

Die Werte, die hinsichtlich der letzten Stelle vielfach, in einigen Fällen auch hinsichtlich der vorletzten Stelle, unsicher sind, habe ich in sieben Gruppen zerteilt.

Die Zusammensetzung eines Gasgemenges, welches aus Gasen derselben Gruppe besteht, kann man mit Hilfe des Gasrefraktometers gar nicht oder nur sehr ungenau ermitteln. Dagegen kann man ein Gas der einen Gruppe, wenn es mit einem Gase der anderen Gruppe gemischt ist, relativ genau bestimmen. Diese Genauigkeit ist um so größer, je weiter die Gruppen getrennt sind.

Sehen wir zunächst die zweite Gruppe an, welche die Luft enthält, die unter allen technischen Gasen am häufigsten als Bestandteil zu untersuchender Gasgemische auftritt. Wir entnehmen der Tabelle, daß sie mit Wasserdampf und Kohlenoxyd in einer Gruppe steht. Danach schließen wir, daß weder der wechselnde Gehalt an atmosphärischer Feuchtigkeit, noch kleine Mengen Kohlenoxyd, wie solche in Rauchgasen auftreten, auf die Angaben des Instruments von nennenswertem Einfluß sind. Auf der anderen Seite folgt natürlich auch, daß man diese Gase ebenso wenig in Luft, wie etwa Stickstoff in Sauerstoff, oder Sauerstoff in Stickstoff, mit irgend welcher Schärfe erkennen kann.

Wir sahen zuvor, daß eine Beimischung von 1% Kohlensäure zu Luft einen Ausschlag von 1,1 Skalenteil bedingt. Dieselbe Wirkung wird 1% Methan oder 1% Wasserstoff üben, Methan im selben, Wasserstoff im Gegensinne. Acetylen, Schwefelwasserstoff, schweflige Säure und Äthylen sind mit der doppelten bis $2\frac{1}{2}$ fachen, Benzoldampf und Pentandampf mit annähernd der 10fachen Schärfe bestimmbar.

Eine hübsche Illustration für die hohe Empfindlichkeit des Apparates für Äthylen und noch mehr für Benzoldampf bildet das Verhalten des Leuchtgases. Leuchtgas besteht dem Volumen nach etwa zu $\frac{1}{2}$ aus dem schwach brechenden Wasserstoff, zu $\frac{1}{3}$ aus Methan, zu $\frac{1}{12}$ aus Kohlenoxyd, und das letzte Zwölftel wird zur Hälfte von Stickstoff und Kohlensäure, zur Hälfte von den schweren Kohlenwasserstoffen Äthylen und Benzol gebildet, von denen das Äthylen weit vorwiegt. Zufolge dieser Zusammensetzung bricht es nur wenig stärker als Luft. Wäscht man es nun mit rauchender Schwefelsäure, welche die wenige Prozente betragenden schweren Kohlenwasserstoffe herausnimmt, so tritt eine relativ sehr starke Änderung der Brechung ein. Ich habe z. B. Karlsruher Leuchtgas einmal nur durch Kalilauge, das andere Mal durch rauchende Schwefelsäure und Kalilauge geführt und eine Veränderung der Anzeige um 28 Teilstriche beobachtet, obwohl die schweren Kohlenwasserstoffe noch nicht ganz entfernt waren. Dabei war die Brechung des durch Kalilauge gewaschenen Gases größer, als Luft, während sie nach dem Waschen mit Schwefelsäure und Kalilauge annähernd ebenso viel kleiner war.

Man kann das Instrument also als einen empfindlichen Carburationsmesser ansehen. Daß das Gas, je nach dem Gehalt an lichtgebenden Kohlenwasserstoffen stärker oder schwächer, aber stets ähnlich wie Luft bricht, macht den Einfluß von Temperatur- und Druckänderungen auf die Anzeige, der bei der Bestimmung der körperlichen Dichte relativ groß ist, sehr klein.

Die abgesonderte Stellung des Wasserstoffs legt den Gedanken nahe, mit Hilfe der Lichtbrechung die Reinheit der Gase zu kontrollieren, die bei der elektrolytischen Wasserzersetzung erzeugt und in komprimierter Form in den Handel gebracht werden. Es sind Unfälle mit solchen Bomben vorgekommen, die auf einem Knallgasgehalt der Gase beruhten, der im Gasrefraktometer leicht erkannt wird.

Von anderen Möglichkeiten, in denen man sich der Lichtbrechung zur Kontrolle bedienen könnte, sind vielleicht die Schwefelwasserstoff-Luftmischungen des Chanceprozesses und die Schwefligsäure-Kohlensäuregemenge von organischen Oxydationen zu erwähnen. Der letzteren habe ich bereits früher gedacht. Nimmt in einem Kohlensäure-Schwefligsäuregemenge die Kohlensäure um 1% zu, während die schweflige Säure um ebensoviel abnimmt, so ändert sich der Ausschlag um $1\frac{2}{3}$ Teilstriche im Gasrefraktometer. In einem Gemenge von Schwefelwasserstoff und Luft bedingt eine Zunahme des Schwefelwasserstoffgehaltes um 1% und eine Abnahme der Luft um den gleichen Betrag eine Ausschlagsänderung von etwas mehr als $2\frac{1}{2}$ Teilstrichen.

Ich möchte in der Erörterung möglicher Anwendungen nicht weiter gehen. Fälle, in denen man die optische Methode benutzen kann, lassen sich noch zahlreich finden. Insbesondere kann man an die Wetter der Bergwerke und die Kraftgase und Heizgase denken. Die technisch nützlichen Anwendungen werden sich aber schließlich nur durch die Praxis ergeben.

Es wird aus den angeführten Beispielen deutlich geworden sein, daß manche analytisch unbequem bestimmbaren Gase sich durch ihr Lichtbrechungsvermögen von anderen Gasen relativ stark unterscheiden und darum bequem im Gasrefraktometer neben ihnen bestimmen lassen.

Es soll mich freuen, wenn diese Anregung dazu hilft, optische Methoden in die technische Gasanalyse einzuführen.

Diskussion:

Dr. L ist fragt, ob der Herr Vortragende die neue Methode der Gasanalyse für ein Gemisch von SO_2 und SO_3 angewandt hat, was für den Kontaktprozeß von Wichtigkeit wäre.

Der Vortragende verneint dies, da es ihm an passendem Gasgemisch gefehlt habe, will aber der Anregung Folge geben.

Die Heizwertbestimmung flüssiger Brennstoffe mit dem Junkerschen Kalorimeter.

Von Oberlehrer Dr. E. GLINZER-Hamburg.

(Eingeg. d. 20./6. 1906.)

Im Anschluß an den in dieser Z. 19, 655 (1906) erschienenen Bericht über meinen diesbezüglichen Vortrag möge im folgenden Genaueres über die neue verbesserte Einrichtung für flüssige Brennstoffe folgen. Über den Apparat selbst sind bisher in dieser

Zeitschrift so spärliche Mitteilungen gemacht worden, daß es wohl berechtigt ist, ihn zunächst unter Vorführung einer Abbildung etwas ausführlicher zu betrachten, und die in dieser Z. 11, 698 (1897) an ihm gemachten Aussetzungen, die bislang unwidersprochen geblieben sind, kurz zu beleuchten. Wenn dort behauptet wurde, die Fehlerquellen durch Wärmeverlust nach außen, durch unvollständige Verbrennung usw., seien so beträchtlich, daß „der gefundene Brennwert leicht etwa 5% und mehr zu niedrig ausfallen könne“, so lag schon damals das Gutachten der physikalisch-technischen Reichsanstalt vom Januar 1895 vor, das jenes Urteil zweifelhaft erscheinen lassen mußte. Aus 30 Versuchen, bei denen stets Wasserstoff verbrannt wurde, ergab sich als Mittel für die Verbrennungswärme ein Wert, der mit dem von Thomsen ermittelten (Poggendorffs Ann. 148, 368) bis auf 0,4% übereinstimmt, „also mit einer die praktischen Zwecke weit übertreffenden Genauigkeit“, wie es in dem Gutachten wörtlich heißt. In neuester Zeit sind dann sehr eingehende Untersuchungen von Immenkötter angestellt worden, die dieselbe in einem Werkchen (1905 Oldenbourg-München) veröffentlicht hat. Die hier ausführlich beschriebenen Heizwertbestimmungen von Wasserstoff mit dem Junkerschen Kalorimeter, das übrigens noch jetzt genau dieselben Dimensionen besitzt wie damals, führten auf einen Wert, der sogar

nur um 0,185% von dem Thomsenschen abweicht, so daß der Apparat sich auch für rein wissenschaftliche Zwecke vorzüglich eignet.

Der Wärmeaustausch mit der Umgebung ist durch die den Wasserbehälter umschließende, ruhende Luftsicht und die vernickelte hochpolierte Außenhaut so außerordentlich gering, daß der damit verbundene Wärmeverlust, wie Immen-

kötter sorgfältig nachgewiesen hat, sehr wohl vernachlässigt werden kann. Wie zahlreiche Versuche ferner feststellten, ist die Verbrennung eine durchaus vollständige, und die entwickelte Wärme-

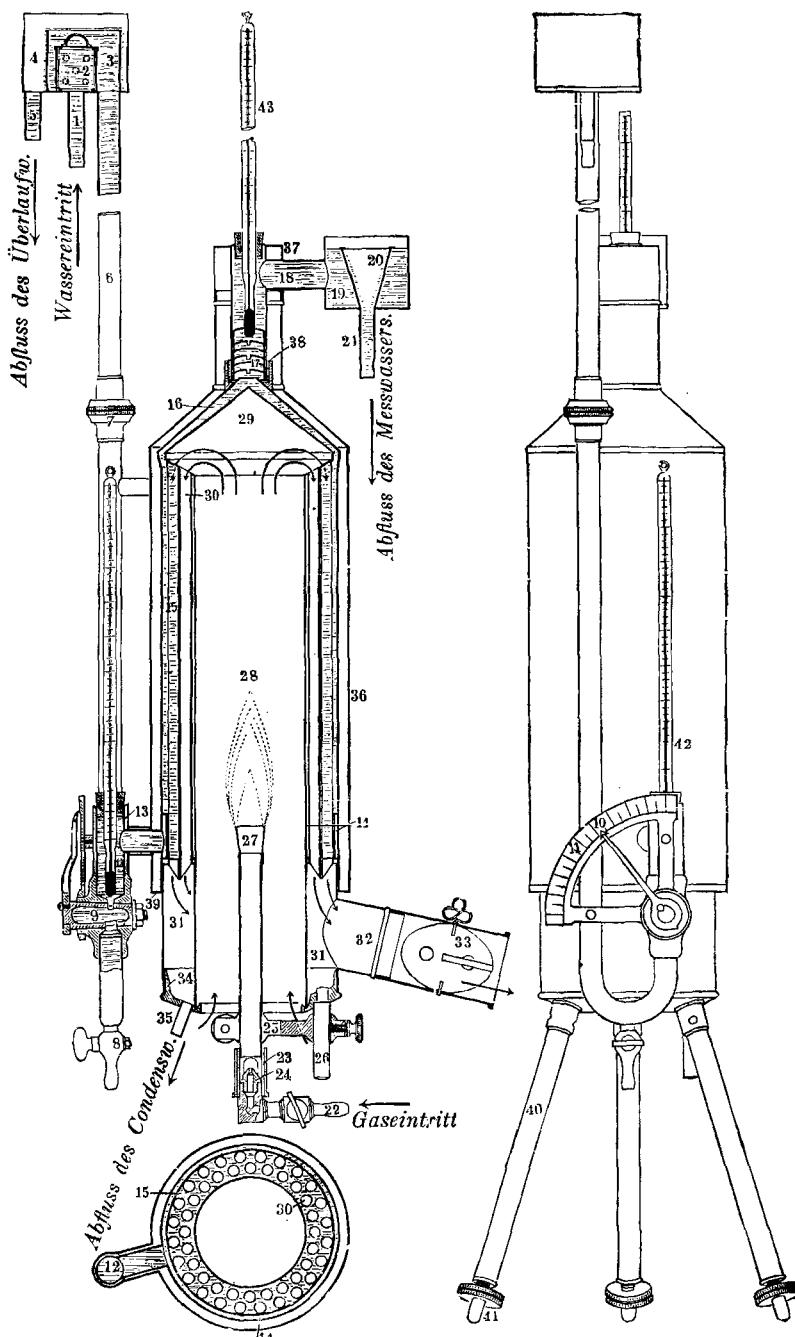


Abb. 1. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.

menge wird vom Kalorimeterwasser ohne Rest aufgenommen; auch war ein Verlust durch Strahlung der Flamme nach unten und ebenso durch Ableitung unter Vermittlung des Brenners selbst nicht nachzuweisen. Während für genauere Versuche allerdings die Kenntnis des Feuchtigkeitsgehalts der Verbrennungsluft und der Abgase wichtig ist, um den Einfluß der größeren Abgas-

feuchtigkeit auf den Heizwert bestimmen zu können, erwies sich auch diese Fehlerquelle als für alle technischen Zwecke belanglos. Die Bemerkung der obigen Notiz, „der Abfluß des Kondensationswassers sei auch nicht ganz gleichmäßig“, scheint endlich darauf hinzuweisen, daß der Berichterstatter die vornehmste Bedingung, die für ein richtiges Arbeiten mit diesem Apparat maßgebend ist, wohl nicht innegehalten hat: Es muß erst völlige Konstanz in den Wärmeverhältnissen eintreten sein, bevor der Versuch beginnen kann. Nur wenn das Kalorimeter im Beharrungszustande arbeitet, d. h. sein Wärmezustand beim Schluß der Ablesungen derselbe ist wie beim Beginn, ist ja auch der Wasserwert des Apparats vollkommen gleichgültig. Wird die Bestimmung des Kondensationswassers, die übrigens in einem besonderen und länger ausgedehnten Versuch vorzunehmen sich empfiehlt, ebenfalls unter dieser Bedingung ausgeführt, so ist der Abfluß bei 35 (siehe Abbildung 1) durchaus gleichmäßig. Bekanntlich ist diese Bestimmung dazu erforderlich, um aus der zunächst sich ergebenden gesamten Verbrennungswärme durch Abzug der Kondensationswärme des entstandenen Wasserdampfs den sogenannten unteren Heizwert, d. h. den technischen Heizwert zu ermitteln.

Nun seien einige Mitteilungen über die Entwicklung des interessanten Verfahrens gestattet. Der vom Ingenieur Hugo Junkers in Dessau, seit 1897 ordentlicher Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen, ersonnene Apparat ist bereits im Jahre 1892, und zwar zunächst nur für *gasförmige* Brennstoffe eingerichtet, der Technik zugänglich geworden. Er hat seitdem eine außerordentliche Verbreitung in allen Kulturländern gefunden: ein Beweis, daß er den Bedürfnissen der wissenschaftlichen wie der technischen Arbeit durchaus gerecht wird. Obgleich sich der Erfinder alsbald nach Fertigstellung des Gaskalorimeters auch mit der Kalorimetrierung *flüssiger* Brennstoffe befaßt und bereits im Jahre 1893 hierzu geeignete Einrichtungen konstruiert hatte, kam doch die erste diesem Zweck dienende komplette Einrichtung erst im Jahre 1896 heraus. Es waren eben, um eine für die verschiedenartigen Brennstoffe geeignete, einfache und leicht zu handhabende Hilfseinrichtung zu schaffen, zahlreiche Schwierigkeiten zu überwinden. Man denke nur an die Notwendigkeit, alles Rußen zu vermeiden und selbst schwere Heizöle zum Blaubrennen zu bringen, die dazu erforderlichen Vergasungsvorrichtungen unter verschiedenem Druck, die genaue Feststellung des Gewichts der verbrannten Flüssigkeitsmenge usw. unter geeigneter Verbindung der Lampe mit einer Wage.

Zur Vergasung leichter wie schwerer Öle dient hier der in Abbildung 2 dargestellte schwedische Primusbrenner, in dessen Anheizschälchen zunächst Spiritus gegossen und entzündet wird. Sobald er fast verbrannt ist, wird durch eine bei d (Abbild. 5) aufzusetzende Fahrradpumpe Luft in den Ölbehälter gepreßt und dadurch das Öl dem Brennerkopf zugeführt und hier sofort vergast. Die aus der Düse austretenden Dämpfe treten dann mit Luft gemischt am oberen Kranze des Brenners aus, entzünden sich an der Spiritusflamme und verbrennen, wenn der Druck richtig

bemessen ist, in Form eines kontinuierlichen blauen Flammenmantels. Für alle anderen Flüssigkeiten ist die Bohrung der Düse äußerst fein (0,3 mm); nur für Spiritus wird eine große Düse (1,1 mm) aufgesetzt. Während letzterer den geringsten Überdruck (unter 200 mm) erfordert, werden Petroleum und ähnliche Öle bei 200 mm, schwere Schmieröle bei höheren Drücken (bis 800 mm) zum Vergasen gebracht. Bei letzteren reicht die Vorwärmung durch die Spiritusflamme zuweilen nicht aus; es kann alsdann der Brennerkopf mittels einer Lötlampe usw. vorgewärmt werden. Um die Frage zu entscheiden, ob bei manchen Ölen nicht etwa zuerst die flüchtigeren Bestandteile und dann die schwereren Rückstände zur Verbrennung gelangen, hat Immenkötter die gleichförmige Verbrennung der einzelnen Bestandteile bei den allerverschiedensten flüssigen Brennstoffen (vom Gasolin, Benzin und Spiritus

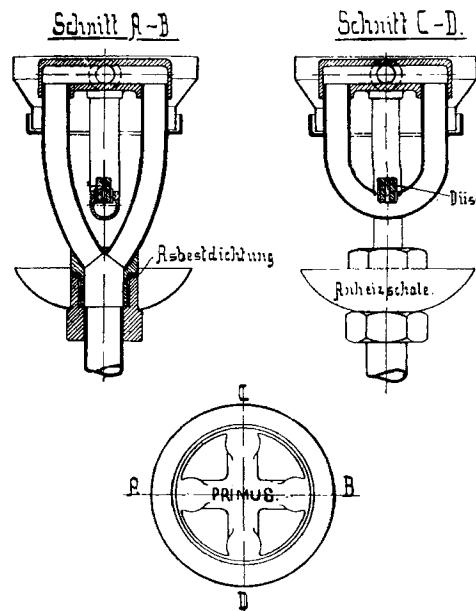


Abb. 2. $\frac{1}{2}$ natürl. Größe.

bis zu schwerem Öl von ca. 400° Kp.) kontrolliert, indem er vor und nach der Verbrennung von mindestens der Hälfte des angewandten Quantums die spez. Gew. und zum Teil auch die Siedepunkte bestimmte: Im spez. Gew. wurde überall keine Veränderung, in der Siedetemperatur nur minimale Erhöhung (um 2 oder 3°) beobachtet, während dieselbe bei freier Verdampfung um 100—200° steigen würde. Übrigens ist jede Explosionsgefahr, auch bei Benzin, gänzlich ausgeschlossen, da die Flamme durch das dem Druck entsprechend stets mit Flüssigkeit gefüllte Rohr und die enge Düse von dem Behälter getrennt ist.

Dieser selbst nun und seine Verbindung mit der Wage hat im Laufe der Jahre eine durch die folgenden Abbildungen illustrierte Wandlung erfahren. Zunächst wurden für die verschiedenartigen Brennstoffe verschiedene Brenner benutzt, nämlich für Petroleum und ähnliche Öle die in Abbildung 3 dargestellte Lampe mit dem Primusbrenner und einer Vorrichtung e, um Luft einzufü-

pumpen. Für Benzin usw. war eine besondere Vergasungslampe und ebenso eine anders konstruierte für Spiritus im Gebrauch, wobei die Aufhängevorrichtung an der Wage noch so eingerichtet war, daß eventuell auch noch andere Lampen benutzt werden konnten.

Die von der Firma Junkers & Co. in Dessau fortgesetzten Versuche, diese etwas weit-

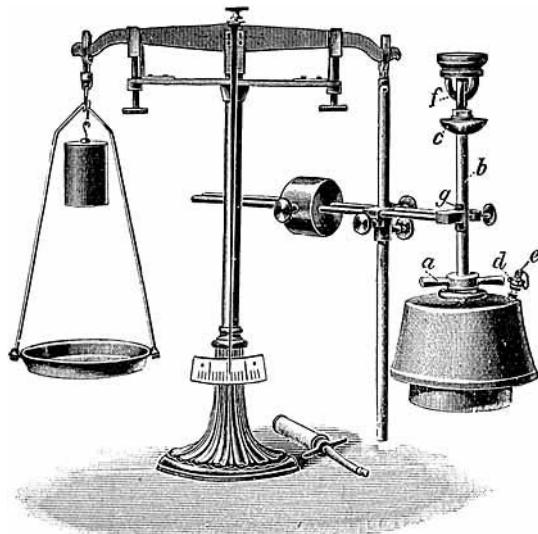


Abb. 3.

läufigen und im Gebrauch schwierigen Einrichtungen zu vereinheitlichen und gebrauchsfähiger zu gestalten, haben dann zu der jetzt vorliegenden und zuerst im Frühjahr 1904 herausgegebenen Lampe geführt, die in der Tat nunmehr allen Ansprüchen genügt. Unter Hinweis auf die Abbildungen 4 und 5 möge die Handhabung derselben kurz beschrieben werden.

Nach Einfüllung von ca. 200 ccm Brennstoff wird der Behälter mittels der Flügelschraube b (Abb. 5) wieder fest verschlossen, dann mit dem Gehänge g an der Wage aufgehängt und durch

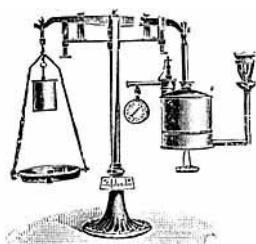


Abb. 4. $\frac{1}{15}$ natürl. Größe.

Gewichte auf der anderen Seite ins Gleichgewicht gebracht. Man stellt die Wage neben dem Kalorimeter so auf, daß der Brenner der an ihr hängenden Lampe sich genau in die Mitte der Verbrennungskammer, ohne rings anzustoßen, bringen läßt. Nach dem Wiederabhangen wird in der oben geschilderten Weise die Vergasung im Brennerkopf und die Bildung der blauen Flamme bewirkt. Durch richtige Regulierung des vom Manometer angezeigten Überdrucks, wozu man sich auch der Entlüftungsschraube h bedienen kann, läßt sich

leicht eine gute gleichmäßige brennende Flamme erzielen, die etwa 1000 Kalorien/Stunde entwickeln wird, also etwa 100 g Petroleum, Benzin oder Schmieröl bzw. 130 g Spiritus pro Stunde erfordert. Nun wird der Brenner in den Schlot des Kalorimeters eingeführt und die Lampe an die Wage gehängt, aber erst nachdem das Kalorimeter mit Wasser gefüllt, und ein konstanter Durchfluß gesichert ist, was durch die Einstellung des Hahnes 9 (Abb. 1) unschwer zu erreichen ist. Sofort steigt das obere Thermometer 43, und der Wasserdurchfluß ist dann so nachzuregulieren, daß die Thermometer 43 und 42 eine zwischen 10 und 20° liegende Temperaturdifferenz aufweisen. Nachdem nach einigen (etwa 5) Minuten die Zu- und Abflußtemperaturen den Beharrungszustand erreicht haben, legt man ein kleines Gewicht auf die Schale k, so daß der Wägearm mit der Lampe sinkt, und wartet, bis er sich durch den Konsum des Brennstoffs wieder hebt und der Zeiger der Wage durch Null geht. In diesem

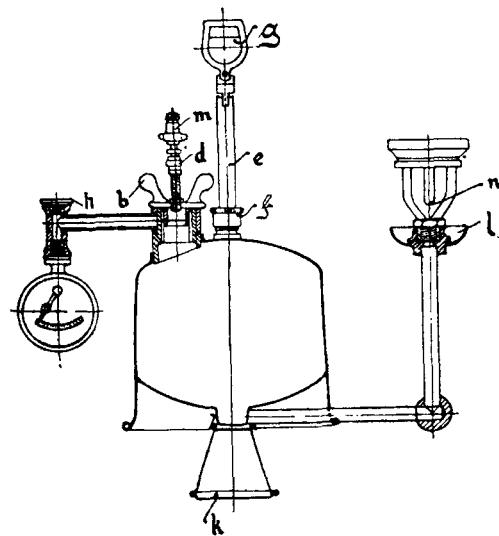


Abb. 5. $\frac{1}{5}$ natürl. Größe.

Augenblick, der den Beginn des Versuchs bedeutet, muß dreierlei geschehen: Der Schlauch, der bei 21 das ablaufende erwärmte Wasser fortführt, wird über das Meßgefäß geschwenkt, zugleich ein Gewichtsstück von 10 oder 20 g (soviel man dem Versuch unterwerfen will) auf die Schale k gelegt und endlich mit den Temperaturablesungen begonnen; das letzte darf aus dem unten angegebenen Grund einige Augenblicke später geschehen. Die Ableseungen werden nun möglichst regelmäßig so lange fortgesetzt, bis die Lampe sich wieder hebt, und der Zeiger durch Null geht. Mit diesem Endpunkt des Versuchs unterbricht man das Auffangen des Wassers im Meßgefäß und hat nun nichts weiter zu tun, als die Wassermenge, am besten durch Wägen, und die beobachtete Temperaturdifferenz im Mittel festzustellen. Daraus ergibt sich dann in bekannter Weise die erzeugte Wärme und weiter die Verbrennungswärme pro g oder kg des Brennstoffs. — Das Öffnen der Schraube h bringt die Flamme zum sofortigen Verlöschen; indessen lassen sich fast unmittelbar weitere Kontrollbestimmungen anschließen. Um genaue Durch-

schnittswerte zu erhalten, ist es erforderlich, 6—8 einzelne Kalorimetrierungsversuche vorzunehmen.

Um ein Beispiel vorzuführen, wurden 10 g Petroleum in ca. 8 Minuten verbrannt und dabei in je 12 Ablesungen folgende Temperaturen gefunden: das zufließende Wasser konstant 13,05°; das abfließende Wasser zwischen 29,05 und 28,60, Mittel 28,74°. Mittlere Erwärmung 15,69°. Die Menge des durchgelaufenen Wassers, durch Wägen bestimmt: 6520 g. Daraus ergibt sich die Verbrennungswärme = 10 229,9 kal.

Wenn I m m e n k ö t t e r nach obigem mit dem Apparat selbst Öle von 400° Kp. kalorimetrieren konnte, so war das nur unter ganz besonderen Vorsichtsmaßnahmen möglich, wie sie gewöhnlich nicht zu Gebote stehen. Es gilt deshalb für den Umfang der Benutzbarkeit des Kalorimeters für flüssige Brennstoffe die Vorschrift, daß pflanzliche und tierische Öle nur verbrannt werden dürfen, wenn sie bei höchstens 250° Kp. vollkommen flüchtig sind, ohne Kohle oder Rückstand zu hinterlassen. Nicht verwendbar ist es also z. B. für Baumöl, Rüböl, Knochenöl. Auch Mineralschmieröle können nur zur Verwendung kommen, soweit sie bei 250° vollständig verdampfen.

Wie man sieht, ist die Handhabung des J u n k e r s c h e n Kalorimeters auch für die meisten flüssigen Brennstoffe sehr einfach und erfordert bei einiger Übung nur geringe Zeit. Auf einen allerdings nicht erheblichen Übelstand ist indessen aufmerksam zu machen. Sobald nämlich beim Beginn des Versuchs durch das Auflegen des Gewichtstücks die Lampe sich plötzlich senkt, um dann ganz allmählich wieder zu steigen, tritt eine kleine Störung des vorher rite erreichten Beharrungszustands insofern ein, als die Temperatur des bei 18 passierenden Meßwassers in den nächsten Augenblicken sinkt, nach meinen Versuchen um 0,25—0,35°, um dann bis zum Ende der Ablesungen nicht wieder ganz die anfängliche Höhe zu erreichen. Die Erklärung dieser natürlich auch dem Erfinder nicht unbekannt gebliebenen Erscheinung sehe ich in der plötzlichen Ausfüllung des zunächst über der Flamme liegenden Schlotraumes mit der von unten zuströmenden kalten Verbrennungsluft. Um diese Fehlerquelle möglichst auszuschalten, wird man die im Moment des Beginns abgelesene Temperatur bei der Berechnung der mittleren Temperatur außer Betracht zu lassen haben. Immerhin wäre es besser, die plötzliche Senkung der Lampe zu vermeiden oder wenigstens den Ausschlag möglichst klein zu halten.

Neuerungen in Laboratoriumsapparaten.

Von cand. phil. H. LEISER.

(Eingeg. d. 26./5. 1906.)

I. Ein neuer Rührer für Flüssigkeiten verschiedenen spezifischen Gewichtes oder einem schweren Niederschlag und einer Flüssigkeit.

Bei Flüssigkeiten verschiedenen spezifischen Gewichtes oder einem schweren Niederschlag und einer Flüssigkeit ist es im Laboratoriumsbetrieb

sowohl, wie in der Technik noch immer eine unvollkommen gelöste Aufgabe, zur besseren Reaktionsmöglichkeit eine innige Durchmischung herbeizuführen. Denn es genügt in diesen Fällen, denen man noch bei einzelnen metallurgischen Verfahren, die Reduktion mit geschmolzenen Metallen zur Seite stellen kann, keineswegs, daß die Agenzien, wie durch die zahlreichen Flügelräder nur in horizontaler Richtung verschoben werden, sondern man muß vor allem erreichen, daß auch eine Rührung in vertikaler Richtung zustande kommt, dadurch, daß die schwerere Materie über die Trennungsgrenze hinaus in die leichtere gelangt.

Die Lösung dieser eben skizzierten Aufgabe als Erster versucht zu haben, ist das Verdienst des bekannten W i t t s c h e n Rührers und seiner Abarten, aber es ist ihnen, wie mancher bestätigen kann, nur bescheiden gelungen. Inwieweit der neue Rührer¹), der hier beschrieben werden soll, seine Vorgänger übertrifft, mögen die Zahlen am Schluß der Beschreibung lehren.

Der Apparat besteht in der Form, in der er für den Laboratoriumsbetrieb in Betracht kommt, aus zwei schräg aufwärts gerichteten Röhren b. Sie verbreitern sich, wie aus nebenstehender Figur ersichtlich, nach unten zu verhältnismäßig sehr breiten Ansätzen a von trichterförmiger Gestalt, die gegen die Umdrehungsrichtung gerichtet sind. Oben biegen sie nach der entgegengesetzten Seite ab, so daß sich ihre Linie der S-Form nähert, und ihre Ebene nicht radial zur Achse, sondern annähernd tangential steht. Durch diese Röhren wird bei mäßiger Umdrehungsgeschwindigkeit die schwerere Materie bis über die Oberfläche der leichteren hochgewirbelt und dort fallen gelassen.

Bevor ich nun aber auf den Wirkungswert meines neuen Rührers eingehe, sei es mir gestattet, zunächst seine Wirkungsart zu erörtern.

Es tritt durch Drehung die horizontal vom Mittelpunkt weg gerichtete Zentrifugalkraft c auf (Fig. 2), die mit dem Quadrate der Winkelgeschwindigkeit, dem Radius und der Masse proportional zunimmt. Verhindert, in der ursprünglichen Richtung auch zu wirken, wird sie durch Anordnung schräg aufwärts gerichteter Röhren gezwungen, den Weg m einzuschlagen, und wirkt hier bloß noch in der natürlich kleineren Komponente. Ist diese Komponente groß genug — und man kann das nach der vorhin angedeuteten Formel $C = w^2 \cdot m \cdot r \frac{1}{n}$ durch

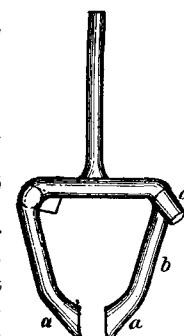


Fig. 1.

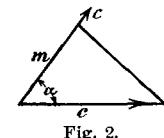


Fig. 2.

Erhöhung von w, der Winkelgeschwindigkeit und durch Vergrößerung von r, dem Radius, ferner durch Verkleinern des Neigungswinkels a erreichen —, so groß, daß sie Schwere und Reibung überwinden kann, dann jagt sie die Massenteilchen die Röhre

¹) D. R. P. 21 734 angem. Zu beziehen durch Dr. Robert Muencke, Berlin, Luisenstraße 58.