

stoffmolekül auf das entsprechende Brennstoffmolekül zur Einwirkung gelangt. Je inniger die Mischung von Brennstoff mit Luft erfolgen kann, um so geringer ist der Luftüberschuß, so daß gasförmige Brennstoffe den kleinsten Luftüberschuß erfordern.

Der Luftüberschuß führt naturgemäß zu Wärmeverlusten, da er den Verbrennungsprodukten zugezählt werden muß und diese die Feuerstelle mit höherer Temperatur verlassen als sie die zutretende Luft besessen hat.

Da jede Brennstoffart einen bestimmten Luftüberschuß benötigt, bei dem die betreffende Feuerungsanlage am rationellsten arbeitet, ergibt sich die Notwendigkeit seiner ständigen Kontrolle und im Zusammenhang damit die entsprechende Regelung der Luftzufuhr.

Bestimmung des Luftüberschusses bei Verbrennungen.

Die Bestimmung des Luftüberschusses geschieht durch Untersuchung der bei der Verbrennung entweichenden Gase, die gewöhnlich kurz als Rauchgase bezeichnet werden. Das beste Bild vom Verlaufe des Verbrennungsprozesses erhält man durch Feststellung der prozentischen Zusammensetzung der Rauchgase, wobei man sich auf ihre Hauptbestandteile Kohlendioxyd, Kohlenmonoxyd und Sauerstoff beschränken kann. Der Wasserdampf kondensiert sich größtenteils vor Eintritt in die Meßapparate, der Stickstoff ergibt sich aus der Differenz.

Ein für die Technik brauchbarer Apparat zur vollständigen Analyse der Rauchgase ist von Orsat gebaut worden. Fig. 2.

Er besteht aus einer Meßröhre a und einer Reihe von Absorptions-

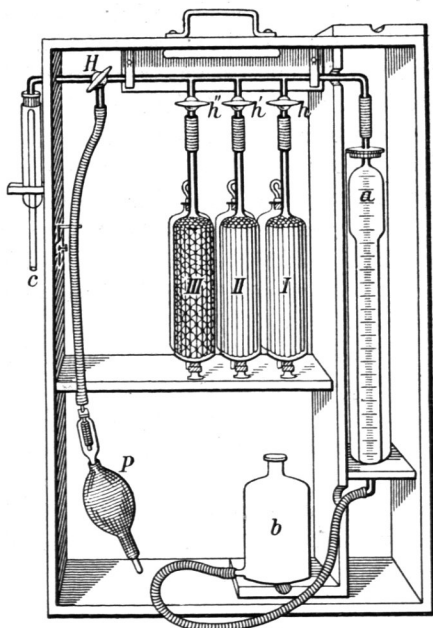


Fig. 2. Apparat zur Analyse der Rauchgase von Orsat.

gefäßen I, II, III, die unter Vermittlung der Hähne h, h', h'' mit dem Meßrohr in Verbindung gebracht werden können. Von den Absorptionsgefäßen enthält I Kalilauge zur Absorption des Kohlendioxydes, II eine alkalische Lösung von Pyrogallol zur Absorption des Sauerstoffes und III eine mit metallischem Kupfer in Berührung stehende ammoniakalische Lösung von Kupferchlorür zur Absorption des Kohlenmonoxydes. Um die absorbierende Oberfläche zu vergrößern, ist in allen Absorptionsgefäßen eine größere Anzahl von Glasrohrstücken vorhanden.

Zur Durchführung der Messung wird c mit der Rauchgasentnahmestelle verbunden und mit Hilfe der Kautschukpumpe P bei entsprechender Stellung des Dreivegehahnes H die Luft aus der Rohrleitung entfernt. Mittels der mit Wasser gefüllten Flasche b werden nun 100 cm³ Rauchgas in die Meßröhre a eingesaugt und hierauf Hahn H so gestellt, daß die Verbindung mit P und c abgesperrt ist. Durch Heben von b und Öffnen von h' wird das Gas jetzt nach I gebracht, wodurch das Kohlendioxyd gebunden wird; das in das Meßrohr zurückgesaugte Gas besitzt demnach ein kleineres Volumen und die Differenz gibt die Prozente Kohlendioxyd an. In analoger Weise wird mittels II der Sauerstoffgehalt und mittels III der Kohlenmonoxydgehalt ermittelt.

Zur Erzielung vollständiger Absorption ist es nötig, das Gas in jedes Absorptionsgefäß mehrmals nacheinander eintreten zu lassen, und zwar so lange, bis keine Volumenabnahme mehr erfolgt.

Die gasanalytische Untersuchung der Rauchgase mit dem Apparat von Orsat ist für die Praxis der Feuerungstechnik etwas zu umständlich und gestattet auch nicht die kontinuierliche Kontrolle des Luftüberschusses.

Am sichersten wäre es, den Luftüberschuß aus dem Sauerstoffgehalte der Rauchgase zu ermitteln, da diese um so mehr freien Sauerstoff enthalten müssen, je größer der Luftüberschuß ist.

In der Praxis wird aber an Stelle des Sauerstoffgehaltes der Kohlendioxydgehalt als Grundlage gewählt. Es ist dies theoretisch nicht einwandfrei, da die Brennstoffe nicht aus Kohlenstoff allein bestehen, und dieser zum Teil überdies Kohlenmonoxyd liefert, so daß bei gleichem Kohlendioxydgehalt, der Luftüberschuß verschieden sein kann. Bei den gebräuchlichen Brennstoffen, insbesondere den Steinkohlen, ist aber schon mit Rücksicht auf ihre Zusammensetzung der Fehler kein großer und bei gleichem Brennmaterial ergibt sich überdies das Verhältnis zwischen Kohlendioxydgehalt und Luftüberschuß aus der praktischen Erfahrung.

Nach Bunte ist der Überschuß der Luft über die theoretisch berechnete Menge durch die Formel $n = 18,9 \text{ CO}_2$ ausgedrückt. Bei

Gasfeuerungen ist dieses n als 1,5—2, bei Rostfeuerung von Kohle als 2,5—4,5 durch die Erfahrung festgestellt worden.

Die Ermittlung des Kohlendioxydgehaltes der Rauchgase kann durch chemische und physikalische Methoden erfolgen.

Auf chemischem Wege arbeitet der Heizeffektmesser von Ados, der darauf beruht, daß ein vom Schornsteinzug betriebener Mechanismus in bestimmten Intervallen eine gleiche Menge Rauchgas ansaugt, sie hierauf automatisch mit einer Absorptionsflüssigkeit für Kohlendioxyd zusammenbringt und die Volumverminderung mittels eines Hebelwerkes auf einen Schreibstift überträgt, der das Ergebnis auf einem Diagrammstreifen, in Prozenten Kohlendioxyd ausgedrückt, verzeichnet. Mit dem Ansaugen einer neuen Gasprobe wird gleichzeitig der Gasrest der vorhergehenden Analyse aus dem Apparat hinausgedrängt. Die Adosapparate arbeiten gut, sind aber ziemlich kompliziert gebaut und leicht zerbrechlich.

Einfacher sind die Einrichtungen, die auf physikalischer Grundlage beruhen.

Die ersten derartigen Apparate nützten den verschiedenen Auftrieb, den die Rauchgase je nach der Menge des darin enthaltenen Kohlendioxydes zeigen, aus; sie waren also eigentlich Instrumente zur Messung der Gasdichte. Hierher gehören das Dasymeter von Siegert und Dürr und das Ökonometer von Arndt, die gegenwärtig aber nicht mehr verwendet werden.

In besonderer Weise wird der Dichtenunterschied des Rauchgases und der atmosphärischen Luft im Ranarexapparate zur Messung des Luftüberschusses herangezogen.

Der Hauptteil des Instrumentes besteht aus zwei gasdichten Kammern, von denen die eine mit gewöhnlicher Luft, die andere mit dem Rauchgase gefüllt wird.

Die Einrichtung einer solchen Kammer zeigt Fig. 3. I ist eine beiderseits mit Flügeln besetzte Scheibe, die durch einen kleinen Motor in rasche Rotation versetzt wird. Die Flügel a saugen dabei durch 1 die Rauchgase (beziehungsweise in der zweiten Kammer Luft) an, die durch den Zwischenraum s auf die andere Seite der Kammer gelangen und hier durch die Rotation der Flügel b in kreisende Bewegung versetzt werden, um schließlich bei 2 die Kammer zu verlassen. Das hierdurch entstehende aerodynamische Drehfeld gibt seine Energie an ein zweites Flügelrad, das Meßrad II ab, das infolgedessen eine Drehung um einen bestimmten Winkel erleidet. Die Größe dieses Winkels ist außer von der Umlaufgeschwindigkeit von I von der Dichte des in der Kammer befindlichen Gases abhängig. Da nun die eine Kammer mit Luft, die

andere mit Rauchgas gefüllt ist, werden die Meßräder der beiden Kammer einen Unterschied im Drehungsimpuls aufweisen, der dem jeweiligen Dichteverhältnis entspricht.

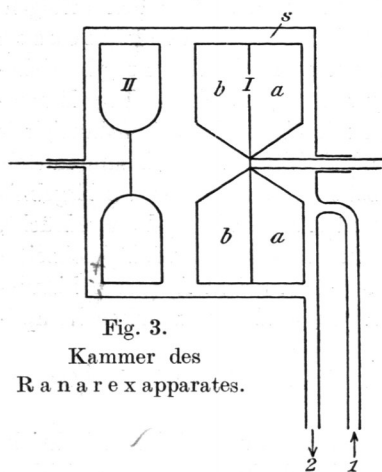


Fig. 3.
Kammer des
Ranarexapparates.

Durch eine eigenartige Kupplung, die „Ranarexkupplung“, sind die Axen der beiden Meßräder so miteinander verbunden, daß dieses Verhältnis durch einen Zeiger auf der Skala zum Ausdruck kommt. Die Instrumente sind so geeicht, daß auf der Skala der Prozentgehalt des Rauchgases an Kohlendioxyd direkt abgelesen werden kann. Da die heißen, durch Staubfilter gereinigten Rauchgase vor Eintritt in die Kammer auf die Temperatur des Kesselhauses herabgekühlt werden, sind sie bei dieser Temperatur mit Wasser-

dampf gesättigt; es muß daher der Vergleichsluft durch Anfeuchtevorrichtungen ebenfalls der entsprechende Feuchtigkeitsgrad verliehen werden.

Ein einfach zu handhabender Rauchgasprüfer, der genügend genaue Resultate gibt, ist der von Siemens und Halske. Er beruht auf der Änderung des Wärmeleitungsvermögens der Rauchgase infolge des wechselnden Kohlendioxydgehaltes, wobei man ihre abkühlende Wirkung auf einen elektrisch geheizten Draht feststellt. Die Messung kann auch kontinuierlich außerhalb des Feuer-raumes durchgeführt werden.

2. Bestimmung des Heizwertes der Brennstoffe.

a) Experimentelle Bestimmung.

a. Für feste und flüssige Brennstoffe.

Die Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen in freiem Sauerstoff verläuft unter gewöhnlichem Druck nur bei Anwendung eines Katalysators, z. B. Platin, vollkommen, ohne diesen entsteht immer auch Kohlenmonoxyd. Da dieses noch brennbar ist, muß die gefundene Verbrennungswärme in diesem Falle niedriger sein als bei vollkommener Verbrennung. Die Bestimmung des Heizwertes muß demnach in einem