

Ingenieure durch A. Sendtner¹⁾ Versuche gemacht, die Dampffuchtigkeit mit Hilfe des Drosselkalorimeters zu bestimmen, welche zu praktisch brauchbaren Ergebnissen geführt haben.

Dieses Verfahren der Feuchtigkeitsbestimmung beruht darauf, daß man Dampf von der Kesselspannung p_1 auf eine niedrigere Spannung p_2 , etwa atmosphärische, expandieren läßt. Sorgt man dafür, daß zwischen den beiden Meßpunkten für den hohen und den geringen Druck keine Wärme anderweitig verbraucht wird, so muß die Wärmemenge, welche bei der Expansion frei wird, d. h. der Unterschied der Gesamtdampfwärme i_{s_1} und i_{s_2} (siehe Zahlentafel Nr. 3), welche den Spannungen p_1 und p_2 entsprechen, dazu dienen, das mitgeführte Wasser zu verdampfen und, soweit dann noch ein Rest an Wärme übrig bleibt, den Dampf zu überhitzen. Aus der Höhe der Überhitzung kann der Feuchtigkeitsgehalt berechnet werden. (Als Anhalt für eine solche Rechnung mögen die Ausführungen S. 162 dienen.)

Die erwähnten Untersuchungen haben zugleich die Erkenntnis gebracht, daß der Hauptteil der Dampffuchtigkeit an der Sohle der wagerechten Rohrleitungen entlang läuft und daß die Dampffuchtigkeit hinter einem Wasserabscheider nahezu unabhängig von der Feuchtigkeit vor demselben, dagegen abhängig von der Dampfgeschwindigkeit und dem Dampfdruck ist.

5. Die Rauchgasuntersuchung.

In Abschnitt V ist schon ausgeführt worden, wie man aus der Zusammensetzung der Rauchgase die Güte des Verbrennungsprozesses beurteilen und die bei demselben auftretenden Wärmeverluste berechnen kann.

Von den Bestandteilen der Rauchgase werden Kohlenwasserstoffe, Wasserdampf und Ruß in der Regel nur bei eingehenden Verdampfungsversuchen bestimmt. Für die Betriebskontrolle begnügt man sich mit Bestimmung des Gehaltes an Kohlensäure, Sauerstoff und Kohlenoxyd.

Die chemische Untersuchung beruht darauf, daß CO_2 (Kohlensäure) von Kalilauge, O (Sauerstoff) von pyrogallussaurem Kali und CO (Kohlenoxyd) von ammoniakalischer Kupferchlorürlösung absorbiert wird. Im ersten Falle werden Kalilauge (Ätzkali) von etwa 30°C und einem spez. Gewicht von 1,25, im zweiten Falle 40 ccm heißes Wasser, 15 g Pyrogallussäure und 70 ccm von obiger Kalilauge und im dritten Falle 35 g Kupferchlorid, 200 ccm konzentrierter Salzsäure und einige Kupferabschnitte in die Absorptionsgefäße gefüllt. Die Kupferchlorürlösung muß vor dem Gebrauch etwa 2 Tage unter mehrmaligem Umschütteln stehen.

Mit dem Orsat-Apparat Fig 635 wird alsdann die Untersuchung in folgender Weise ausgeführt: Zunächst wird die Meßbürette a aus der Flasche d durch Hochheben derselben bis zur oberen Marke mit destilliertem Wasser gefüllt; dann der Dreiweghahn b in die Stellung o gebracht und die Gasreste des vorigen Versuches durch mehrmaliges Zusammendrücken des Balles m aus dem Apparat entfernt. Wird nun der Hahn in die Stellung p gedreht, so sinkt das Wasser in der Bürette auf das Niveau von d , welches so eingestellt ist, daß genau 100 ccm Rauchgase in der Bürette unter dem Hahn b abgesperrt sind. Jetzt wird der Hahn l über dem Wattefilter k geschlossen, b und g geöffnet und durch Heben der Flasche d das Gas in das unter g be-

findliche Absorptionsgefäß f_1 hineingedrückt, während die Kalilauge aus demselben durch das Rohr f' in das Gefäß f hinaufsteigt. Um die Absorption zu beschleunigen, enthält f_1 eine große Anzahl Glasstäbchen, an welchen die Flüssigkeit haften bleibt. Darauf wird das Gas durch Senken der Niveauflasche in die Bürette zurückgesaugt, und es kann an der Skala der Bürette abgelesen werden, um wieviel Kubikzentimeter sich das Gasvolumen vermindert hat; diese Zahl gibt direkt den CO_2 -Gehalt an.

In gleicher Weise kann die übrigbleibende Gasmenge mit Pyrogallussäurelösung, die in dem zweiten Absorptionsgefäß vorhanden ist, der Rest mit Kupferchlorür in einem dritten Absorptionsgefäß behandelt werden. Wenn nur zwei Gefäße vorhanden sind, untersucht man auf CO_2 und CO.

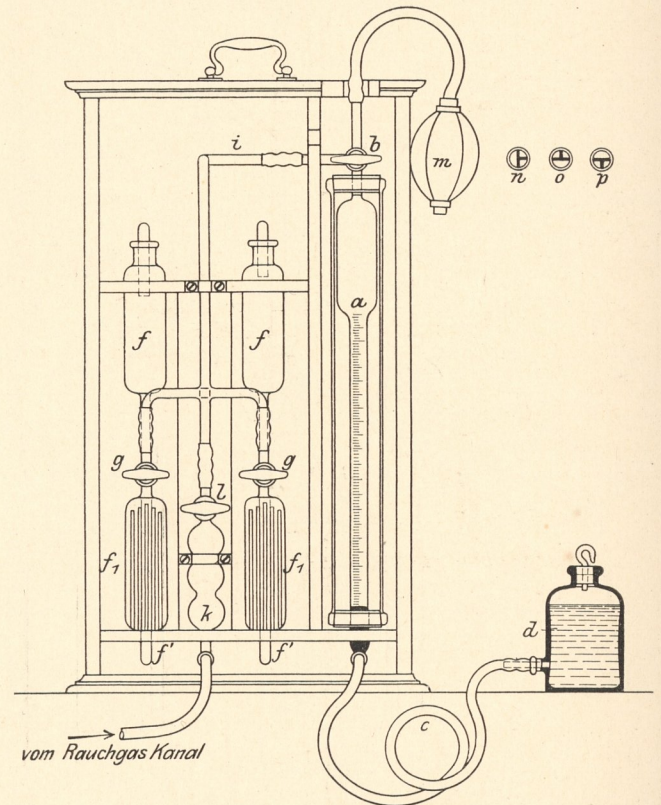


Fig. 635. Orsat-Apparat mit 2 Absorptionsgefäßen, verbessert nach Fuchs.

Ausführung: G. A. Schultze, Berlin-Charlottenburg.

Zum Schutz gegen Wärmeschwankungen ist die Bürette mit einem Glasrohr umgeben, das einen Luftmantel einschließt.

Um das zeitraubende Ansaugen der Gase mittels der Gummipumpe zu ersparen, verwendet man auch Strahlpumpen (Ejektoren), die entweder an eine Wasserdruckleitung angeschlossen oder in zweckentsprechender Weise mit dem Schornstein¹⁾ verbunden werden.

Es liegt in der Natur der Sache, daß mit dem eben beschriebenen Verfahren nur Stichproben gemacht werden können; so nützlich dieselben auch sind, so bietet eine fortlaufende, automatisch ausgeführte Untersuchung, deren Ergebnisse durch ein Schreibwerk aufgezeichnet werden, dem Betriebsleiter einen viel besseren Überblick, und auch die Heizer, einmal über die Bedeutung des Apparates belehrt, sind jederzeit in der Lage, ein unparteiisches Urteil über ihre Tätigkeit abzulesen und haben somit einen wirksamen Hebel, ihre Leistungen zu vervollkommen.

¹⁾ Mitteilungen über Forschungsarbeiten 1911, Heft 98 u. 99.

¹⁾ Zeitschr. f. Dampfk. u. Maschinenbet. 1910, S. 104.

Ein derartiger auf dem chemischen Verfahren, wie oben beschrieben, beruhender „Rauchgasuntersuchungsapparat Ados“ ist in Fig. 636 dargestellt; Fig. 637 gibt mit den gleichen Buchstabenbezeichnungen ein Schema desselben. Die Apparate werden mit Schornsteinzug oder, wie der abgebildete, mit Wasser betrieben. An das Rohr *E* ist diese Saugvorrichtung angeschlossen, die andauernd aus dem Rohr *D* Rauchgase durch den Apparat hindurchsaugt, dieselben gehen zeitweilig durch das Meß-

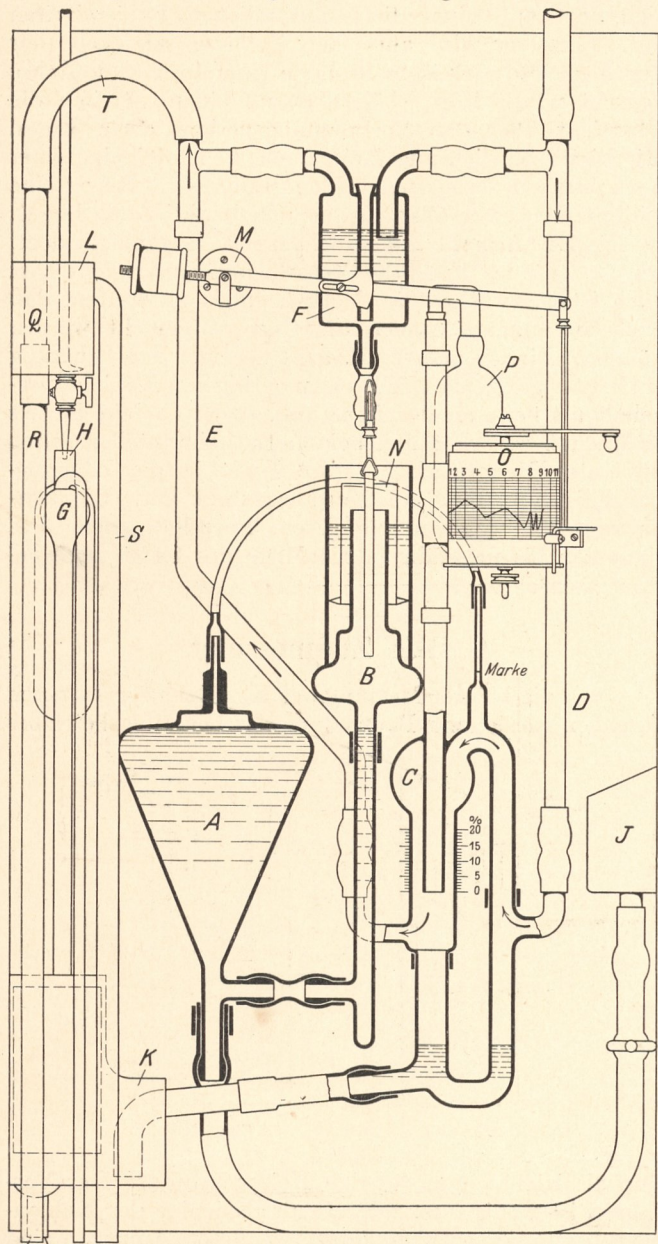


Fig. 636. Rauchgasuntersuchungsapparat „Ados“. Ausführung: Ados, G. m. b. H., Aachen.

gefäß *C*, und wenn dieses während der Messung abgesperrt ist, unter Überwindung der geringen Sperrflüssigkeitshöhe (Glycerin) durch *F*. Es sind also immer frische Rauchgase in *C*.

Füllt nun das von *L* aus durch *H* fließende Wasser den Schwimmer *V*, so sinkt derselbe und drängt die Flüssigkeit aus *K* in *C* hinein, so daß sie *D* und *E* hydraulisch abschließt. Es ist dann in *C* ein bestimmtes Gasvolumen abgefangen, ein Teil desselben dringt in das Rohr *P* und den am Ende desselben befindlichen Gummibeutel, welcher zum Druckausgleich dient.

Sobald die Flüssigkeit bis zum unteren Ende des Rohres *P* gestiegen ist, ist dieses abgeschlossen, und in *C* sind 100 ccm Gas enthalten. Die Flüssigkeit aus *K* steigt nun weiter bis zur Marke über *C*, und das Gas wird durch das Capillarrohr in das Absorptionsgefäß *A* gedrückt, dabei eine seinem Volumen entsprechende Menge der Absorptionsflüssigkeit aus *A* in das Luftgefäß *B* verdrängend. Ein Teil der in *B* befindlichen Luft entweicht durch das in der Mitte der Registrierglocke *N* hängende, oben und unten offene Rohr, und zwar so lange, bis die Flüssigkeit das untere Ende dieses Rohres erreicht hat. Bei weiterem Steigen wird die Glocke *N* von der aus *B* verdrängten Luft gehoben und bewegt dadurch den Schreibstift des Hebels *M* an der Trommel *O* aufwärts.

War reine Luft angesaugt, so wird die Glocke *N* am höchsten gehoben und der Schreibstift zeichnet einen Strich über die ganze Höhe der Trommel. Je mehr Gase absorbiert wurden, um so weniger Absorptionsflüssigkeit kommt nach *B*, und um so kürzer wird der Strich. Der Abstand vom oberen Rande bis zum Ende des Striches gibt den CO_2 -Gehalt an, den man an der Skala in v. H. ablesen kann. Das Diagramm zeigt also eine um so bessere Verbrennung an, je tiefer die unbeschriebene bleibende Fläche nach unten reicht.

Während dieses Vorganges ist das Wasser in den Röhren *H* und *G* so hoch gestiegen, daß es den Scheitel des Saughebers *G* erreicht hat, so daß durch denselben der Schwimmer *V* entleert wird; infolgedessen steigt der Schwimmer, die Flüssigkeit tritt von *C* nach *K* zurück

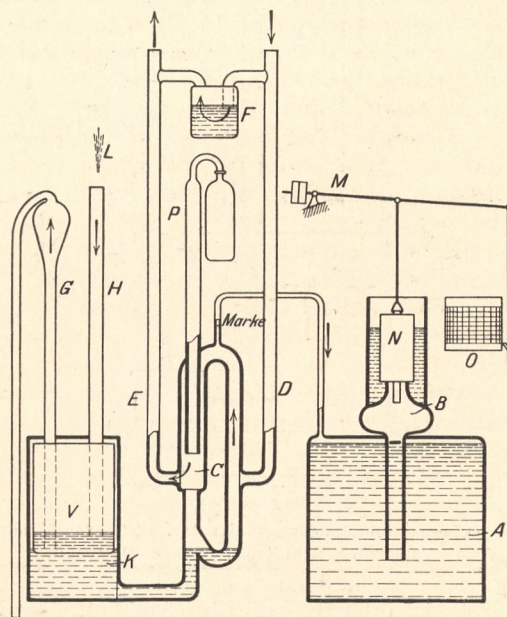


Fig. 637. Schema zum Ados-Apparat.

und es wird der Anfangszustand wiederhergestellt. Sobald nun der Saugheber den Schwimmer geleert hat, reißt die Wassersäule im Heber ab und es wird ein neues Spiel durch Anfüllen des Schwimmers von *L* aus eingeleitet.

Da das spez. Gewicht der Rauchgase von dem CO_2 -Gehalt derselben abhängt, das der atmosphärischen Luft aber konstant ist, so kann man den Gewichtsunterschied zwischen einer Luft- und einer Rauchgassäule zur Bestimmung des CO_2 -Gehaltes benutzen. Es geschieht dieses unter anderm in dem „Rauchgasanalysator System Krell-Schultze“, dessen Einrichtung in Fig. 638 schematisch dargestellt ist.

Mittels eines Saugapparates, der vom Schornsteinzuge betrieben werden kann, wird durch das Rohr *g* und die beiden kommunizierenden Rohre *a* und *b* von 1,75 m Höhe ununterbrochen Rauchgas und Luft hindurchgesaugt. Das kleine Manometer *j* dient zum Regeln, der Hahn *h* zum Absperrn des Saugezuges. An ihren unteren Enden sind die Standrohre *a* und *b* durch die Schlauchleitungen *m* und *n* mit einem Mikromanometer¹⁾ verbunden, welches äußerst geringe Druckunterschiede zu messen gestattet; ein Teilstrichabstand auf dem Meßrohr entspricht $\frac{1}{400}$ mm Wassersäule. Die Flüssigkeit in

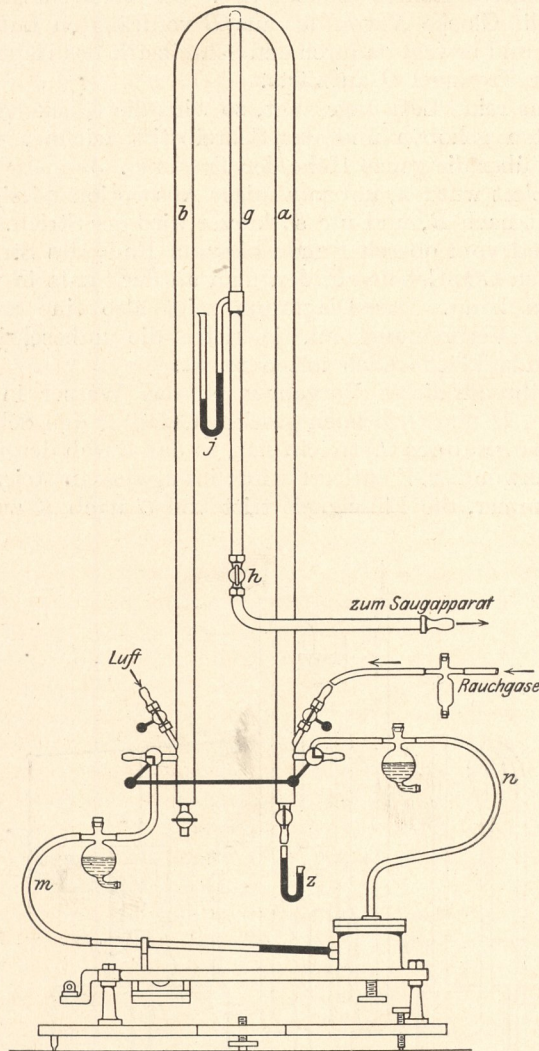


Fig. 638. Schema zum Rauchgasanalysator, System Krell-Schultze.
Ausführung: G. A. Schultze, Berlin-Charlottenburg.

dem Meßrohr ist intensiv gefärbter Alkohol. Das Mikromanometer ist auf einer soliden gußeisernen Platte montiert, welche durch zwei Wasserwagen genau wagerecht eingestellt wird. Der Hahn unter dem Rohr *a* ist immer geöffnet, damit die in den Rauchgasen befindliche Feuchtigkeit, welche an der Rohrwand niederschlägt, in den Wassersack *z*, der als Abschluß dient, heruntertropfen kann. Die kleinen Gefäße enthalten Alkohol, der durch eigenes Verdunsten das Verdunsten der Meßflüssigkeit im Manometer verhindern soll. Dieser Apparat gestattet ohne weitere Handhabung in jedem Augenblick die Ablesung des jeweiligen CO_2 -Gehaltes an einer durch Eichung hergestellten Skala.

¹⁾ Nähere Beschreibung s. Brand, S. 140.

Fortlaufende Aufzeichnungen erhält man mit dem registrierenden Rauchgasanalysator desselben Systems auf folgende Weise:

Das Bild des Meßrohres, welches mit einer aus schwarzen Strichen bestehenden Teilung versehen und je nach dem CO_2 -Gehalt der Gase mehr oder weniger mit dem gefärbten, für Licht undurchlässigen Alkohol gefüllt ist, wird mittels einer Glühlampe und eines Spiegels in eine photographische Kamera geworfen und zeichnet sich dort auf einem lichtempfindlichen Papierstreifen auf. Letzterer wird auf einen Zylinder gewickelt, der durch ein Uhrwerk in 24 Stunden einmal um seine Achse gedreht wird. Man erhält also auf einem Streifen die Übersicht über den Verbrennungsverlauf eines Tages. Mit dieser Einrichtung kann auch noch diejenige einer Fernablesung verbunden werden, welche dem Heizer eine willkommene, vor allem bequeme Selbstkontrolle bietet.

Die Entnahme der Rauchgasproben geschieht dort, wo der Zug das Ende der Kesselheizfläche erreicht hat; doch ist es zweckmäßig, Vorkehrungen zu treffen, daß auch an anderen Stellen die Gase untersucht werden können. Findet man z. B. an einer von der Feuerung entfernter gelegenen Stelle einen geringeren Kohlensäuregehalt als nahe an der Feuerung, so ist das ein Beweis dafür, daß zwischen den beiden Entnahmestellen durch undichtes Mauerwerk falsche Luft in die Züge getreten ist und die Rauchgase verdünnt hat. Die Entnahmerohre bestehen aus Eisen, Porzellan oder Glas, sie sollen bis ungefähr in die Mitte des Gasstromes geführt werden.

6. Die Zugmessung.

Auch die bei der Messung des Kesselzuges erhaltenen Angaben werden zur Beurteilung des Feuerungsbetriebes

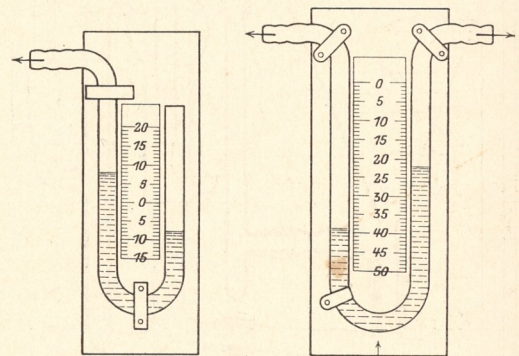


Fig. 639.

Fig. 640.

und als Richtschnur für den Heizer benutzt. Das Verfahren ist weniger zuverlässig als dasjenige der Kohlensäurebestimmung; aber die verwendeten Apparate sind erheblich einfacher als jene.

Man unterscheidet die gewöhnlichen Zugmesser oder Unterdruckmesser (Fig. 639), welche den Unterschied zwischen dem Luftdruck in den Kesselzügen und außerhalb derselben messen, und die Differenzzugmesser (Fig. 640), welche den Druckunterschied zwischen zwei Stellen der Feuerungsanlage, gewöhnlich zwischen dem Ende des letzten Zuges vor dem Rauchschieber und dem Feuerraum über dem Rost, messen. Die Differenzzugmesser geben ein ziemlich zutreffendes Bild von der durch die Rostspalten hindurchströmenden Luftmenge, da bei gleicher Beschaffenheit der Brennschicht die Luftmenge mit der Druckdifferenz zunimmt. Ist also z. B. der Rost verschlackt, die Feuertür geschlossen und die