung darf nicht zu weit getrieben werden, da sonst die Wirkung der Reinigung durch zu niedere Temperatur geschädigt wird.

Das Verfahren der Kältekühlung ist praktisch und wirtschaftlich mehrfach erprobt (Gaswerk Krefeld u. a.) und kann in vielen Betriebsfällen gute Dienste leisten.

e) *Wasserwirtschaft und Betriebskontrolle.*

Die Überwachung und Einteilung des Wasserverbrauches für die Gaskühlung hat im Hinblick auf die erforderlichen Mengen große Bedeutung, sowohl für die Gesamtplanung, wie für den laufenden Betrieb.

Ist Wasser nur beschränkt verfügbar oder hoch im Preis, so ist weitgehende Luftkühlung zweckmäßig, ferner eine Reihenschaltung der Wasserkühler derart, daß das Kühlwasser dem letzten Nachkühler zugeführt wird und aus diesem zu dem oder den voranstehenden Kühlern. Ferner kommt für Vorkühlerberieselung die Verwendung von in Rieseltürmen rückgekühltem Wasser (S. 81) in Frage, sowie die vorerwähnte Kreislaufkühlung von Nachkühlerwasser.

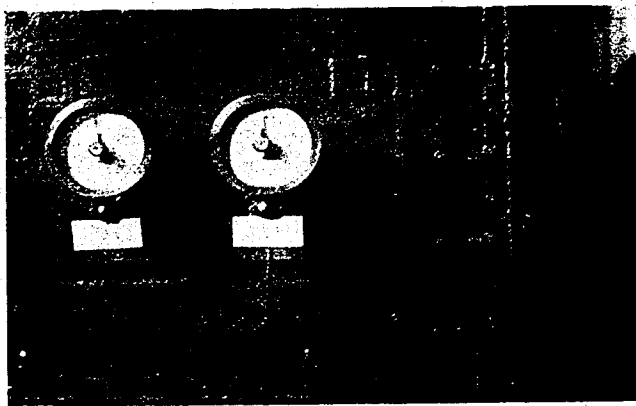


Abb. 78. Temperaturmeßanordnung an Kühlern.

Wichtig für die Wasserwirtschaft der Gaskühlung ist auch die etwaige Weiterverwendung des anfallenden Warmwassers für andere Nutzzwecke, insbesondere für Wasch- und Badeanlagen. Hierdurch kann in eigenen oder in angeschlossenen bzw. naheliegenden Betrieben

andere Wärmeerzeugung erspart werden oder es lassen sich durch Abgabe an Badeanstalten wesentliche geldliche Erlöse erzielen (Gaswerke Kassel, Duisburg u. a.).

Sowohl zur Vermeidung von Wasserverschwendung, wie zur Überwachung einer möglichst gleichmäßigen Temperatur bei Abgabe von Warmwasser ist eine ständige, übersichtliche Temperaturüberwachung sehr wichtig. Die meist üblichen Stockthermometer im Gasweg entsprechen diesem Zweck nur sehr unvollkommen. Sehr brauchbar ist dagegen die Anwendung je eines Quecksilber-Fernthermometers mit gut sichtbarer Rundskala im Gas- und Wasserweg jedes Kühlers. Die beiden Zeigerdosen solcher Thermometer lassen sich so anbringen (Abb. 78), daß der Apparatewärter bei jedem Rundgang einen Überblick über das Verhältnis von Gas- und Wassertemperatur hat. Diese Einrichtung erzieht gegenüber der häufigen Gepflogenheit, vorsorglich mit Kühlwasserüberschuß zu arbeiten, zu sorgfältiger Einhaltung der Gas- und Wassertemperaturen und damit zur Wasserersparnis. Bei Abgabe von Warmwasser zur Weiterverwendung lohnt ferner ein Temperaturschreiber, um Beschwerden des Abnehmers vorzubeugen.

Zur Wirtschaftlichkeit der Gaskühlung gehört auch die wichtige Frage der Korrosionsverhütung im Wasserweg der Gaskühler. Korrosionen im Gasweg sind, obwohl ein mit angreifenden chemischen Bestandteilen (Kohlendioxyd, Schwefel- und Zyanverbindungen) beladenes Rohgas vorliegt, verschwindend gering. Dies ist vorwiegend in dem vom Gas mitgebrachten Teerölüberzug im Gasweg begründet. Für den Wasserweg war schon bei den Kühlerbauarten für die in der Kühlwirkung weniger günstige Verwendung von Gußrohren der Vorteil der Korrosionsbeständigkeit erwähnt. Die zunehmende Verwendung der wärmewirtschaftlich geeigneteren Schmiederohre hat zwangsläufig zu einer stärkeren Beachtung ihrer Angriffsempfindlichkeit geführt und zur Prüfung der Ursachen und möglichen Maßnahmen. Angriffe aus dem Wasser sind zu erwarten von dem Gehalt an angreifender Kohlensäure und vom Sauerstoffgehalt. Der Kohlensäureangriff erfolgt flächenmäßig, die für den Rohrbestand gefährlicheren punkt- oder kraterförmigen Anfressungen sind aber dem Sauerstoffraß zuzuschreiben^{1), 2)}. Der Angriff ist bei geringer Strömungsgeschwindigkeit und vor allem in den toten Ecken des Wasserweges wesentlich stärker, als in schnell durchflossenen Rohren. Es ist praktisch erwiesen, daß eine Fließgeschwindigkeit von weniger als $\frac{1}{2}$ m/s angriffverstärkend wirkt^{1), 2)}. Das bei den Kühlerbauarten erwähnte Bestreben, den Wasserstrom zur besseren Wärmewirtschaft weitgehend zu beschleunigen, dient somit gleichzeitig der Vorbeugung gegen Korrosion. — Ein Schutz gegen diese

¹⁾ F. Wehrmann, Gas- und Wasserfach 80 (1937), S. 24.

²⁾ K. Schilling, Gas- und Wasserfach 79 (1936), S. 542.

Angriffe wurde in der auf den Arbeiten von Tillmanns und Mitarbeitern¹⁾ und den Versuchen von Bücher²⁾ beruhenden Kalkrostschuttschicht für Kaltwasserleitungen gefunden, und zwar mit Kalkstaub-, Kalkmilch- oder Kalkwasserdosierung. Eine gleiche Schuttschichtbildung bezweckt das Magnoverfahren^{3), 4)}. Diese für Kaltwasserleitungen außer Zweifel stehende Eignung einer Schuttschicht ist für Kühleranlagen nicht ohne weiteres zu übernehmen. Einerseits ist ihre Bildung weitgehend abhängig von der Wasserbeschaffenheit und von der Abstimmung der Entsäuerungsverfahren auf die vorliegende Wassertemperatur. Es kommt nicht nur auf den Gehalt an freier bzw. angreifender Kohlensäure an, sondern auch auf die Karbonathärte. Bei höherer Karbonathärte — wobei ein Grenzwert nicht festgelegt werden kann —, verschiebt sich bei der Wassererwärmung im Kühler das Gleichgewicht und es spaltet sich erneut CO₂ ab, besonders aus dem Magnesiumkarbonat, und macht eine Schuttschicht unmöglich.

Ein aussichtsreicherer Weg der Korrosionsverhütung ist die Entfernung des gefährlicheren Sauerstoffs. Diese ist möglich durch Zusatz von Natriumbisulfid, das den Sauerstoff bindet. Die Wirtschaftlichkeit dieser Verfahren (Permutit-Ges.; Desoxygen-Verfahren) ist nach dem Chemikalienbedarf zu prüfen. Außerdem kann der Sauerstoff durch vor die Kühler geschaltete Rostex-Filter (Manganstahlwolle⁵⁾) aufgenommen werden; das Wasser ist dann allerdings durch gelöstes Eisen getrübt, so daß sich dieses Verfahren nur für weglaufendes Wasser eignet³⁾. Ebenfalls der Sauerstoffentfernung dient das nur in größeren Anlagen wirtschaftliche Verfahren der Hochvakuumentgasung des Kühlwassers (Permutit-Ges.); das entgaste Wasser muß den Kühlern erneut zugepumpt werden.

Der Sauerstoffangriff ist elektrochemischer Natur und erfolgt deshalb vorwiegend dort, wo er an Schlackeneinschlußstellen u. dgl. die Voraussetzung für Bildung von Lokalelementen findet. Dieser Charakter des Angriffsvorganges führte zu seiner Bekämpfung durch elektrische Schutzstromverfahren, die die Lokalströme ablenken sollen; abschließende Erfahrungen über diese sind noch nicht bekannt.

Eine weitere Vorbeugungsmaßnahme ist die Verwendung schwerer rostender oder oberflächengeschützter Rohre. Als Sonderstoffe für Kühlrohre sind niedrig legierte Chrom-Wolfram- oder Chrom-Molybdän-Stähle versucht worden; Dauerbetriebserfahrungen liegen noch nicht vor. Bei Anstrichschutz hängt der Erfolg von völliger Reinheit der Rohr-

¹⁾ Tillmanns, Hirsch, Schilling, Weintraud, Gas- und Wasserfach. **70** (1927) S. 845, **72** (1929) S. 49 u. f.

²⁾ Bücher, Gas- und Wasserfach **70** (1927), S. 171.

³⁾ F. Wehrmann, Gas- und Wasserfach **80** (1937), S. 24.

⁴⁾ E. Naumann, Gas- und Wasserfach **79** (1936), S. 161.

⁵⁾ Hülsmeier, DRP. 359 375.

flächen von Rost und Zunder ab, sowie von sorgfältiger Aufbringung des Anstriches. Diese Voraussetzungen treffen eindeutig zu bei den geparkerten (gebonderten) Rohren, die im Bad geheizt, phosphatiert, darauf mit Kunstharzlack eingebrannt sind. Die Einwalzstellen müssen mit Speziallack nachbehandelt werden. Dasselbe gilt für das Verfahren der Atramentierung.

Geeignete Stoffauswahl oder Stoffschutz oder Sauerstoffentfernung erscheinen demnach zur Zeit als die aussichtsreichsten Verfahren zum Schutz schmiedeeiserner Kühlrohre.

4. Kühlerbauarten für Mischkondensation.

Die Rohgaskühlung ist, wie oben schon ausgeführt, vorwiegend auf die Anwendung der Oberflächenkondensation angewiesen, weil die Einbringung eines Kühlmittels das aufzuarbeitende Kondensat verdünnen würde. Eine Ausnahme hiervon machen die Regenkühler des

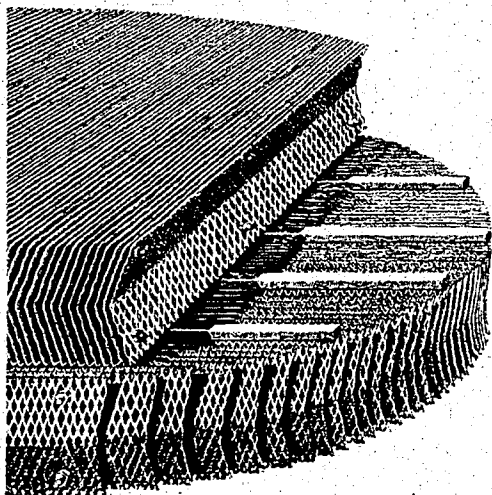


Abb. 79. Intos-Horde (Dr. Otto).

Tiefkühlverfahrens (Band III, 3). Aber sowohl bei etwager Zusatzkühlung nach der Reinigung, als auch bei der Kühlung praktisch teerfreier Gase, wie Wassergas und Generatorgas, können Mischkondensatoren, also Kühler zur unmittelbaren Behandlung des Gases mit dem Kühlmittel, verwendet werden und sind in diesen Fällen wegen ihrer billigeren und einfacheren Bauweise technisch und wirtschaftlich im Vorteil.

a) Hordenkühler.

Die einfachste Form ist der nur aus einem Blechmantel bestehende Skrubber, mit einer auf einem Bodenrost oder bei größerer Höhe auf mehreren Zwischenrosten liegenden Füllung von Grob- oder Nußkoks. Diese vor allem in Wassergasanlagen sehr häufig verwandte Ausführung hat den Zweck, gleichzeitig mitgerissenen Koksstaub festzuhalten, das Gas durch die Wasserberieselung der Füllung zu kühlen und diese gleichzeitig wieder sauber zu spülen.

Der Hordenkühler verfolgt denselben Zweck, nur tritt an Stelle der Koksfüllung ein Einbau von versetzt angeordneten Horden, die das

Wasser möglichst gut auf den ganzen Kühlerquerschnitt verteilen und das Gas ständig zum Richtungswechsel zwingen. Horden werden sehr verschieden ausgeführt, mit senkrecht, schräg oder dachförmig gestellten Flächen, mit Tropfnasen u. dgl. Eine sehr gut verteilende Horde ist die aus Streckmetall zusammengesetzte Intos-Horde (Abb. 79)¹⁾.

Auch Füllung mit Füllkörpern wird angewandt; diese werden in den verschiedensten Formen hergestellt, teils als lose geschüttete Ringkörper runden oder eckigen Querschnitts, teils als geordnet gesetzte, den Gasweg unterteilende und lenkende Körper.

Besonders wichtig für die Skrubber und Hordenwäscher ist es, die Kühlflüssigkeit von vornherein gut zu verteilen, da bei ungleicher Verteilung das Gas den unberieselten, bequemeren Weg des geringsten Widerstandes vorzieht. Die üblichste Art ist die Spritztellerverteilung; das Wasser spritzt aus einer düsenartigen Verengung mit Druck auf die

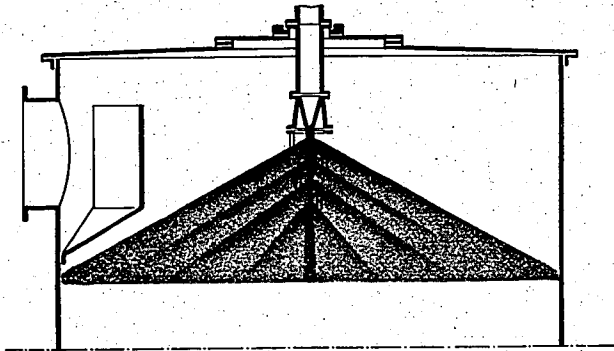


Abb. 80. Zentralberieselungseinrichtung (Dr. Otto).

Mitte eines gehöhlt ausgearbeiteten Tellers und verteilt sich von diesem aus kreisförmig. Bei größerem Kühlerquerschnitt wird eine sternförmige Gruppe von Spritztellern verwandt.

Bessere Verteilung geben Streudüsen, die ebenfalls einzeln oder in Sternanordnung angebracht werden können. Geeignet sind Düsen mit Spiraleinsatz (sog. Körtingdüsen) und die nur für reines Wasser verwendbaren, aber besonders gleichmäßig sprühenden Schlickdüsen und andere Bauarten.

Eine den ganzen Kühlerquerschnitt auch bei größeren Einheiten gleichmäßig beschickende Vorrichtung ist die Zentralberieselungseinrichtung (Abb. 80)²⁾, die mit einem je nach dem Verwendungszweck genau einstellbaren Prallplattensystem arbeitet. Es ist auch möglich, diese Vorrichtung von außen heb- und senkbar einzurichten, um bei

¹⁾ Dr. Otto u. Co., DRP. 601 755.

²⁾ Dr. Otto u. Co., DRGM. 1128640.

Belastungsschwankungen mit verschiedenen Kühlmittelmengen und doch stets vollständiger und gleichmäßiger Verteilung arbeiten zu können.

Auch bewegte Kühlmittelverteiler sind in Gebrauch, z. B. eine nach Art des Segnerschen Wasserrades durch den eigenen Wasserdruck kreisendes Streudüsenkreuz von Bischoff¹⁾.

b) Regenkühler.

Diese Kühlergruppe verzichtet auf füllende Einbauten im Kühlerraum und bildet die Wasserverteilung so aus, daß der Gasstrom auf dem

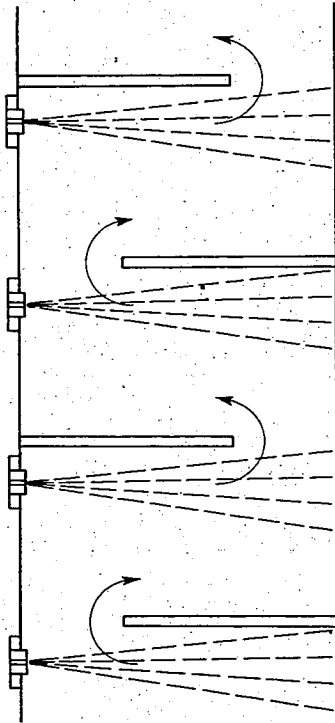


Abb. 81. Wasserschleierwäscher (Koppers).

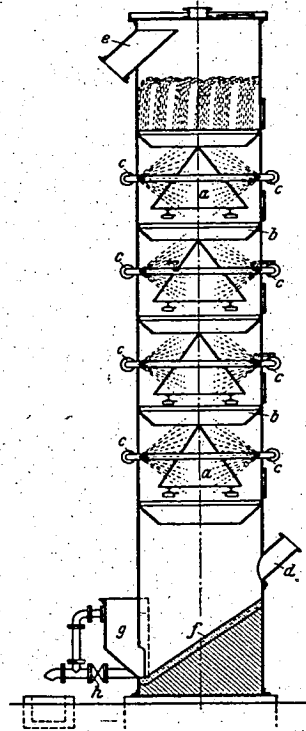


Abb. 82. Glockenstaubwäscher (Bischoff).

Weg durch den Kühler in ausreichender Weise gewaschen und gekühlt wird. Diesem Zweck dienen grundsätzlich die bei den Horden erwähnten Düsen und Zentralberieselungen. Bei größeren Kühlern und bei Gasgeschwindigkeiten, die eine Ablenkung des versprühten Wassers möglich

¹⁾ A. Thau, Feuerungstechnik 1937, S. 836.

machen, sind stärker verteilte, auch seitlich eingeführte Düsenanordnungen notwendig. — Eine für Generatorgaskühlung aus Zentralgeneratorenanlagen sehr bewährte Bauart ist der Wasserschleierwäscher von Koppers (Abb. 81), der das Gas um im Kühlraum wechselnd eingebaute halbrunde Leitbleche im Zickzack durch die Wasserschleier der seitlich eingeführten Streudüsen hindurchführt. — Auf dem gleichen Grundsatz der Gasführung durch Wasserschleier beruht der Staubwäscher mit Glockeneinbau von Bischoff¹⁾ (Abb. 82).

Bei hohem Staubgehalt des zu kühlenden Gases muß das abfließende Kühlwasser durch eine Klärgrube geleitet werden, bevor es zum Kanal abfließt.

5. Rückkühlanlagen für Kühlwasser.

Wenn das Kühlwasser nicht in beliebiger Menge zur Verfügung steht oder nicht zu solchem Preise, daß es mangels Nachverwertung nutzlos wegfließen darf, so ist, mindestens zur Berieselung der Vorkühler, auch rückgekühltes Ablaufwasser der Kühler gut brauchbar. Zu diesem Zweck wird das erwärmte Kühlwasser in einem Luftstrom so verregnet, daß der einzelne Tropfen oder dünne Wasserstrahl sowohl durch Frischluft gekühlt wird, als auch durch teilweise Verdunstung vom Wasser Wärme an die Frischluft abgeben wird. Deshalb wird dieses Wasserrückkühlverfahren auch als Verdunstungskühlung bezeichnet.

Hauptteile der Rückkühlung sind die Einrichtung für Verregnung und die Einrichtung für Erzeugung eines kühlenden Luftstromes. Auf letztere kann unter Umständen verzichtet werden, z. B. bei Verregnung des Wassers aus Düsen über einem ausreichend großen Becken.

Andererseits kann der Luftstrom mechanisch durch Gebläse erzeugt werden. Gebläsekühler sind aber nur in Sonderfällen üblich und werden für Kühlwasserkühlung kaum angewandt. Für diesen Zweck dienen fast ausschließlich Kaminkühler.

Für die Grundsätze der Kaminkühler gibt ten Bosch²⁾ beifolgendes Schema (Abb. 83): Das Warmwasser wird auf dem in der unteren Hälfte des Kamins liegenden Rieseleinbau möglichst fein verteilt und regnet dem durch die Kaminwirkung des Schachtobertheiles aufwärtsgetriebenen Frischluftstrom entgegen. Da bei freiem Fall von einem Verteiler aus die Berührungszeit des einzelnen Tropfens mit der Kühlluft zu kurz

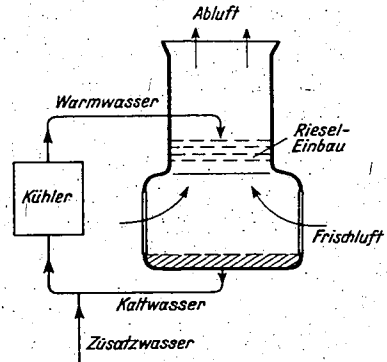


Abb. 83.
Schema einer Rückkühlanlage.

¹⁾ A. Thau, *Feuerungstechnik* 25 (1937), S. 236.

²⁾ M. ten Bosch, *Die Wärmeübertragung*. Berlin 1927.

wäre, wird durch Nachverteilerzwischenbauten für langsames Heruntertropfen gesorgt und die Fallhöhe in Abschnitte von je $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ m unterteilt.

Das Verhältnis:
$$\frac{\text{Wassermenge in m}^3/\text{h}}{\text{Kühlerquerschnitt in m}^2}$$

bezeichnet man als »Regenhöhe«, ausgedrückt in m/h; z. B. hat ein Kaminkühler von 2 zu 2 m = 4 m² Kaminquerschnitt mit 10 m³/h Wasserberieselung eine Regenhöhe von 2,5 m/h.

Der Temperaturunterschied zwischen Wasserzulauf und -ablauf wird Zonenbreite genannt. Die Größenordnung der Zonenbreite ist allerdings nicht allein maßgebend, denn es ist nicht gleichgültig, ob Wasser von 70 auf 45° oder von 45 auf 20° gekühlt werden soll. Für die Berechnung eines Kaminkühlers müssen die betrieblichen Voraussetzungen, Fördermengen, Temperaturlagen usw. der anbietenden Firma genau angegeben werden, um eine sichere Angabe zu ermöglichen. Die Gewährleistungen sind üblicherweise abgestellt auf 15° Lufttemperatur mit 60% relativer Feuchtigkeit. Wird vom Betrieb auch bei warmem Sommerwetter eine ausreichende Kühlung verlangt, so muß die Bemessung wesentlich größer gewählt werden als bei Bezug auf eine Jahresmitteltemperatur.

Als überschlägiges Beispiel kann angegeben werden, daß für 25° Zonenbreite und 25° Wasserendtemperatur etwa 2 m Regenhöhe notwendig sind, bei 7 bis 8 m Gesamtfallhöhe des Wassers vom Rieselverteiler bis Oberkante Wasserbecken.

Die Fundament- oder Beckengrundfläche ist natürlich wesentlich größer vorzusehen, als der in der »Regenhöhe« eingesetzte Kaminquerschnitt. — Die Aufstellung des Rückkühlers muß den erforderlichen freien Luftzutritt gewährleisten, der Kühlturm soll daher nicht dicht an Gebäuden oder in engen Höfen stehen, denn der Auftrieb im Kamin ist gegenüber der Außenluft bei mittleren Wassertemperaturen nur sehr gering.

Der Rieseleinbau wird von den verschiedenen Fachfirmen sehr unterschiedlich ausgeführt, mit parallelen oder gekreuzten Verteilern, meist mit Tropfnasen versehen. Eine Sonderbauart (Demag) geht einen grundsätzlich anderen Weg und läßt das Wasser in dünnem Film an senkrechten Flächen herabrieseln, die mit einem Zwischenraum von nur 20 bis 30 mm im Kühlturm eingebaut sind; der stark unterteilte Luftstrom gibt mit der großoberflächigen Wasserverteilung einen sehr starken Wärmeaustausch.

Wird Nutzwasser verwendet, das nicht besonders gereinigt war, oder scheidet ein Kreislaufwasser Eisenschlamm ab, so ist es zur Vermeidung von Verschlammungen im Rieseleinbau wie in den Kühleranlagen vorteilhaft, das Kreislaufwasser ständig zu filtern. Ein mit keramischen Filterkörpern besetztes, mit Elektromotor gedrehtes Nutz-

wasserklärfilter¹⁾, das sich während des Drehens periodisch durch selbsttätige Rückspülung reinigt, wird für Leistungen von 10 bis 1000 m³ je h hergestellt.

Die Rückkühler haben sich in der Wasserwirtschaft und damit in den Betriebskosten vieler Betriebe sehr erfolgreich erwiesen.

D. Teerscheidung.

1. Grundsätze der Teerscheidung.

Die Teerscheidung beginnt bereits im Liegerrohr und in der Vorlage, worin ein Teil der größeren Teernebel durch die Rohwasserberieselung niedergeschlagen wird. Weitere Teermengen scheiden sich, entsprechend dem Temperaturabfall, in der Rohgasleitung und in der Vorkühlung ab. Auf den besonderen Charakter des Raumkühlers, in dem Naphthalinanteile durch die dem verlangsamten Gasstrom entgegenschlagenden Teernebel ausgewaschen werden, wurde oben (S. 63) hingewiesen. Die Teertrennung in Reutter-Kühlern ist sehr erheblich. W. Zwieg²⁾ ermittelte in dem allerdings sehr breiten Temperaturbereich von 60 auf 17° an einem Reutter-Kühler eine Minderung des Teergehaltes von etwa 40 auf 3 g/m³. Mit jeder weiteren Temperatursenkung würden bei Fehlen einer Teerscheidung weitere Teeranteile sich ausscheiden, die in der Nachkühlung und vor allem in den nachfolgenden Einrichtungen, der Ammoniakwäsche und Schwefelreinigung, nachteilig wirken würden. In der Ammoniakwäsche werden durch noch vorhandenen Teer die Waschflächen verölt, so daß das Wasser ungenügend haftet und die Ammoniakauswaschung unvollständig bleibt. — In der Trockenreinigung verklebt mitgerissener Teer die Masseteile, hindert Schwefelaufnahme und Regeneration und erhöht den Druckverlust (vgl. S. 112).

Die Teerscheidung wird meist zwischen Vor- und Nachkühlung eingeschaltet. Es ist an sich wohl möglich, durch Abkühlung den Teer ganz zu beseitigen, wie durch die Gastieftkühlung erwiesen ist (vgl. Band III, 3); allerdings bewirken bei diesem Verfahren die durch die starke Kühlung mit ausgeschiedenen Leichtöle zusammen mit dem regnenden Kältemittel eine zugleich lösende und mechanische Teerniederschlagung, ähnlich dem Prinzip des Raumkühlers.

Bei der normalen Gaskühlung würde jedoch die Abkühlung allein nicht zur Teerscheidung ausreichen, weil die feinsten Teernebel trotz ihrer Abscheidung aus dem Gas vom Gasstrom weitergetragen werden. Infolge ihrer Leichtigkeit haben sie keine Neigung, niederzufallen. Hierzu kommt noch der Einfluß der Oberflächenspannung des Teertropfchens. Jeder ausgeschiedene Flüssigkeitstropfen wird durch diese Spannung in Kugelform gehalten. Sollen sich mehrere solcher Kleinst-

¹⁾ Zimmermann und Jansen, DRP. 597254.

²⁾ W. Zwieg und W. Mees, Gas- und Wasserfach 80 (1937), S. 239.

tropfen zu einem größeren zusammenballen, so müssen die einzelnen Oberflächenspannungen überwunden werden. Da nun mit der Verkleinerung des Tropfens die kinetische Energie seiner Masse im Verhältnis zur Oberflächenspannung zurückgeht, genügt eine bloße Berührung der Teilchen im Gasstrom nicht zur Überwindung der Einzelspannungen und es müssen zusätzliche Kräfte oder andere Hilfsmittel dafür aufgewandt werden.

Die verschiedenen Verfahren der Teerscheidung sind dieser Eigenart der restlichen Teerbestandteile angepaßt und sind in folgenden Gruppen zusammenzufassen:

1. Mechanische Auswaschung unter Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit (Teerwaschung),
2. Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit, verbunden mit Prallwirkung (Stoßverdichtung),
3. Ausschleudern mit oder ohne Zufügung eines Waschmittels (Schleuderwaschung),
4. Elektrische Aufladung und Ablenkung des Teernebels aus dem Gasstrom (Elektrische Entteerung).

2. Teerwaschung.

Die Teerwaschung ist nicht ohne weiteres als Arbeitsweise zur restlosen Teerentfernung zu gebrauchen und wird auch nur in Sonderfällen angewandt, z. B. zur möglichsten Entfernung der hauptsächlichsten Teermengen aus dem heißen Rohgas vor dessen Eintritt in eine Sättigerapparatur der direkten Ammoniakgewinnung. Da in dieser das heiße Gas mit Schwefelsäure auf Ammonsulfat gewaschen wird, würde der im Sättiger mitgerissene Teer das Salz verschmutzen. Deshalb wird dem Sättiger eine Heißgas-Teereinigung vorgeschaltet, die bei einer Temperatur von 75 bis 80° arbeitet. Für diesen Zweck bewährt ist der Teerstrahlapparat (Abb. 84)¹⁾, der heißen Teer durch eine nach der geforderten Leistung verstellbare Prallplattendüse in den durch eine Querschnittsverengung beschleunigten Gasstrom einspritzt. Unterhalb des Teerstrahlapparates befindet sich ein erweiterter Teerauffangbehälter als Beruhigungstopf. Selbstverständlich behält das Gas noch die seiner Temperaturlage nahestehenden Leichtöldämpfe, die aber in der heißen Säurewäsche nicht stören.

3. Teerstoßabscheidung.

a) Pelouze- und Drory-Teerscheider.

Das in Gaswerken zunächst grundsätzlich eingeführte und auch jetzt noch überwiegend gebrauchte Verfahren ist das der Stoßverdichtung im Teerscheider nach Pelouze-Audouin.

¹⁾ Dr. Otto u. Co., DRP. 203254.

Die Stoßwirkung wird dadurch erreicht, daß der Gasstrom, durch zahlreiche kleine Sieböffnungen zerteilt, auf dicht gegenüberliegende Prallflächen geführt wird. Diese Siebblech-Prallblechanordnung ist

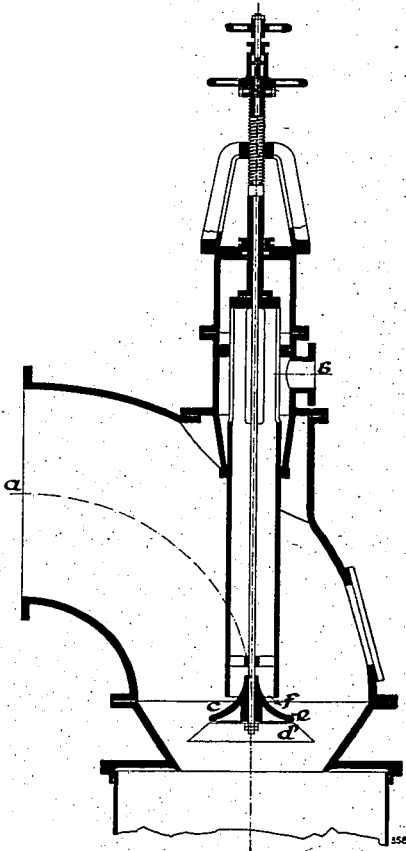


Abb. 84. Teerstrahlapparat (Dr. Otto).

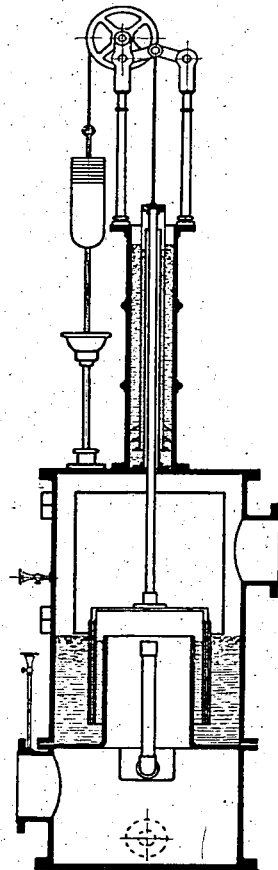


Abb. 85. Pelouze-Teerscheider.

doppelt hintereinander gesetzt. Die Siebfläche wird so bemessen, daß ein zur Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit notwendiger Druckverlust von etwa 70 bis 100 mm WS eintritt.

Dieses Verfahren ist so angeordnet, daß die Sieb- und Prallbleche den Doppelmantel einer hängenden Glocke bilden (Abb. 85). Das Gas tritt in dem Teerscheidergehäuse durch einen von einer Ringtasse umgebenen Stutzen nach oben, über den die Glocke, in die Ringtasse

tauchend, aufgehängt ist. Die Glockeraufhängung ist über einen Tauchtaschenabschluß und Seilführung mit Gegengewicht beweglich; das Gegengewicht wird so be- oder entlastet, daß der gewünschte Druckverlust eingehalten wird. Bei allmählicher Dickteerversetzung der oberen Durchströmöffnungen hebt sich die Glocke, dem dadurch gesteigerten Druck folgend, höher aus der Tauchung heraus, um dadurch weitere Sieböffnung freizugeben, bis zu einer Grenzhöhe, bei der der Gasdruck die restliche Tauchung durchschlägt und die Glocke zur Reinigung der Siebbleche ausgewechselt werden muß.

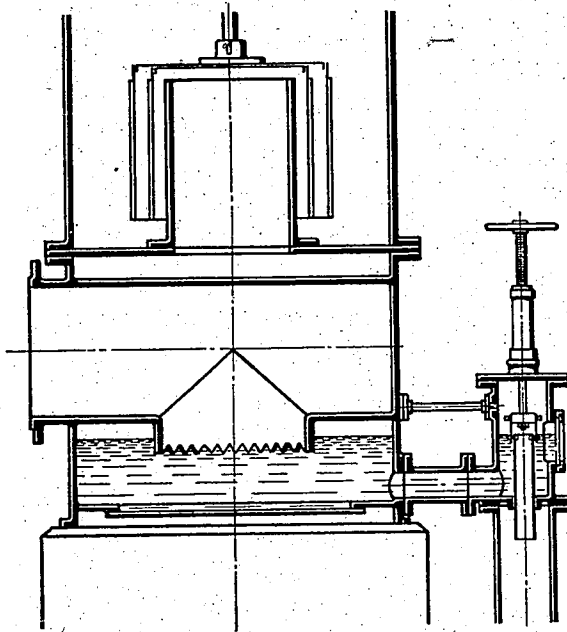


Abb. 86. Drory-Waschglocke.

Der Drory-Teerscheider hat dieselbe Einrichtung, ergänzt sie aber durch eine im Unterteil des Gehäuses vorgeschaltete Grobwaschung des Gases mit einer tauchenden, feststehenden Zahn-glocke (Abb. 86). Dadurch werden besonders Dickteerbestandteile abgefangen und die Betriebsdauer der Pelouze-Glocke erhöht. Die Tauchung dieser Zahn-glocke wird, durch einen Plattenschieber regelbar, auf etwa 50 mm WS eingestellt. Dieser Schieber gestattet auch ein zeitweises Tieferstellen, um etwa angesammelten Dickteer abfließen zu lassen.

Sowohl die Stoßglockentauchung, wie die Zahn-glockentauchung werden ständig mit Ammoniakrohwasser berieselt, um den anfallenden Teer fortzuspülen.

Um die Betriebsdauer der Stoßglocke, deren feine Lochung sich allmählich mit dickeren Teerbestandteilen versetzt, möglichst zu verlängern und das lästige Auswechseln der Glocken zu vermindern, sind verschiedene Betriebsweisen in Gebrauch. Durch Einführen eines Dampfrohres oder Dampf-düsenkreuzes durch den Gasstutzen unter die Glocke kann diese täglich ein- oder mehrmals kurze Zeit gedampft, dadurch angesetzter Teer zum Abfließen gebracht und vor allem versetzende Naphthalinkristalle können verflüchtigt werden. Noch ge-

eigneter ist die Anordnung eines Ringdampfrohres mit Sprühlöchern (Abb. 87). — Besseren Erfolg als mit diesem Dampfen hatten die Wiener Gaswerke durch Einlegen einer Dampfheizschlange in die Glockenringtasse; der Teerscheider wird in gewissen Zeitabständen ausgeschaltet und die Glocke in den aufgeheizten Teer der Tasse abgesenkt zwecks Heißteerpülung.

Mit einer Glocke werden die Teerscheider bis zu Leistungen von höchstens 50 000 m³/Tag ausgeführt. Bei größerer Leistung würde eine Glocke zu schwer, sie wird dann zu 4 an einem Kreuz hängenden Glocken unterteilt (Abb. 88), die quadratisch oder sektorartig geformt sind; für Leistungen von über 150 000 m³/Tag erfolgt eine weitere Aufteilung auf 8 Glocken (Zimmermann und Jansen, Abb. 89).

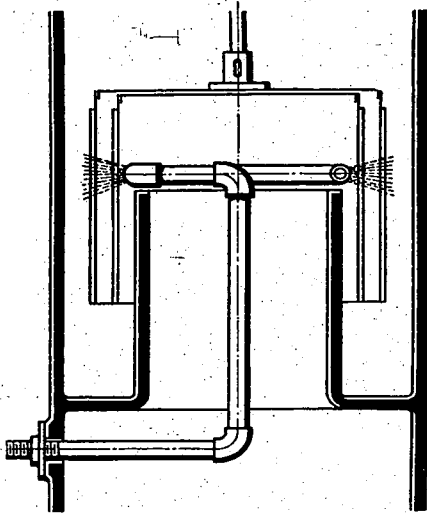


Abb. 87. Ausdampfvorrichtung im Teerscheider

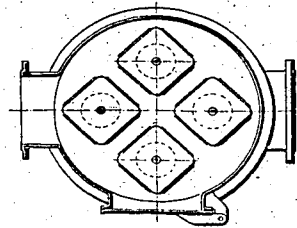


Abb. 88. Viertellige Stoßglockenanordnung.

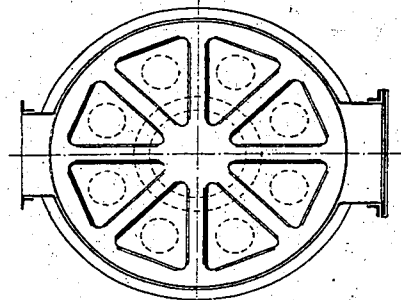


Abb. 89. Achteilige Stoßglockenanordnung.

Besondere Sorgfalt ist im Laufe der Entwicklung auf die Ausbildung der die Glockenwand bildenden Loch- und Prallbleche verwandt worden. Es liegen verschiedene bewährte Gebrauchsformen vor, von denen man aber keine als ausschließlich beste bezeichnen kann, da ihre Eignung sehr von der Beschaffenheit von Gas und Teer mit abhängig ist. Je nach Ofentemperaturen, Art und Umfang der Vorkühlung und Saugerart sind Teerbeschaffenheit und Teermenge sehr verschieden, und es kann bei unbefriedigendem Arbeiten des Teerscheiders empfohlen werden, einen Versuch mit anderer Lochblechart zu machen.

Grundsätzlich hat von jedem Blechpaar das innere die feinere Öffnung, da es den Gasstrahl aufteilen und die Strömungsgeschwindigkeit erzeugen soll; das äußere Blech dient dem Anprall und seine breiteren Öffnungen nur der Gasumlenkung.

Pelouze und Audouin verwendeten im inneren Blech einzelne oder mehrfache Reihen feiner Rundlöcher von 0,8 bis 1,2 mm Dmr., im äußeren Blech Schlitzte von 2 bis 3 mm Breite, natürlich so angeordnet, daß jeder inneren Lochreihe außen ein Steg gegenübersteht (Abb. 90). — Drory gab dem inneren Blech durch dichte Aneinander-

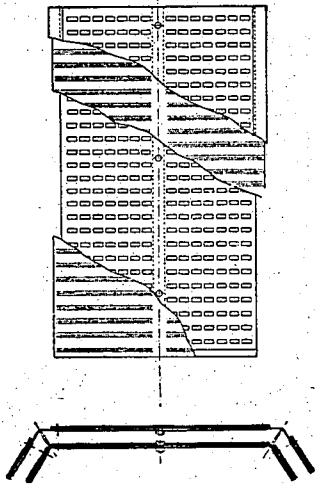


Abb. 90. Pelouze-Stoßglockenbleche.

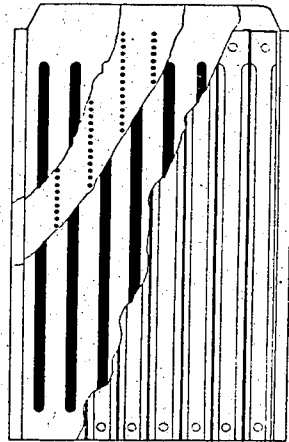


Abb. 91. Drory-Stoßglockenbleche.

reihung gestanzter Blechstreifen düsenartige Austritte (Abb. 91) oder gebrauchte einfache Schlitzbleche, die zwar schmalere Schlitzte hatten als die Außenbleche, aber doch einen wesentlich breiteren Durchgangsquerschnitt, als die Pelouze-Lochreihen.

Da die im allgemeinen besser wirkenden Feinlochbleche nach Pelouze sich sehr leicht zusetzen, wurde in neuerer Zeit mit gutem Erfolg versucht, die Lochreihen durch sehr schmale Schlitzte zu ersetzen, deren Breite etwas geringer ist als der Lochdurchmesser. Während das kleine Rundloch durch Teeransatz schnell vom Rande her ringsum »zuwächst« oder sich durch mitgerissene Dichteerteile ganz versetzt, hält sich der Schmalschlitz, der in der freien Öffnung und damit im Druckverlust dem Feinloch gleichwertig ist, infolge anderer Strö-

mungsverhältnisse länger offen als das Feinloch. Es hat sich auch bewährt, die Feinlochreihen durch Ausstanzen auf Schmalschlitze umzuarbeiten.

Auch der Abstand von Innen- und Außenblech voneinander ist von großer Wichtigkeit. Bei zu großem Abstand geht die im Feinloch oder Schlitz erzeugte Bewegungsenergie schon vor dem Anprall teilweise verloren. Ein lichter Abstand von 2 mm hat sich als besonders wirksam erwiesen und kann durch Einbringen einiger genau bemessener Distanzrieten oder gestanzter Nocken und sauberes Einspannen der Bleche in die Glocke sehr genau eingehalten werden.

Meist sind 2 Lochblechpaare hintereinandergeschaltet. Glocken mit 3 Lochblechpaaren arbeiteten nach Weglassung des 3. mit 2 Sätzen besser. Unter Voraussetzung eines üblicherweise tragbaren Druckverlustes muß sich dessen Spanne bei 3 Blechsätzen in 3 Stufen teilen, also geringere Strömungsgeschwindigkeiten und Prallwirkung zur Folge haben.

Das sehr umständliche Auseinanderbauen der Einzelbleche zur Reinigung vermeidet eine neue Bauart der Stoßglocke (Bamag). Diese besteht nur aus 2 ineinanderzusteckenden, walzenförmigen, feingelochten Blechglocken, über die je ein abnehmbarer Schlitzstoßblechmantel mittels Kniehebelverschlüssen übergspannt wird. Die Loch- und Schlitzreihen sind waagrecht durchgehend angeordnet und geben durch den Wegfall der Eckstege zugleich eine größere freie Durchgangsfläche.

Als Zubehör zum Teerscheider war früher die Bypaß- oder Umgangs-klappe üblich und wird auch noch verwandt. Diese ist eine mit Gewichtsbelastung auf einen bestimmten Vordruck eingestellte, bei Drucksteigerung sich selbst öffnende und wieder schließende Absperrklappe in einer Umleitung um den Teerscheider. Ihr Zweck war, bei einer die zulässige Grenze überschreitenden Versetzung der Tauchglocke ein Durchschlagen der Tauchung und Hochschleudern der Tauchglocke dadurch zu vermeiden, daß eine dem Drucküberschuß entsprechende Gasmenge durch den Umgang geht. Diese Möglichkeit, durch unkontrollierbar durchgehende, ungereinigte Gasmengen die nachfolgenden Apparate zu verteeren, ist aber sehr bedenklich und es ist richtiger, auf den selbsttätigen Umgang ganz zu verzichten und die Gebrauchsdauer der Stoßglocken durch genügende Betriebskontrolle rechtzeitig zu begrenzen. Hierzu kann ein an der Glockentragstange oder dem Gegengewicht befestigter Zeiger, mit Skala am Gehäuse, dienen. An der Skala ist der ausgemessene Höchststand der Stoßglocke zu bezeichnen. — Zur Vermeidung starken Stoßens der Glocke bei Gasmengenschwankungen oder Druckstößen eignet sich eine am Seilführungsrad der Glocke anzubringende Belastungs- oder Federbremse, die zu scharfe Bewegungen dämpft.

Besonderer Wert ist im Betrieb des Pelouze-Teerscheiders auf Einhaltung des erforderlichen Druckverlustes zu legen, der an Einzel- oder Differenzmanometern abgelesen wird.

Für die Stoßglocke sind 60 bis 90 mm Druckverlust üblich, nur die untere Waschglocke weitere 40 bis 60 mm. Bei zu geringem Druck läßt der Wirkungsgrad der Teerscheidung stark nach. Nach Untersuchungen des Gasinstituts werden mit 50 und mehr mm Druckverlust Wirkungsgrade von über 90% erreicht, dagegen mit 40 mm nur 60 bis 70%. Für sehr hohe Wirkungsgrade, bis 99%, sind Druckverluste von 120 mm, also über der betriebsüblichen Höhe, notwendig. Wenn durch Förderung mit Turbosauger (vgl. S. 11) der Teergehalt schon stark verringert ist, wird auch mit üblichen Druckverlusten ein guter Wirkungsgrad der Gesamtentteerung erreicht.

Weiter ist die Einhaltung der günstigsten Arbeitstemperatur wichtig. Diese soll nicht unter 30° liegen¹⁾. Bei niedriger Temperatur wird der ausgeschiedene Teer zu fest und verstopft die Glocke zu schnell. Auch zu hohe Temperatur, über 35°, ist nicht erwünscht, da mit jedem Grad Temperatursteigerung mehr nicht kondensierter Teer durchgeht und in die Nachkühlung und Ammoniakwäsche gelangt.

b) Sonderbauarten von Teerscheidern.

Die Tauchtasse der Stoßglockenaufhängung ist bei der üblichen Pelouze- und Drory-Bauart des Teerscheiders schwer zugänglich und zu überwachen. Diesen Nachteil vermeidet der Teerscheider ohne Tauchverschluß von Koppers¹⁾. Die Glocke oder der die Glocken tragende Stern hängt in 2 Drahtseilen, die um eine waagerechte, durch eine Stopfbüchse nach außen geführte Welle gelegt sind. Auf der Welle sitzt ein Seilrad mit am Seil hängendem Gegengewicht. Die Achse des die Glocken tragenden Sterns reicht innen bis in eine auf dem Deckel des Gehäuses aufgesetzte Kappe und dient zur Führung und als Grenzanschlag nach oben. Dieser Teerscheider hat außer der Sicherheit gegen Durchschlag den Vorteil niedriger Bauart und bequemer Zugänglichkeit der Gegengewichtsaufhängung.

Eine Stoßverdichtung in grundsätzlich anderer Anordnung, als beim Pelouze bringt der liegende Teerscheider von Koppers (Abb. 92). An Stelle der hängenden Stoßglocke tritt ein liegender, um eine durchgehende Längsachse drehbarer, einerseits geschlossener Zylinder, dessen Wand von 2 Doppellagen gelochter Stoßbleche gebildet wird, wie bei Pelouze. Der Zylinder ist von einem liegenden Gehäuse umschlossen, das an der offenen Zylinderseite den Gaseingang trägt. Das Gas tritt durch diesen in das Zylinderinnere ein und dringt in üblicher Weise durch die Lochungen des Zylinders. Der Boden des Gehäuses ist mit Teer gefüllt, der durch eine Dampfchlange ständig warmgehalten wird und durch einen verstellbaren Überlauf in verschiedener Höhe gehalten werden kann. Bei normaler Belastung liegt etwa $\frac{1}{4}$ der Zylinderfläche im Teer, bei

¹⁾ A. Thau, Feuerungstechnik 25 (1937), S. 209.

Unterbelastung auch mehr. Ein Ende der Längsachse ist nach außen durchgeführt und mit einem Handrad versehen, das je nach Betriebsweise und Belastung regelmäßig, z. B. alle 2 h um etwa 30° , weitergedreht wird, um die Prallflächen ständig einer Teerspülung zu unterziehen. Durch Anbringen der Stundenzahlen auf dem Handrad wird die Betriebsüberwachung vereinfacht. Bei größeren Einheiten kann auch durch einen angebauten Motor mit geeigneter Übersetzung eine ständige langsame Umdrehung eingerichtet werden. Über dem Zylindergehäuse befindet sich ein stehender

Leerraum von etwa gleichem Rauminhalt wie das Untergehäuse. Dieser dient als Beruhigungs- und Absetzraum für etwa mitgerissene Teertropfen und läßt das Gas an seinem oberen Ende seitlich austreten. — Diese Teerscheiderbauart wird für Leistungen von 70000 bis 1200000 m³ Tagesleistung ausgeführt. Da keine selbstbeweglichen Teile vorhanden sind, arbeitet er stets störungsfrei. Die Bedienung beschränkt sich außer der Drehbewegung auf die Überwachung des Teerstandes und das Ablassen der Teerfüllung in großen Zeitabständen. —

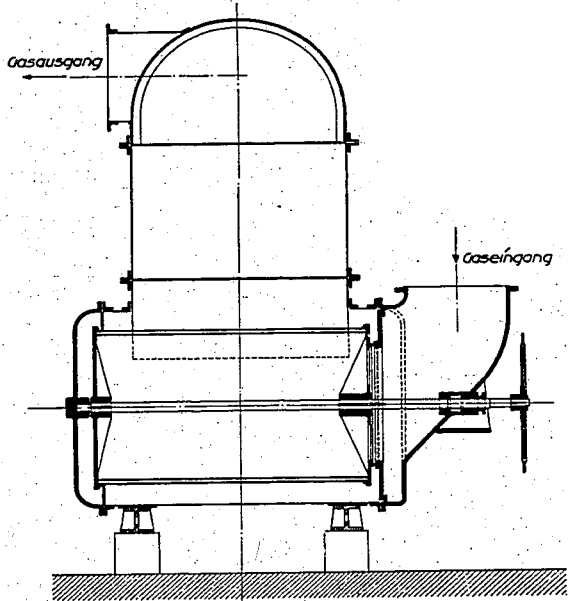


Abb. 92. Teerscheider nach Koppers.

Die Teerstoßabscheider geben bei ordnungsmäßigem Betrieb und rechtzeitiger Auswechslung oder sonstiger Reinhaltung der Glocken eine gute Teertrennung. (Bestimmungsverfahren vgl. später S. 114 und Band V.) Der Teergehalt nach dem Teerscheider beträgt im allgemeinen, — natürlich in Abhängigkeit von dem Teergehalt vor dem Scheider, — 5 bis 10 g in 100 m³ und steigt vor dem Glockenwechsel auch auf 10 bis 20 g/100 m³ und höher an. Ein höherer Gehalt ist nicht mehr als genügend rein anzusehen. Nach Untersuchungen von W. Zwieg¹⁾ entsprechen die üblichen Restteergehalte einem Wirkungsgrad des Teerscheiders von etwa 95 bis 97%.

¹⁾ W. Zwieg, und W. Mees, Gas- und Wasserfach 80 (1937), S. 239.

4. Teerschleuderwaschung.

Wird bei der Teerstößverdichtung durch die lediglich mittels Druckverlust erzeugte Stoßwirkung ein Zerschlagen und Abtrennen des Teernebels erreicht, so ist es erklärlich, daß auch jede auf mechanischer Schleuder- oder Schlagwirkung beruhende Arbeitsweise einen ähnlichen Erfolg haben muß.

a) Turbogebläse.

Die in erster Linie der Gasförderung dienenden Turbogebläse haben die Nebenwirkung, die im Gas befindlichen Flüssigkeits- und Nebelanteile auszuschleudern. Hinsichtlich ihrer Bauausführung wird auf die früheren Darstellungen (S. 11) verwiesen. Entsprechend ihrem eigentlichen Zweck ist dabei auf die Teerabtrennung nicht vornehmlich Rücksicht genommen, und so ist auch diese Trennung keine vollständige. Über den Grad der Teerentfernung im Turbogebläse liegen genaue Betriebszahlen nicht vor, doch ist erwiesen, daß diese schon recht weitgehend erfolgt. Sofern auf Reingas mit üblichen Reinheitsanforderungen gearbeitet wird, kann aber auf eine zusätzliche Teerscheidung mit einem Stoßabscheider oder auf andere Art nicht verzichtet werden.

b) Desintegratoren.

Die Teerschleuderwascher stellen im Gegensatz zu den Turbogebläsen in ihrer Bauart den Zweck der Nebel- und Flüssigkeitsabscheidung in den Vordergrund, erreichen aber gleichzeitig eine Gasförderung. Trotzdem kann auch bei diesen Einrichtungen nicht ohne weiteres von einer Feinreinigung gesprochen werden. Die Mehrzahl ihrer Anwendungen erstreckt sich nicht auf Reingasherstellung, sondern auf Reinigung technischer Gase für Sonderzwecke, z. B. von Steinkohlen- oder Braunkohlengeneratorgasen, die am Erzeugungsort für technische Heizungen (Gaserzeugungs-, Martin-, Glühöfen, Cowper, Dampfkessel u. a-) betrieben werden. Jedoch sind darüber hinaus auch Bauarten und Zusatzeinrichtungen ausgebildet worden, die es ermöglichen, Reingas für Gasmaschinen und andere Verwendungszwecke herzustellen. — Die Desintegratoren eignen sich auch zur Entstaubung teerfreier Gase. — Sie haben daher sowohl im Generatorenbetrieb von Gaswerken und Kokeereien, wie auch besonders in Hüttenwerken und in der Benzinsynthese und chemischen Großindustrie eine weitgehende und vielseitige Anwendung gefunden.

Das Arbeitsprinzip der Desintegratoren ist grundsätzlich folgendes (vgl. auch die nachfolgenden Einzelbeschreibungen): In einem ventilatorartigen Gehäuse kreist ein mit Stäben besetztes Rad, als Korbeinsatz bezeichnet; in diesen Korbeinsatz greifen entgegengesetzt am Gehäuse feststehende Stabreihen ein. Das kreisende, zusammen mit der Gehäuse-

form gasfördernd wirkende Rad schleudert die Flüssigkeits- und Nebelbestandteile gegen die feststehenden Stäbe. Die darin liegende Stoßverdichtung wird durch Waschung mit einem dem Sonderzweck angepassten Waschmittel unterstützt, das seitlich innen in das Schleuder- rad eingeführt wird und, mit dem Gasstrom geschleudert, die Fremd- bestandteile lösen oder aufnehmen hilft und ihre Wegführung aus dem Desintegrator erleichtert. Für teerhaltige Gase zu technischer Ver- wendung wird meist Waschteerberieselung genommen. Möglichst oder grundsätzlich wird dabei so gearbeitet, daß das Gas dem Desintegrator mit Temperaturen über dem Taupunkt zugeführt wird. Wird z. B. Generatorgas und Waschteer bei Temperaturen über 100° verarbeitet, so ist es möglich, einen wasserfreien Teer zu gewinnen, was zur Vermeidung von Emulsionen wichtig ist. — Für Staubentfernung wird mit Wasser berieselst. Sind wiederzugewinnende Dämpfe oder Öle auszu- scheiden, so wird mit einem besonderen Washöl gewaschen, z. B. bei Steinkohlengasen mit Anthrazenöl, das zugleich Naphthalin mit auf- nimmt.

Die fördernde Wirkung des Korbeinsatzes wird meist noch dadurch ergänzt, daß an diesen ventilatorartige Förderschaukeln zusätzlich ange- bracht werden.

Der Desintegrator hat entweder einen in ein Stabsystem ein- greifenden Korbeinsatz oder einen doppelseitig auf einer Welle aus- gebildeten Korbeinsatz mit beiderseits an den Gehäusewänden gegen- überstehenden 2 festen Stabsystemen.

Außer dieser Bauart sind auch solche aus 2 ineinandergreifenden, sich gegenläufig drehenden Korbböden und andere Formen hergestellt worden. Immer aber findet man die Schleuder- und Schlagwirkung vereinigt.

Zur Feinreinigung zwecks Verwendung als Motorengas ist Wasser- waschung notwendig.

Bei der innigen Mischung des Gases mit dem zerschleuderten Wasch- mittel ist das Gas beim Verlassen des Desintegrators natürlich nicht mechanisch rein, sondern mit fortgerissenen groben Flüssigkeitsteilen mehr oder weniger stark beladen. Deshalb müssen dem Desintegrator Einrichtungen nachgeschaltet werden, die die Trennung des Gases von diesen Bestandteilen ermöglichen. Dazu dienen vor allem Beruhigungs- räume oder können auch Behälter mit Horden- oder Ringfüllung ver- wendet werden, deren Umfang dem Verwendungszweck und geforderten Reinheitsgrad angepaßt werden muß.

Die durch den Desintegrator bewirkte Drucksteigerung ist nicht nur von der Umdrehungsgeschwindigkeit des Laufrades und seiner mehr oder weniger starken Schaukelbildung abhängig, sondern, da die freien Querschnitte zwischen den Schlagstäben im Vergleich mit den

Turbogebälgen verhältnismäßig groß sind, auch sehr vom Dichteverhältnis und der Zähigkeit des zu fördernden Gases. So gibt derselbe Desintegrator bei gleicher Fördermenge z. B. mit stickstoffreichem Generatorgas eine über 50% höhere Drucksteigerung als mit Wassergas.

Als Beispiele von Desintegratoren sind nachfolgend einige altbewährte Bauarten erwähnt.

Zschokke-Desintegratoren¹⁾ werden für Leistungen bis 100000 m³/h hergestellt. Die Abb. 93 zeigt einen kleinen einseitigen Desintegrator mit dem ventilatorartig ausgebildeten Schnecken-



Abb. 93. Eintelliger Desintegrator mit Beruhigungskammer (Zschokke).

gehäuse, nebst zugehöriger Beruhigungskammer und Gaseingang seitwärts von oben, die Abb. 94 einen Doppeldesintegrator mit Gaseingängen beiderseits von unten und mit aufgesetzten Siphons für die Waschmittelzufuhr. In der Abb. 95 sind zusammengehörige Teile eines größeren Desintegrators gezeigt, einmal die am rechten Gehäuseende feststehenden 3 Reihen Stäbe, andererseits der rotierende Korb (ohne zugehörige Welle), an dem die Aussparungen für das Eingreifen der festen Stabreihen zu sehen sind. Von der anderen Seite greift ein gleiches Stabsystem ein. Die Mitte des Korbrades trägt die fördernden Ventilatorschaufeln. Für andere Leistungen werden auch 2 Stabreihen dem entsprechend ausgebildeten Korb gegenübergestellt.

Da für zunehmende Drucksteigerung nicht nur das Laufrad und die Gasmenge zu beschleunigen sind, sondern auch das Waschmittel auf Umlaufgeschwindigkeit zu bringen ist, sind durch den Energiebedarf für die letztere Forderung Grenzen gesetzt. Deshalb werden, wenn besonders hohe Drucksteigerung und großer Waschmittelzusatz nötig sind, Sonderbauarten verwandt, die die Reinigungsarbeit und die Förderleistung trennen. Damit sind Drücke von über 500 mm bis über 700 mm WS je nach Gasart zu

¹⁾ Zschokke Werke, DRP 373496.

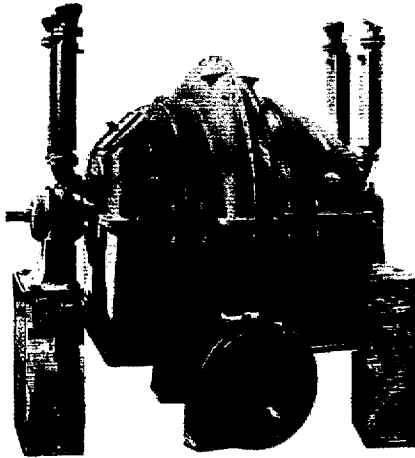


Abb. 94. Doppeldesintegrator (Zschokke).

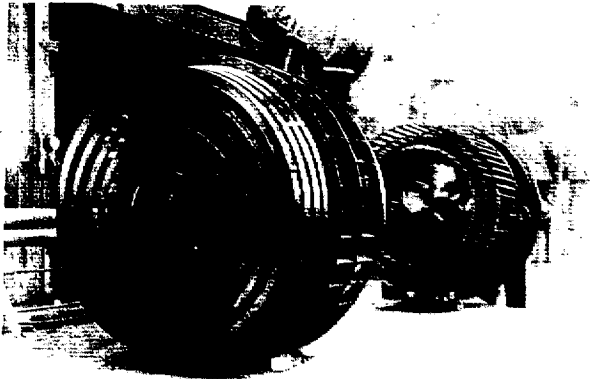


Abb. 95. Desintegratorrollen

erreichen. Andererseits können, wenn keine Drucksteigerung gebraucht wird, die Förderschaukeln in Wegfall kommen; trotzdem ergibt sich dann durch die für einen Reinigungserfolg notwendige Umlaufzahl eine Pressung von 50 bis 60 mm WS. Etwas Pressung ist ja auch für die Gasförderung durch den Tropfenfänger erforderlich.

Theisen-Wäscher. Der normale Theisen-Wäscher zeigt auch Bauarten mit rotierendem Korb und einseitigen oder beiderseitigen Stabkränzen im Ventilatorgehäuse (Abb. 96). Sonderbauten für Synthese-

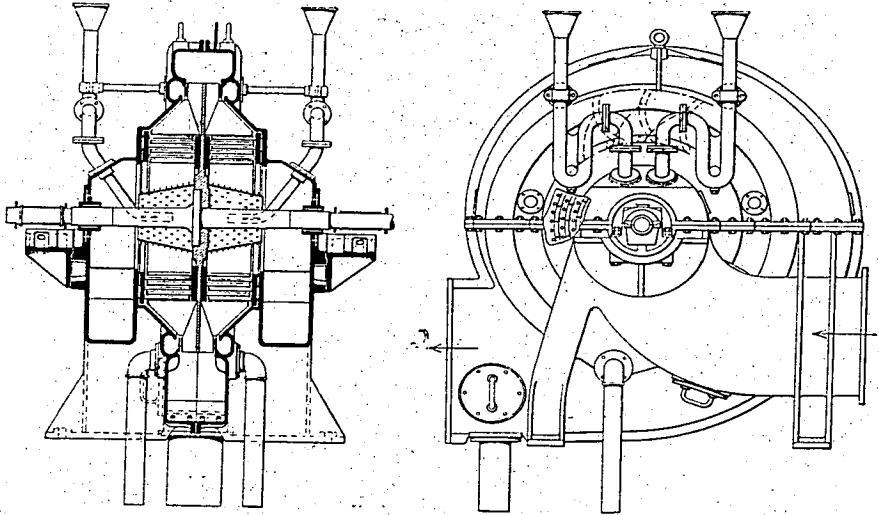


Abb. 96. Theisen-Korbwascher.

großanlagen erreichen bis $1500000 \text{ m}^3/\text{h}$ und bis 500 mm WS Pressung. Eine andere Anordnung hat der Theisen-Tellergaswascher, der die Schläge der gegenläufig rotierenden Stäbe ersetzt durch häufiges Stoßen des mit dem Waschmittel gemischten Gases in schmalen, wellenförmigen Gaswegen. Diese werden gebildet von einem am Rotor befestigten System in engem Abstand aufeinandergesetzter gewellter Teller (Abb. 97). Waschmittel und Gasstrom treten seitlich in der Mitte ein und werden gemeinsam durch die Wellengänge nach außen geschleudert, es wird also wieder Waschen und Stoßen zusammengefaßt.

5. Elektrische Teerscheidung.

a) Entwicklung und Wirkungsweise.

Während die bisher beschriebenen Verfahren durchweg darauf ausgingen, dem Gas und den von ihm fortgetragenen Teerteilen und sonsti-

gen Fremdkörpern (Wassernebel, Staub) auf mechanischem Wege eine Bewegungsenergie zuzuführen und dann die kinetische Energie der Fremdkörper zu ihrer Abscheidung aus dem Gasstrom auszunützen,

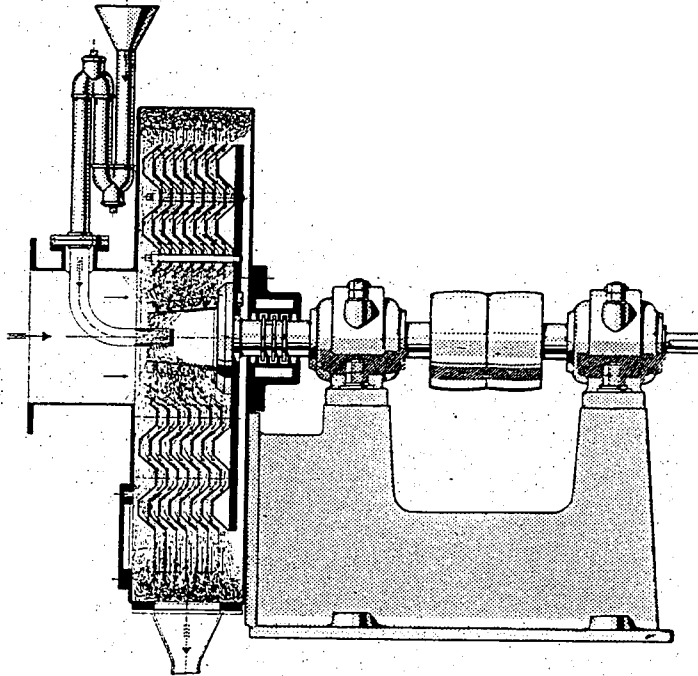


Abb. 97. Tellergaswascher (Theisen).

führt die elektrische Teerscheidung diesen Fremdkörpern elektrische Energie zu und bewegt sie durch diese aus dem an sich völlig unveränderten Gasstrom heraus. Der Unterschied liegt aber nicht nur in der Energieart. Die elektrische Teerscheidung hat vielmehr eine besondere Bedeutung und einen erhöhten Wert darin, daß sie zunächst grundsätzlich einen Hauptwert auf die Entfernung der kleinsten Teile legt, die durch Bewegungsenergie nicht ohne weiteres zu erfassen sind. Es ist erwiesen, daß Nebel- und Staubteilchen von der Größenordnung unter $0,2 \mu$, die neben den sichtbaren größeren Teilchen in großer Menge vorhanden zu sein pflegen, den allgemeinen Gesetzen der Schwerkraft bzw. der Schleuderung nicht mehr gehorchen¹⁾. Solche Kleinstteilchen sind daher weder durch Stoßverdichtung, noch durch Filterung (Fest- oder Flüssigkeitsfilter) zu entfernen.

¹⁾ H. Eiring, Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 113.

Bereits um 1800 entdeckte der Leipziger Physiker Hohlfeld, daß es möglich ist, mit Hilfe elektrischen Stromes schwebende Teilchen aus einem Gasstrom zu entfernen. Diese Erkenntnis wurde aber damals nicht weiter ausgebaut. Erst nach umfangreichen, grundlegenden Arbeiten des Amerikaners Cottrell und des Deutschen Möller, die mehrere andere Forscher fortsetzten und erweiterten, wurde es möglich, zu einer industriellen Anwendung der von Hohlfeld erkannten Grundsätze zu gelangen. Das Verfahren Cottrell-Möller ist die allgemein gültige und im Prinzip unveränderte Grundlage aller Ausführungsformen der elektrischen Gasreinigung (EGR) im allgemeinen und der elektrischen Teerscheidung im besonderen geblieben.

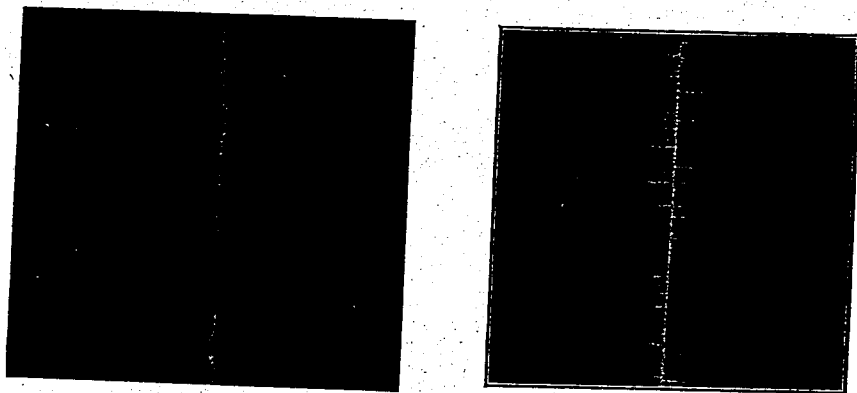


Abb. 98. Negative und positive Korona.

Die Arbeitsweise ist folgende: Der zu reinigende Gasstrom wird zwischen 2 im Abstand von etwa 100 bis 150 mm parallel angeordneten Elektroden hindurchgeführt; die eine, als Ausström- oder Sprühelektrode bezeichnete, isoliert aufgehängte Elektrode wird mit hochgespanntem Gleichstrom von 60 bis 65 000 V, bei Großanlagen auch bis 75 000 V, beladen, wobei sie zu sprühen und die elektrische Energie in den Gasraum auszustrahlen beginnt. Die austretenden Elektronen ionisieren den Gasstrom, dieser gibt seine Ladung an die in ihm schwebenden festen, tröpfchen- oder nebelartigen Teile ab. Die aufgeladenen Teilchen wandern durch das elektrische Feld zu der anderen, der sog. Niederschlagselektrode, die geerdet ist und an die sie ihre Ladung abgeben und nunmehr, von Anziehungskraft befreit, ihrer Schwerkraft folgen und abfallen oder abfließen.

Die Sprühelektrode kann positiv oder negativ geladen werden, auf die Wirkung an sich hätte das keinen Einfluß. Wohl aber ist die Art der Entladung verschieden. Das Aussprühen erfolgt unter Leucht-

erscheinung, unter Bildung einer »Korona«. Die positive Korona ist sehr unruhig, zeigt wechselnd stärker ausladende Strahlen (Abb. 98), führt daher leicht zu Glimmentladungen und Überschlägen. Solche müssen vermieden werden, da im Augenblick des Überschlages die Ionisierung des Gasstromes und damit die Beladung und Bewegung der Schwebeteilchen aufhört. Die negative Korona ist demgegenüber viel ruhiger und gleichmäßiger, deshalb wird die Sprühelektrode immer negativ angeschlossen.

Die auf dem Grundsatz des Cottrell-Möller-Verfahrens aufgebauten und weiterentwickelten Verfahren unterscheiden sich, außer nebengeordneten Einzelheiten der Ausführung, vor allem durch die Art der Erzeugung des hochgespannten Gleichstromes. Von den vorhandenen drei Möglichkeiten der Gleichrichtung:

- a) der Gleichrichterröhre,
- b) dem Kupferoxydgleichrichter,
- c) der Stromwenderbauart,

auf die noch eingehend zurückzukommen ist, ist die Gleichrichterröhre infolge ihrer Empfindlichkeit außer Gebrauch gekommen; mit dem Kupferoxydgleichrichter arbeitet das englische Simon-Carvès-Verfahren¹⁾, alle übrigen Bauarten benutzen Stromwender, so die englischen Verfahren nach Lodge-Cottrell, Sturtevant²⁾ und Whessoe-Woodall-Duckham³⁾ und das in Deutschland allein eingeführte und in Europa und anderen Ländern stark verbreitete Siemens-Lurgi-Cottrell-Verfahren^{4), 5), 6)}.

Die erste elektrische Gasreinigung wurde 1908 in Amerika entwickelt und erstmals im Gaswerk Denver, USA., eine Elektroteerscheidung gebaut. Das Verfahren verbreitete sich dann bald in Amerika und England auf die verschiedensten Industriezweige, wobei nach der Art des Gases, seiner Fremdkörper und seiner Temperatur jeweils verschiedene neue Erfahrungen zu sammeln waren. In Amerika wird die EGR vor allem sehr viel für karburiertes Wassergas angewandt. In Deutschland war die Entwicklung durch den Krieg behindert und folgte erst von 1920 an, nun aber in zunehmender Aufwärtsbewegung und Verbreitung, sowohl für Kohlengeneratorgase, wie für Kokereien und Gaswerke.

Als erste Ausführungen auf dem europäischen Festland sind zu erwähnen: Gaswerk Rotterdam-Keilenhaven, Gaswerk Kopenhagen-Kjellerup, Zeche Konsolidation, Gaswerk Itzehoe, Gaswerk Basel.

¹⁾ V. F. Gloag und I. P. V. Woollam, Fuel 1931, S. 137.

²⁾ C. H. S. Tupholme, Journ. Soc. Chem. Ind. (London) 51 (1932), S. 918.

³⁾ K. W. Fracombe, Gas-Journ. (London) 1936, S. 206.

⁴⁾ H. Eiring, Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 113.

⁵⁾ R. Heinrich, Elektrotechn. Ztschr. 1930, S. 971.

⁶⁾ H. Eiring, Glückauf 72 (1936), S. 163.

b) Betriebliche Einordnung und Arbeitstemperaturen.

Die elektrische Gasreinigung kann grundsätzlich bei jeder Temperatur arbeiten, z. B. sind Gasentstaubungen bis zu Temperaturen von über 300 und 400° ausgeführt worden und finden ihre Grenze nur in der Eignung des Baumaterials. Auch die elektrische Teerscheidung kann sowohl heiß, als auch kalt betrieben werden, doch ist dabei zu beachten, daß nach heißer Entteerung durch die nachfolgende Abkühlung erneut Ölnebel gebildet werden, die bei der höheren Temperatur noch gasförmig waren, also nicht beeinflußt werden konnten. Oft ist allerdings bei Gasen mit Gehalt an leichter erstarrendem Teer (Pech, Paraffin oder Naphthalin enthaltend) eine Heißentteerung erwünscht, weil sich die schwersten und festesten Bestandteile des Teeres sofort im Kühler niederschlagen und dessen Kühlwirkung herabsetzen würden, außerdem zu einer Versetzung des Gasweges führen können. In manchen Anlagen gewinnt man auch durch elektrische Teerscheidung über 100° oder noch höher einen wasserfreien, für Teerstraßenbau unmittelbar brauchbaren Teer¹⁾. Ebenso ist eine Heißentteerung notwendig in Anlagen zur direkten Ammoniakgewinnung aus Steinkohlengasen. Sie wird dann, wie der Teerstrahlapparat (S. 85), vor den Schwefelsäure-Waschtürmen eingegliedert, um ein nicht durch Teer verunreinigtes Salz zu erhalten. In vielen Fällen der Heißentteerung ist es ratsam, die Teerscheidung zweistufig einzurichten, d. h. nach dem Heißabscheider einen Kühler und einen Kaltentteerer anzuordnen, der die nachabgeschiedenen Mittel- und Leichtöle entfernt.

Im Gaswerksbetrieb ist grundsätzlich die Einordnung an der Stelle des Pelouze-Teerscheiders angebracht. Es ist allerdings zweckmäßig, in der Vorkühlung weiter herunter zu kühlen, nicht nur auf die für den Pelouze-Teerscheider günstigste Temperatur von ca. 35°, da bei dieser noch wesentliche Öldämpfe gasförmig sind und sich erst im Nachkühler oder in der Ammoniakwäsche abscheiden. Bei 30 bis 25° werden bereits weitere ausgeschiedene Ölnebel mit erfaßt. — Eine andere Einordnung ist möglich, wenn durch eine schleudernde Gasförderung (Turbogebläse, Desintegratoren) bereits die Hauptmenge an Teer entfernt ist und der Teerscheider nur noch die Feinreinigung zu besorgen hat (z. B. Gaswerk Basel). Dann ist es wirksamer, die Elektroentteerung an die kälteste Stelle, also hinter die Nachkühlung, vor den Ammoniakwäscher, zu bringen. Man hat bei dieser Anordnung natürlich die weitestgehende Sicherheit, den Teergehalt ganz erfaßt zu haben.

Anders sind die Voraussetzungen und daher die Einordnung in Generatorenbetrieben, die nicht nur für die Ofenbeheizung im Gas- und Kokereibetrieb, sondern auch für Beheizungszwecke in der eisen-erzeugenden und -verarbeitenden Industrie und in der Benzinsynthese

¹⁾ H. Eiring, Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 113.

und anderen chemischen Großbetrieben sowohl zahlenmäßig, wie in der Größe der Betriebseinheiten und Gesamtanlagen in den letzten Jahren außerordentlich zugenommen haben. Es handelt sich hier um die Entteerung von Steinkohlen- und Braunkohlengeneratorgasen und unter Umständen auch um Entwässerung und Entstaubung von Koks-generatorgasen. Die Handhabung richtet sich vor allem mit nach dem Verwendungszweck¹⁾. Ist die Ausnützung der fühlbaren Gaswärme für Heizzwecke erwünscht und Grobreinigung ausreichend, so wird nur heiß entteert. Ist aber Feinreinigung (z. B. für Gasmaschinen) notwendig, oder wird auf weitestgehende Teer- und Teerölgewinnung Wert gelegt, so erfolgt die Teerscheidung zweistufig, heiß und kalt.

Bei Braunkohlengeneratorgasen ist die Heißstufe besonders nötig, weil die meisten Braunkohlenteere schon um 30° stocken, außerdem würden sie von dem bei niederen Temperaturen gleichzeitig mit niedergeschlagenen Wasser schwer zu trennen sein infolge Emulsionsbildung. Dagegen trennt sich nach Heißabscheidung der Paraffine das in der kalten Stufe abgeschiedene Leichtöl gut vom Wasser. Durch geeignete Temperatureinhaltung kann das Leichtöl ganz paraffinfrei erhalten werden. Bei Steinkohlengeneratorgasen wird in der Heißstufe Dickteer und der Hauptteil des Naphthalins entfernt. Im gleichen Sinne kann bei sehr naphthalinreichen Steinkohlen-Destillationsgasen eine Heißstufe erwünscht sein, um Naphthalinverstopfungen in der Vorkühlung vorzubeugen.

Ein Vorteil der kalten Nachentteerung von Generatorgasen für Heizzwecke ist auch die Entfernung der meist sehr erheblichen, den Kühler noch verlassenden Wassernebel, die sonst die Flammentemperatur erniedrigen.

c) Bau der Niederschlagsapparate.

Die innere Anordnung der Elektro-Gasreinigungsapparate ist im Interesse der Abführung der auszuscheidenden Bestandteile grundsätzlich senkrecht. Die Wände der Niederschlagselektroden werden von Röhren oder Platten gebildet. Die Ausströmelektrode befindet sich in Rohrmitte oder reihenförmig aufgehängt zwischen den Plattenwänden. Kleine Elektroteerscheider, für Versuchszwecke oder für kleine Betriebsleistungen (Gaswerk Itzehoe) (Abb. 99) bis zu etwa 20 000 m³/Tag bestehen aus einem Bündel von 2 bis 4, selten bis 6, senkrechten Röhren. In England werden auch für größere Leistungen Röhrenbündel von 6 und mehr Rohren verwandt. Die deutsche Lurgi-Bauart wählt für größere Leistungen stets den Platteneinbau. Der Rohrdurchmesser bzw. Plattenabstand beträgt 250 bis 300 mm, also der Elektrodenabstand 125 bis 150 mm. Die Sprühelektroden hängen bei Rohrapparaten an einem Stern,

¹⁾ H. Heinzlmann, Feuerungstechnik 25 (1937), S. 120.

bei Plattenapparaten an einem Gitter oder Rahmen. Dieser Verteilerrahmen ist an den zugleich die Stromzuführung enthaltenden Durchführungsisolator oben im Niederschlagapparat aufgehängt, bei größeren Apparaten auch an 2 Durchführungsisolatoren. Die Sprühelektroden erhalten ihre Stromzufuhr unmittelbar durch den Verteilerrahmen und sind durch unten befestigte Belastung straff gespannt.

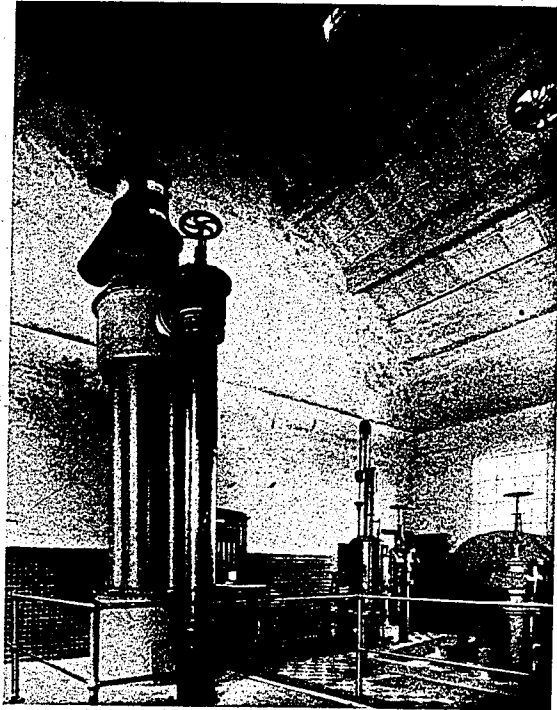


Abb. 99. Elektrische Entteerung (Kleinanlage Itzehoe).

Den Sprühelektroden sind die verschiedensten Formen gegeben worden, es wurden Drähte, Ketten, Draht- und Streckmetallgitter verwendet. Neuerdings dienen für Elektroentteerung fast ausschließlich Drähte, weil diese die gleichmäßigste Korona geben. Abb. 100 läßt die Anordnung der Sprühdrähte d zwischen den Platten p erkennen und gibt zugleich ein Bild der nach den Röhrenapparaten nächstgrößeren Apparateform, der stehenden Plattenbauart, die bis zu Leistungen von über 800 bis etwa 200 000 m³ je Tag angewandt wird.

Die Gasströmung geht bei den stehenden Röhren- und Plattenbauarten parallel zu den Sprühdrähten, die Richtung war früher bei

Kleinanlagen fallend oder steigend, neuerdings wird bei allen Größen das Gas unten eingeführt und oben abgeleitet. Es wird dadurch vermieden, daß bei hohen Teergehalten die unten größeren Mengen abgeschiedener abwärtswandernder Teernebel doch noch fortgeführt werden könnten. Diese Gefahr ist allerdings bei Staubabscheidung größer als bei Teerabscheidung.

Besondere Sorgfalt muß, sowohl bei Einzelapparaten, wie bei Apparategruppen, auf die gleichmäßige Verteilung des Gasstromes auf alle Strömungswege gelegt werden¹⁾, da ungleiche äußere Belastung (d. h. Gasbelastung) der Einzelelektroden den Wirkungsgrad sehr verschlechtern kann. Abb. 101 zeigt die abgestufte Gasverteilung auf parallel arbeitende Apparate. Der gleichmäßigen Verteilung innerhalb des einzelnen Apparates dient zunächst die Zuführung durch Hosenrohre, weiter im Apparat der Einbau eines Lochbleches über den ganzen Querschnitt unterhalb der Rohre bzw. Platten und Sprühelektroden.

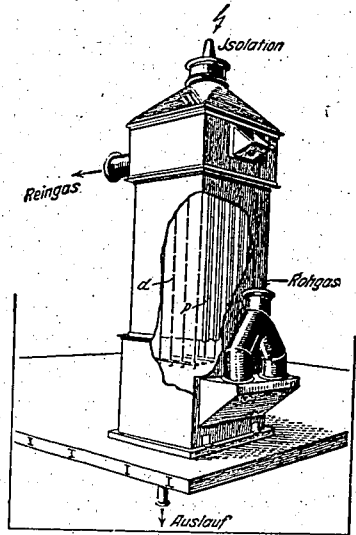


Abb. 100. Elektroenteerer, Einsicht.

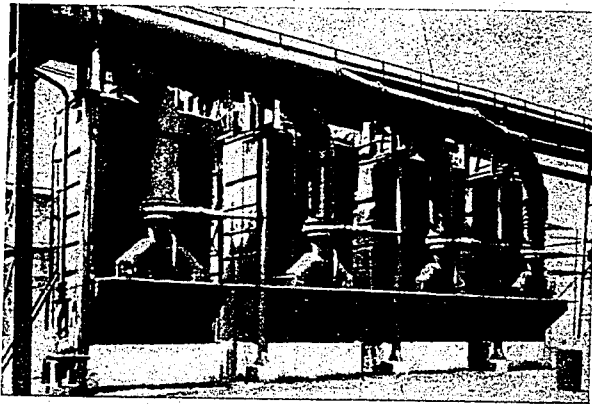


Abb. 101. Gasverteilung zu Elektroenteerern.

Mit zunehmender Apparategröße ist aber die Verteilung auf diese Weise nicht mehr zu gewährleisten, da in der Höhenausdehnung mit

¹⁾ H. Eiring, Glückauf 72 (1936), S. 163.

beendeter Teerausscheidung des Einzelstromes eine Grenze gesetzt ist, eine Vergrößerung also nur in die Breite gehen kann. Die Höhe erreicht bis zu 6 bis 7 m. Apparate für z. B. 100 000 m³/Tag haben bei dieser Höhe 3 m² Grundfläche. Für Leistungen über 200 000 m³/Tag wird daher die stehende Bauart verlassen und der waagerechte Gasstrom bei wesentlich geringerer Apparatehöhe angewandt. Die Platten stehen hierbei auch senkrecht und die Drähte hängen, wie bei der stehenden Anordnung, in Verteilerrahmen, der Gasstrom geht also rechtwinklig zum Sprühdraht. Die Grundflächenausdehnung ist hierbei viel weiter möglich und es kommt nur darauf an, daß das Gas durch geeignet verteilte Einführung, nötigenfalls durch eingebaute Leitbleche unterstützt, auf die einzelnen Plattenkanäle gleichmäßig verteilt wird.

Als Niederschlagelektroden werden in den Lurgi-Apparaten nur Eisenplatten verwandt. Im Ausland sind auch Betónauskleidungen mit Drahtnetzbespannung gebraucht worden, die sich aber nicht so bewährt haben.

Die Strömungsgeschwindigkeit wird bei jeder Anlage mit der Stärke des elektrischen Feldes in gewissen Grenzen abgestimmt. An sich sind aber Strömungsgeschwindigkeiten in weiten Grenzen, von 0,5 bis 4,0 m/s möglich und üblich.

Elektrische Teerscheider können in Gebäuden oder im Freien aufgestellt werden; letztere Aufstellung ist oft angewandt worden. Sie bringt nur die Gefahr mit sich, daß es bei kaltem Wetter durch Feuchtigkeitsniederschläge an den Isolatoren zu Kriechstromentladungen oder Überschlügen kommt. Deshalb ist dann auf die an sich übliche Beheizung der Isolatoren besonderer Wert zu legen. Zur Beheizung ist am einfachsten und übersichtlichsten Dampfheizung, die nur wenig Kontrolle erfordert und ständig in Betrieb bleibt. Ist Dampf nicht oder nicht ständig zur Verfügung, so werden die Isolatoren elektrisch beheizt; die elektrische Heizung ist mit Temperaturregler und zugehöriger Aus- und Einschaltung ausgerüstet, die nicht im gasgefährdeten Betriebsraum, also nicht in übersichtlicher Nähe des Teerscheiders untergebracht werden kann.

Die Ausbildung des Gehäuses des Niederschlagsapparates richtet sich sowohl nach dem Aufstellungsort, als auch nach der Arbeitstemperatur und der Gas- bzw. Teerart. Heiß arbeitende Apparate werden stets isoliert, ebenso im Freien stehende Apparate niedriger Temperaturlage. Bei Kaltgasapparaten wird auch im Gebäude oft der untere Teil des Gehäuses oder mindestens der Teerablauf isoliert, um so mehr, je mehr der anfallende Teer durch Pech- und Staubgehalt oder durch Naphthalin Gehalt zu Abflußverzögerung oder Ablaufverstopfungen neigt.

Explosionsklappen oder Reißblenden sind an Elektroteerscheidern in Gaswerken und Kokereien im allgemeinen ebenso wenig üblich, wie an den sonstigen Kühl- und Reinigungsapparaten dieser Betriebe, da die Betriebseinrichtung und -überwachung die Bildung explosiver Gemische an sich schon ausschließt. Dagegen werden bei Generatorgas-Teerscheidern meist die in Generatorenanlagen gebräuchlichen Reißblenden angewandt.

d) Gleichrichter.

Da die im Gas mitgetragenen Fremdstoffe durch den Elektrodenzwischenraum von der Sprühelektrode zur Niederschlagslektrode hingefördert werden müssen, kann nur ein gleichgerichteter Strom verwendet werden. Ferner ist, um die Ausströmelektroden zum Sprühen zu bringen, an diesen eine Spannung von 60—70000 V notwendig. Die Erzeugung dieses hochgespannten Gleichstromes erfolgt heute allgemein in der Weise, daß normaler Wechsel- oder Drehstrom durch einen Hochspannungstransformator auf etwa 40 bis 50000 V hinauftransformiert wird; dieser hochgespannte Wechsel- oder Drehstrom wird unmittelbar mittels Gleichrichter in hochgespannten Gleichstrom umgeformt (z. B. Drehstrom $45000 \cdot \sqrt{2} = 63500$ V Gleichstrom) und durch Hochspannungskabel dem Sprühsystem des Niederschlagsapparates zugeführt.

Möglich ist auch die unmittelbare Erzeugung von hochgespanntem Gleichstrom mittels mehrerer hintereinandergeschalteter Dynamomasätze, die in mehreren Stufen die verlangte hohe Spannung erreichen. Diese Form hat sich aber wegen der hohen Kosten für Anlage und Betrieb nicht sehr eingeführt.

Die für Drehstromgleichrichtung angewandten drei Arten der Gleichrichtung wurden bereits erwähnt; ihre Merkmale und Eigenschaften sind folgende:

α) Die Gleichrichterröhren.

Quecksilberdampf-Gleichrichterröhren üblicher Bauart wurden versuchsweise, aber nicht mit befriedigendem Erfolge für die elektrische Gasreinigung gebraucht. Die Gleichrichterröhre (Glühkathode) hat den großen Vorteil des ruhigen Betriebes, keiner laufenden Teile und geringen Platzbedarfs; jedoch ist die Betriebsbeständigkeit ungenügend, die Gefahr mechanischer Beschädigung groß und der Ersatz teuer. Auch gegen Gewitterstörungen soll sie Empfindlichkeit gezeigt haben.

Der Röhrengleichrichter gibt bei einem Wechselstrom von 50 Perioden 50 Stromstöße, nützt also an sich nur die Hälfte der Welle aus und ist deshalb als Halbwellengleichrichter zu bezeichnen. Eine solche Gleichrichtung hat zur Folge, daß der Gleichstrom stark pulsiert, also

Stromstöße mit vollen Stromunterbrechungen kurz wechseln. Dementsprechend wird auch die Ionisierung des Feldes und die Aufladung der Fremdteile unterbrochen und die Bahn des Nebelteilchens

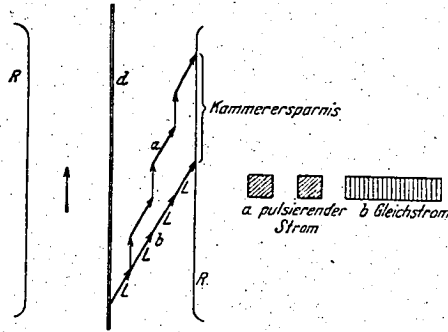
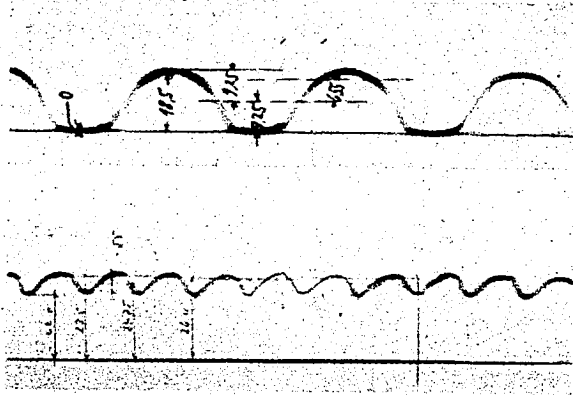


Abb. 102. Teilchenbewegung bei der elektrischen Gasreinigung.

ist keine Gerade, sondern da das Teilchen wechselnd der Elektrodenanziehung und der Gasströmung folgt, eine Zickzack-Linie (Abb. 102). Durch Anordnung mehrerer Röhren in sog. Dulong'scher Schaltung kann



[Abb. 103. Oszillogramme gleichgerichteter Hochspannungsströme:
Oben: gleichgerichtete Einphasenspannung.
Unten: gleichgerichtete Drehstromspannung.

allerdings eine Überdeckung und damit eine Vollwellenschaltung erreicht werden. Abb. 103¹⁾ zeigt den Unterschied in der Form des stark pulsierenden Halbwellenstromes und des im Stromwender erzeugten (s.

¹⁾ W. Deutsch und W. Hoß, Elektrotechn. Ztschr. 51 (1930), S. 1480.

später), aus ununterbrochenen, sich überlagernden Stößen bestehenden Vollwellenstromes. Da das Schwebeteilchen im ersteren Falle langsamer zur Niederschlagselektrode kommt, ist eine größere Feldlänge des Apparates für gleichen Erfolg notwendig. — Röhrengleichrichter werden aus diesen Gründen und wegen ihrer geringen Haltbarkeit jetzt nicht mehr benutzt.

β) *Kupferoxydgleichrichter (statische Gleichrichter).*

Diese Bauart, die als besondere Eigenart des englischen Simon-Carves-Verfahrens schon genannt war, beruht auf dem auch für andere industrielle Gleichrichtungszwecke gebrauchten Grundsatz der sog.

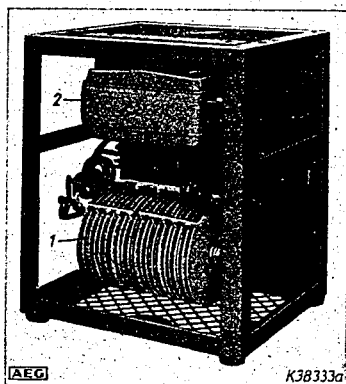


Abb. 104. Aufbau eines Trockengleichrichters.
1 Trockengleichrichtersystem, 2 Umspanner.

Trockengleichrichter. Diese bestehen aus einer Anzahl aufeinanderliegender Metallscheiben, die jeweils einseitig mit einem unmittelbar aufgetragenen Belag versehen sind. Der Belag hat die Eigenschaft, daß der Stromübergangswiderstand vom Metall auf den Belag eine bedeutend höhere Größenordnung hat, als der Übergangswiderstand vom Belag auf das Metall. Wird eine solche Plattensäule, oder ein System von Säulen, von Wechselstrom durchflossen, so findet die eine Stromrichtung verhältnismäßig guten Durchgang, während die andere Stromrichtung durch die starken Widerstände praktisch aufgehoben wird. Es wird so ebenfalls ein zwar nicht gleichförmiger, aber gleichgerichteter, pulsierender Gleichstrom erhalten, der wiederum durch geeignete Schaltung mehrerer Säulen vollwertig gemacht und durch Kondensatoren etwas geglättet werden kann.

Als stromhemmender Belag, auch Sperrschicht genannt, wird bei neuzeitlichen Gleichrichtern Selen oder Kupferoxydul verwandt. Das

Grundsätzliche dieser Gleichrichterbauart läßt der in Abb. 104 gezeigte kleine Trockengleichrichter erkennen.

Der Simon-Carves-Teerscheider arbeitet mit dem Westinghouse-Metalloxydgleichrichter aus Kupferscheiben mit Kupferoxydulbelag¹⁾. Als besonderen Vorteil nimmt dieses System für sich in Anspruch, daß der Gleichrichter keinerlei bewegte Teile hat und geräuschlos arbeitet, ferner daß er trotz zunächst höherer Anschaffungskosten, im Betrieb durch geringeren Stromverbrauch größere Wirtschaftlichkeit erreicht. Der Stromverbrauch dieses statischen Gleichrichters soll nur etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ des Verbrauches mechanischer Gleichrichter betragen. Von anderer Seite werden diese Zahlen als einseitig betrachtet bezeichnet. Das Verfahren Simon-Carves ist in England mehrfach in Betrieb, die überwiegende Mehrheit der neuzeitlichen EGR-Anlagen arbeitet aber mit mechanischen Gleichrichtern.

γ) Stromwender.

Der mechanische Drehstromgleichrichter legt die unteren Hälften der Wellen um die Nulllinie nach oben um und erzeugt so einen praktisch ununterbrochenen Gleichstrom geringer Welligkeit (vollwellig), der in Abb. 105 schematisch gezeichnet ist, in Abb. 103 unten als Oszillogramm dargestellt ist, im Vergleich mit dem darüber gezeigten großwelligen

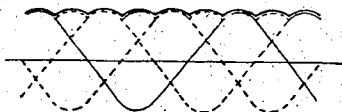


Abb. 105. Kurvenform des gleichgerichteten Drehstromes.

Einphasengleichstrom, dessen Übergänge und Unterbrechungen in Wirklichkeit noch viel schroffer sind, als sie im Oszillogramm erscheinen. Grundsätzliches und Einzelheiten dieser Gleichrichtung sind von Deutsch und Hoß²⁾ eingehend dargestellt worden. Zur Erzeugung dieses kleinwelligeren Gleichstromes dient neuerdings fast nur noch der Einscheibengleichrichter³⁾. Seine Arbeitsweise ist an Hand der schematischen Abb. 106 zu erkennen: w ist das freie Wellenende eines mit 1500 U/min laufenden Synchronmotors, dessen Stromzufuhr von der Niederspannungszuführung des Hochspannungstransformators abgezweigt ist. Auf der Welle sitzt fest eine Scheibe, früher als Kreuz ausgebildet, aus Isolierstoff, mit 4 am Rande festsetzenden Metallsegmenten. Je 2 gegen-

¹⁾ V. F. Gloag und J. P. V. Woollam, Fuel 1931, S. 137.

²⁾ W. Deutsch und W. Hoß, Elektrotechn. Ztschr. 51 (1930), S. 1480.

³⁾ Siemens-Lurgi DRP. 406663, Zusatz- und Auslands-Patente.

überliegende Segmente sind über einen isoliert auf der Welle laufenden Schleifring leitend miteinander verbunden, in der Abb. 106 die Kontakte s_3 und s_4 mit dem an Erde gebrachten Schleifring bei w , die Kontakte s_1 und s_2 mit dem auf der Wellenverlängerung p (aus Isolierstoff) laufenden Schleifring k . In einem geringen, 2 bis 3 mm betragenden Abstand stehen um die Scheibe die 3 Kontakte U, V, W , die an die 3 Pole der Hochspannungswicklung des Transformators angeschlossen sind. Beim Drehen der Scheibe durch den Motor überspringt der hochgespannte Strom den Luftspalt zwischen Kontakt und Segment, unter ständiger

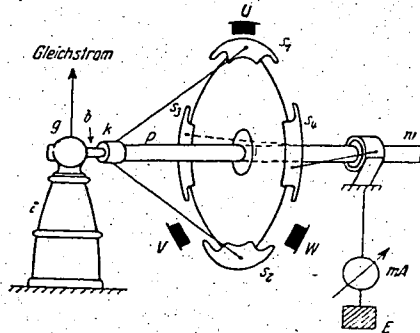


Abb. 106. Einscheibengleichrichter (Lurgi).

knisternder Funkenbildung, und es ergibt sich, daß immer, wenn eines der Segmente s_1 und s_2 einen Kontakt verläßt, das andere soeben den nächsten Kontakt erreicht. Es fließt also ständig ein Strom zum Schleifring k , von dem er mittels des federnden Kohlekontaktes b dem isoliert aufgestellten Kollektor g und von diesem der Ausströmelektrode zugeführt wird. Dieser praktisch gleichmäßige, wenig pulsierende Gleichstrom gibt dem aufgeladenen Schwebeteilchen den in Abb. 102 gezeigten geradlinigen Weg.

An Stelle dieses Einscheibengleichrichters waren früher für Drehstromgleichrichtung Zweiseibengleichrichter mehr üblich. Diese Bauart wurde teils aus betrieblichen Gründen, — weil die 2 Scheiben die doppelte Möglichkeit von Kriechstromüberschlägen oder Scheibenbrüchen geben konnten —, teils zur Kosten- und Raumersparnis verlassen; dabei wurde lediglich auf einige durch die 2. Scheibe bewirkte Feinheiten der Kurvenausbildung verzichtet, die für die Arbeitsweise und Wirkung des Elektrofilters ohne Bedeutung sind.

Die ständige Funkenbildung an der Gleichrichterscheibe erfordert den Einbau einer Radioschutzdrossel, die normalerweise im Umkreis von 50 m Funkstörungen verhütet. Ist aus örtlichen Gründen ein engerer

Schutzbereich notwendig, so ist es möglich, den Radioschutz zu verstärken.

e) Energiebedarf und Wirkungsgrad.

Der Stromverbrauch der Elektroteerscheidung mit Stromwendern setzt sich zusammen aus

- a) dem Sprühstrom, der in der der Anlagengröße und Belastung entsprechenden Größenordnung etwa gleich bleibt,
- b) dem Leerlaufverlust des Transformators, ebenfalls etwa gleichbleibend, und
- c) dem Kraftverbrauch des Gleichrichtermotors, der ständig gleich ist und bei kleinem Sprühstromverbrauch, also kleinen oder stark unterbelasteten Anlagen, gleich oder größer sein kann, als der Sprühstrom selbst.

Dieser Stromverbrauch ($a + b + c$) beträgt bei normal belasteten mittleren und großen Anlagen etwa 1,2 kWh je 1000 m³, bei kleinen und unterbelasteten Apparaten mehr, bis zu 1,8 bis 2,0 kWh je 1000 m³, bei sehr großen Anlagen auch weniger, bis unter 1,0 kWh herunter. Diese Angaben beziehen sich grundsätzlich auf Nm³. Demnach ist z. B. der Strombedarf einer Anlage für 100 000 m³/Tag = 4150 m³/h zu 1,2 kW/h je 1000 m³ = 5 kW; bei Unterbelastung mit 70 000 m³ = 2900 m³/h sind 1,3 kWh/1000 m³ zu rechnen = 3,5 kW.

Hierzu kommt noch bei elektrischer Isolatorbeheizung deren Heizstrom; er beträgt je Isolator (meist 1 je Apparat, s. oben) 1,6 kW Anschlußwert, der Verbrauch ist 0,8 kWh, da die Heizung nur etwa die halbe Zeit eingeschaltet bleibt. — Über den Heizdampfverbrauch, der im Verhältnis zu sonstigen Betriebsverbräuchen geringfügig ist, liegen einige Literaturangaben¹⁾ mit 0,6 bis 3,0 kg Dampf je 100 m³ vor.

Hinsichtlich des geringeren Betriebsstromverbrauches der Kupferoxydgleichrichter kann auf die oben gegebenen Ausführungen (S. 108) verwiesen werden.

Die Höhe des Wirkungsgrades ist die am stärksten hervortretende Eigenschaft der elektrischen Teerscheidung. Selbstverständlich kann sich der Wirkungsgrad nur auf die zur Zeit der elektrostatischen Behandlung im Gas bereits tropfen- oder nebelförmig ausgeschiedenen Teerteile beziehen, nicht auf die nach der Temperaturlage noch dampf- oder gasförmigen. Etwaige Vergleiche können also nur auf Apparate von gleicher Arbeitstemperatur bezogen werden.

Eiring bringt²⁾ eine Zusammenstellung von Wirkungsgraden ausgeführter Anlagen für verschiedenste Gasarten, die fast ausnahmslos

¹⁾ H. Eiring, Glückauf 72 (1936), S. 163.

²⁾ H. Eiring, Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 113.

über 99%, viele über 99,5% liegen. Auszugsweise seien daraus folgende Zahlen angeführt:

Gasart	m ³ /Tag	Teernebelgehalt g/m ³		Wirkungsgrad %	Reinigungs-Temp. °C.	Stromvbr. kWh/1000 m ³
		Rohgas	Reingas			
Leuchtgas	10000	0,8—1,3	0,005	99,6	20	1,5—1,6
Leuchtgas	54000	16,5	0,003	99,9	22	1,6
Kokereigas	170000	3,9—8,8	0,052	99,4	65—70	0,6
Kokereigas	635000	25,5	0,8	97,1	35	0,75
Kokereigas	345000	27,8	0,078	99,8	30	0,75
Ölkarbid						
Wassergas	100000	19,6	0,045	99,8	18	1,8
Braunkohlen-Gen.-Gas	315000	30—45	0,2	99,4	65—70	0,65
Braunkohlen-Gen.-Gas	1115000	27—30	0,1	99,7	95	0,6

Hinsichtlich der Bestimmungsmethode, die eine gewisse Unsicherheit enthält, wird auf S. 114 verwiesen. Bei sorgfältiger Handhabung ist dieser Nachweis als ausreichend zu betrachten.

Die Wirkungsgradgewährleistung wurde früher im allgemeinen mit mindestens 99% angegeben, es hat sich aber praktisch herausgestellt, daß dieser Wert, absolut genommen, nicht viel sagt, wie folgende Beispiele zeigen:

Hat ein Gaswerksgas 25 bis 30 g Teer im m³ Rohgas vor dem Teerscheider, und dieser holt 99% heraus, so bleiben noch 0,25 bis 0,3 g/m³ oder 25 bis 30 g in 100 m³, ein Wert, der mit jedem Stoßteerabscheider zu erreichen ist. Hat aber dasselbe Gas infolge Förderung durch einen Turbosauger schon weniger als 1 g Teer je m³ vor dem Teerscheider, dann verlangt diese Garantie von 99% eine Reinigung bis auf 0,01 bis 0,005 g/m³, die je nach Gasart unter Umständen nur mit unverhältnismäßig hohem Stromverbrauch zu erreichen ist. Wegen dieser relativen Unzuverlässigkeit einer prozentualen Gewährleistung wird diese neuerdings grundsätzlich auf einen Festwert abgestellt und für Lurgi-Anlagen mit 0,02 g/m³ gegeben. Dieser Wert ist geringer, als die meisten Werte obiger Tabelle und ist analytisch mit dem Watterrohr noch zu ermitteln. Optisch, mit auf Schreibstreifen blasender Glasdüse, ist er je nach Düsengröße (ca. 0,2 mm Dmr.) und Streifengeschwindigkeit nur schwach nachzuweisen¹⁾. In einigen neueren Anlagen wird dieser Endwert unterschritten.

Eine solche Wirkung wird für Lurgi-Anlagen auch bei Überlastung um etwa 10% noch zugesagt, da diese Anlagen in Anspruch nehmen, grundsätzlich weitergehend bemessen zu sein, als ausländische Anlagen; diese können deshalb zwar unter Umständen etwas günstigere Stromgarantien gehen, doch fallen solche bei dem an sich geringen Energieverbrauch nicht ins Gewicht.

¹⁾ H. Eiring, Gas- und Wasserfach 77 (1934), S. 113.

Wird ein Gas zweistufig heiß und kalt entteert, so sind natürlich die Anlagekosten der Niederschlagsapparatur wegen der einzuhaltenden Mindestdurchgangsquerschnitte etwa doppelt, als bei einstufiger Entteerung. Die Stromkosten sind jedoch nicht doppelt, sondern nur etwas erhöht. Sie können nicht gleich der einstufigen Entteerung sein, weil der für gute Abscheidung nötige Strombedarf nicht nur von der absoluten Menge der Teernebel u. dgl. abhängt, sondern auch von deren Konzentration im Gasstrom. Je weniger Teer im Gas ist, desto mehr hat das vom Sprühdraht ausströmende Ion Gelegenheit, zwischen Nebelteilen hindurchzustoßen. Überschlägig kann man aber bei der vorliegenden Größenordnung sagen, daß dasselbe Gas etwa denselben Stromeinsatz erfordert, ob es nun teerreich durch einen Flügelsäuger oder teearm durch ein Turbogebläse zugefördert wird.

f) Betriebliche Vorteile und Wirtschaftlichkeit der elektrischen Teerscheidung.

Die elektrische Teerscheidung bietet unmittelbare und mittelbare Vorteile. Als unmittelbarer Vorteil tritt vor allem der sehr geringe, praktisch zu vernachlässigende Druckverlust hervor; gegenüber dem Stoßabscheider, der 60 bis 90 mm für die Stoßglocke und 100 bis 150 mm mit zusätzlicher Zahnglocke erfordert, stehen hier nur Druckverluste von 2 bis 5 mm WS.

Die Auswirkungen dieses Druckgewinnes sind je nach Betriebsverhältnissen sehr verschieden möglich und können deshalb nur als Beispiele erwähnt werden: Der Kraftbedarf des Gassaugers geht entsprechend der geringeren Druckleistung zurück. (Gaswerk Basel ermittelte nach Einbau der EGR einen Dampfminderverbrauch des Turbogebläses von etwa 50 kg je 1000 m³ bei 100000 m³ Tagesleistung.) — Das zeitweise sehr häufige, und unkontrollierte Dampfmengen verbrauchende Ausdampfen der Teerscheiderglocken kommt in Wegfall, ebenso die bei ungünstiger Rohgas- oder Teerbeschaffenheit oft notwendigen Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten an den Teerscheiderglocken. — Der Druckgewinn gestattet unter Umständen eine höhere Dauer- oder Spitzenbelastung der Rohrleitungen und sonstigen Apparate, eine gegebenenfalls längere Betriebsdauer von Reinigerkästen usw. — Er ermöglicht auch zusätzliche druckverbrauchende Apparate ohne Erhöhung der Saugerleistung, z. B. Benzorbonfilter.

Die mit der EGR erreichte weitgehende Teerfreiheit führt weiter zu mehreren mittelbaren Vorteilen. Die sonst durch die Teerscheidung durchgehenden oder nicht kondensierenden Teerteile schlagen sich zunächst im Ammoniakwäscher nieder und verölen die Hordenpakete so, daß der Wasserfilm nicht mehr genügend haften kann, also die Wasch-

fläche und damit der Wascheffekt geringer wird. — Außerdem kommt es öfter vor, anscheinend unter Mitwirkung emulsionbildender Harz-
nebel, daß sich die Hordenzwischenräume des Ammoniakwäschers mit
einer voluminösen, salbenartigen Emulsion von Teer und Wasser ver-
setzen und allmählich den sonst nur geringen Druckverlust des Wäschers
über das zulässige Maß steigern. Ausspritzen der ausgebauten Horden
ist dann meist unzureichend, und nur durch Dampfstrahlbehandlung
können sie wieder Wasser annehmend gereinigt werden.

In der Schwefelreinigung wirkt sich mitgerissener Teer besonders
ungünstig aus. Einerseits umhüllt er die Eisenoxydhydratkörner, so
daß ihre Aufnahmefähigkeit leidet, anderseits verklebt er die Masse
und verursacht dadurch Drucksteigerungen. Weiter tritt zu hoher Teer-
gehalt der Masse stark hervor bei der Extraktion des Masseschwefels,
da er mit diesem teilweise oder ganz extrahiert wird und infolgedessen
der aus der Lösung abgedampfte Schwefel dunkelbraun bis schwarz
und damit im Verkaufswert gemindert wird.

Auch für die Benzolauswaschung hat sich die EGR als vorteilhaft
erwiesen. Bunte und Brückner¹⁾ heben hervor, daß dadurch die Schlamm-
und Asphaltbildungen im Waschöl weitgehend vermieden und dessen
Betriebsdauer verlängert und der Wascheffekt länger hochgehalten
wird.

Weiter ist als Vorteil angegeben worden (Gaswerk Itzehoe), daß
Verharzungserscheinungen im Stadtdruckregler verschwinden; von
anderer Seite wurde ein Einfluß der EGR auf die Harzbildung oder
Minderung des Harzgehaltes bestritten. Genaue Untersuchungen über
den NO-Gehalt vor und nach der Elektroteerscheidung liegen aus neuerer
Zeit vor (Gaswerke Basel und Altona). Es wurde einerseits nachgewiesen,
daß der NO-Gehalt mit zunehmender Spannung und Stromstärke weiter-
gehend vermindert wird, bis um 70% des NO-Gehaltes, anderseits daß
der Wirkungsgrad der NO-Entfernung bei hohem NO-Gehalt geringer
ist als bei mäßigem NO-Gehalt. Dies dürfte dadurch zu erklären sein,
daß die NO-Umsetzung nur durch ein Ozonisieren zu NO₂ erfolgen kann.
Dieser Vorgang kann nur von der Länge des Sprühdrahtes bzw. der
Korona abhängen, also nur eine begrenzte Menge NO umwandeln. — Mit
geringerem NO-Gehalt des Gases ist natürlich die Möglichkeit von
Harzbildungen eingeschränkt.

Der Naphthalin Gehalt dürfte ebenfalls herabgesetzt werden, da
das Naphthalin bei den in Frage kommenden Temperaturen zu einem
wesentlichen Teil bereits in feinsten Verteilung ausgeschieden ist.
Betriebszahlen hierzu sind allerdings nicht bekannt.

Erfolgt die Teerabscheidung bei sehr niedriger Temperatur, so kann
es vorkommen, daß das anfallende Leichtöl leichter ist als Wasser,

¹⁾ K. Bunte und H. Brückner, Gas- und Wasserfach 80 (1937), S. 670.

daher als Schwimmteer erscheint. Diesem Nachteil kann begegnet werden durch Ableiten dieser Kondensate auf den Boden der Scheidegrube, wo sich das Leichtöl mit dem übrigen Teer mischt.

Der Mehrgewinn an Teer ist von der Güte der bisherigen Teerscheidung abhängig, kann daher in Sonderfällen von Bedeutung sein.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit müssen von Fall zu Fall die bei der EGR selbstverständlich höheren Anlagekosten abgewogen werden gegenüber den obengenannten, jeweils verschiedenen Betriebsumständen nach ihrer praktischen und geldlichen Bedeutung. Die unmittelbaren geldlichen Auswirkungen sind zwar meist schon wesentlich, die Praxis hat aber erwiesen, daß gerade bei diesem Verfahren eine Reihe der mittelbaren Gründe ausschlaggebende Wichtigkeit haben kann.

6. Betriebskontrolle der Teerscheidung.

Eine möglichst regelmäßige Überwachung des Teerscheiderbetriebes ist notwendig, weil von seiner Zuverlässigkeit das Arbeiten der nachgeordneten Apparate weitgehend abhängig ist. Trotzdem ist die Art der Kontrolle oft nur sehr roh gehandhabt worden. Allerdings ist zuzugeben, daß eine zuverlässige Mengenbestimmung des Teergehaltes schwierig und nicht immer eindeutig ist. Einerseits ist neben dem Teer immer noch Wasser und in diesem Salze vorhanden; alles wird bei der Bestimmung zwangsläufig mit ausgeschieden. Andererseits spielt die Temperatur eine große Rolle. Will man den Wirkungsgrad eines Teerscheiders prüfen, so darf die Teerbestimmung nur die bei der betr. Ein- und Ausgangstemperatur nebelförmigen Anteile erfassen, sie muß also bei diesen Temperaturen durchgeführt werden (s. später). Handelt es sich dagegen darum, den Enderfolg der Teerscheidung oder der Kühlung und Teerscheidung zusammen festzustellen, so muß die Bestimmung der Teerdämpfe mindestens bei Raumtemperatur erfolgen und das Gas der Apparatur so zugeführt werden, daß keine Abkühlungskondensate verlorengehen.

Die Untersuchungsverfahren gruppieren sich in:

1. Qualitative Prüfung durch Ausströmen aus Düsen,
2. Quantitative Prüfung durch Auffangen der Kondensate und Messen der Gasmenge.

Hinsichtlich Einzelheiten über diese Verfahren und ihre Durchführung wird auf den Abschnitt »Untersuchungs-Verfahren« (Band V) verwiesen. Hier sei nur folgendes kurz erwähnt:

Für die qualitative Prüfung ist der bekannte Drory-Proberhahn besonders bei den Stoßabscheiderbauarten alteingeführt. Er läßt Gas durch eine Düse auf ein Papierblatt blasen, auf dem sich Teerspuren

als Fleck oder Hauch zeigen; Probierzeit im allgemeinen 1 min. Er erlaubt, bei geeigneter Pflege und richtigem Einbau mit bis in die Mitte der Gasleitung reichendem Entnahmerohr, eine für Pelouze-Teerscheider ausreichende Betriebsüberwachung.

Ein zuverlässigeres Bild, besonders bei sehr geringen Teernebelgehalten, gibt der Union-Teerprüfer, der durch eine feine Glasdüse über längere Zeit, bis 24 h, ausblasen läßt¹⁾. — Auch Kontrollapparate für dauernde Beobachtung, sog. Teerschreiber, sind in Gebrauch, bei denen ein Diagrammblatt hinter einer Glasdüse von etwa 0,2 mm vorbeigeführt wird¹⁾. — Da für diese Arten der Aufzeichnung keine Norm besteht, gibt der damit erhaltene Teerfleck oder Teerstreifen keinen absoluten, sondern nur einen Verhältniswert, der aber, durch Auswahl der Düse und der Ausblasedauer dem örtlichen Zweck angepaßt, einen brauchbaren Betriebsanhalt zeigt.

Die quantitative Prüfung ist in den verschiedensten Ausführungsformen vorgeschlagen und gebraucht worden. Für Ermittlung bei bestimmter Temperatur muß die getrocknete und gewogene Auffangpatrone (Wattefilter oder Glasfritten)²⁾ in den Gasstrom gebracht und erst nach Temperierung Gas durchgeleitet werden; sie wird dann mit Wasser gespült (Salze), getrocknet und gewogen, oder der Teer mit Schwefelkohlenstoff extrahiert. — Für Gesamt-Teergehaltbestimmung wird die Patrone möglichst unmittelbar an das bis Rohrmitte reichende Gasentnahmerohr angeschlossen²⁾. — Weiter bietet die Meßanordnung nach Zwiég³⁾ die Gewähr für eine übersichtliche und zuverlässige Handhabung und Bestimmung. Eine grundsätzlich ähnliche Bestimmungsart hat die Lurgi-Apparatebau-Ges. für ihre Anlagekontrolle ausgebildet (Band V).

E. Zusammenfassung.

Der Stand der Gasförderung, Gaskühlung und Teerscheidung ist zunächst dadurch gekennzeichnet, daß eine größere Zahl hierfür verwandter Einrichtungen und Apparate ihren in Jahrzehnten erwiesenen praktischen Wert erhalten haben und auch weiterhin besitzen werden.

Daneben sind aber, teils bedingt durch die andersgearteten Voraussetzungen und Anforderungen der Großbetriebe, teils durch allgemeintechnische Verfeinerungsbemühungen begründet, vielerlei neuzeitliche Fortschritte festzustellen.

Diese liegen zum Teil in einer verbesserten Ausführung der alten Apparate oder Arbeitsweisen, zum Teil in der Nutzbarmachung neuerkannter oder in anderen Industriezweigen bewährter Verfahren.

¹⁾ H. Eiring, Gas- und Wasserfach 77 (1934), Nr. 8.

²⁾ H. Brückner, Gas- und Wasserfach 74 (1931), S. 183.

³⁾ W. Zwiég und W. Mees, Gas- und Wasserfach 80 (1937), S. 239.

In der Gasförderung liegen diese Fortschritte in der zunehmenden Verwendung der Drehkolben- und Turbosauger, neben den nach wie vor anerkannten Flügel- und Kreiskolbensaugern.

Das Gebiet der Regelung hat sich vielseitig entwickelt und die darin erzielten guten Erfolge sichern ihm eine zunehmende Anwendung bei den verschiedensten Betriebsaufgaben.

In der Gaskühlung sind, abgesehen von der unter »Gastrocknung« (Band. III, 3) behandelten Gastiefkühlung, grundsätzliche oder tiefgreifende Änderungen nicht zu verzeichnen. Wohl aber ist eine Abkehr von einigen veralteten Bauarten zugunsten neuzeitlicher Ausführungen erfolgt.

In der Teerscheidung ist die Verbesserung der alten Stoßverdichtungsapparate ebenso hervorzuheben, wie besonders die erfolgreiche, zunehmende Anwendung findende elektrische Teerscheidung.