mehrt wird, und zwar einmal während das Gefäss leer ist und einmal während es den Körper enthält, dessen Volumen man ermitteln will.

Im letzteren Falle ist, da die auszudehnende Luftmenge kleiner ist, die nothwendige Druckverminderung grösser.

In der äusseren Anordnung unterscheidet sich der Kalecsinszky'sche Apparat von dem Paalzow'schen dadurch, dass das mit einer Erweiterung versehene Rohr, welches sich an das zur Aufnahme der Substanz bestimmte Gefäss anschliesst, mit dem zur Messung des Drucks dienenden fest verbunden ist, und die Veränderung des Quecksilberstandes durch ein besonderes, mit einem Schlauche an einer seitlichen Ansatzröhre verbundenes Niveaugefäss bewirkt wird.

Zur feinen Einstellung des Quecksilbers auf die Marken ist weiter noch am unteren Ende des Hauptrohres ein mit einem feinen Hahn versehenes seitliches Rohr angebracht, durch das man das Quecksilber in ganz feinem Strahle ablassen kann.

Ueber Instrumente zur Messung hoher Temperaturen liegt eine ganze Reihe von Abhandlungen vor, die fast alle für diesen Zweck überhaupt in Vorschlag gebrachten Principien umfassen.

Zur Bestimmung hoher Temperaturen in Feuerkanälen benutzt Ferd. Fischer¹⁾ den in Fig. 16 und 17 abgebildeten Apparat.

Fig. 17.

Fig. 16.

Der Platin- oder Eisencylinder *e* wird durch den Ausschnitt *v* in den Behälter *a* gelegt. Die Vorrichtung wird in den betreffenden Heizraum gebracht und, nachdem der Cylinder dessen Temperatur angenommen hat, schnell herausgenommen. Durch einen Ruck wird *e* in die Lage *e*¹ gebracht und durch die Oeffnung *v* in das mit einer bestimmten Wasser-

¹⁾ Zeitschrift f. angew. Chemie 1890, S. 589.

menge gefüllte Calorimeter, Fig. 18 und 19, geworfen, dessen höchste Temperatur man nach gutem Durchrühren an einem Thermometer abliest.

Fig. 18.

Fig. 19.

Kennt man Gewicht und spezifische Wärme des Cylinders *e*, so kann man aus der Erwärmung des Wassers die zu messende Temperatur in bekannter Weise berechnen. Die oben erwähnte Vorrichtung zum Einbringen des Cylinders *e* in den Heizraum (respective zum Herausnehmen aus demselben) wird durch den Behälter *a* (Fig. 16 u. 17) gebildet, dessen 0,5 m langer Stiel *b* mit dem verschraubbaren Holzgriff *f* versehen ist. *d* ist eine, die Hände gegen Wärmestrahlung schützende Asbestplatte, welche durch Aufschrauben von *f* gegen das Metallstück *c* gepresst wird.

Das Calorimetergefäß *B* (Fig. 19) ist aus starkem Messingblech hergestellt und innen mit Asbestpappe ausgekleidet. Oben ist dasselbe so geformt, dass der starke Rand des aus dünnem, versilbertem Kupferblech gearbeiteten Gefäßes *A* sicher aufliegt. Die Dichtung zwischen den Rändern wird durch Asbest oder Gummi hergestellt und die Fugen sind mit Lack wasserdicht überstrichen. Der Siebboden *n* verhütet das Auffallen des erhitzten Cylinders auf den Boden von *A* und dadurch etwa verursachten Wärmeverlust. Die Blechhülse *s* hat zahlreiche kleine Oeffnungen und schützt das Thermometer *t*. Der letzteres tragende Theil des Deckels ist durch Schrauben befestigt und der damit verbundene andere Theil kann durch den Haken *h* gehalten werden. Die Einwurfsöffnung *a* ist mit einem dem Thermometer

gegenüber ausgeschnittenen Trichterrand versehen, welcher zur Vermeidung der Berührung durch den glühenden Cylinder mit Asbestpapier ausgelegt ist; der Raum zwischen *A* und *B* ist mit Federn (Daunen) ausgefüllt.

Bei Verwendung eines 20 g schweren Platincylinders verwendet man ein kleineres Calorimetergefäß und so viel Wasser, dass der Gesamtwasserwerth 125 g Wasser entspricht; für Eisencylinder nimmt man ein Gefäß von 250 g Wasserwerth.

Zur Untersuchung des Verhaltens der Brennstoffe beim Erhitzen in Wasserdampf, in Luft, respective Kohlensäure bedient sich Fischer des in Fig. 20 dargestellten Apparates. Die Temperatur wird durch ein Keiser'sches Luftthermometer¹⁾ mit unveränderlichem Druck gemessen. Das Rohrstück a mit angesetztem capillaren Porzellanrohr ist bei d durch einen Gummischlauch mit dem engen, dickwandigen Glasrohr verbunden, welches einen Dreiweghahn h trägt und in das Messrohr b ausläuft. Dieses ist im oberen Theil erweitert, so dass erst bei 400° die aus dem Porzellanrohr a verdrängte Luft in den engeren Theil des Messrohres tritt. Unten ragt es etwas über den Stopfen f vor, während das Standrohr c mit demselben abschneidet. Ansatz i ist durch einen Kautschuckschlauch mit einer an einem Gestell auf- und abwärts bewegbaren Flasche verbunden. Auf den oberen Theil des Stopfens wird das mit Wasser zu füllende Rohr v gesteckt.

Die zu untersuchenden Kohlen oder dergleichen werden in das Porzellanrohr A zwischen zwei Asbestscheiben s gefüllt, welche am Umfang etwas ausgezackt sind, damit der durch Rohr k eingeführte Luft-, beziehungsweise Kohlensäure- oder Wasserdampfstrom, möglichst gleichmässig den Brennstoff trifft und die kühleren Enden des Rohres frei bleiben. Die gebildeten Gase werden durch Rohr g seitlich abgeleitet. Das möglichst gleichmässige Erhitzen des Rohres A vermitteln gebogene Asbestplatten B und C, welche in doppelter Lage durch mit den Stirnplatten und den Blechstreifen m verbundene Eisenblechschienen und einige Verbindungsstücke aus starkem Eisen (bei e punktirt angedeutet) gehalten werden. Die durch vier Füße F getragenen, innen mit Asbest belegten Stirnplatten sind bis auf die Oeffnung für die Blechrinne r und das Rohr A geschlossen, so dass die von den Flammen der 12 Brenner D gelieferten Gase gezwungen werden, durch den Raum zwischen B und C wieder nach unten zu ziehen und bei m zu entweichen. Auf diese Weise wird eine ungemein gleichmässige Erhitzung des Rohres A erzielt.

1) Vergl. diese Zeitschrift 27, 192.

Fig. 20.

Das Luftpyrometer, welches in seiner früheren Gestalt bereits erwähnt worden ist¹⁾, hat J. Wiborgh²⁾ ganz umgestaltet und namentlich durch Anwendung eines Federmanometers an Stelle des Quecksilbermanometers, sowie durch eine Correctionsscala, die jede Rechnung unnöthig macht, wesentlich handlicher gemacht.

Der Apparat beruht auf folgendem Princip. In dem Raume, dessen Temperatur (T) gemessen werden soll, befindet sich ein mit Luft gefüllter Behälter von bekanntem Inhalt (V), der mit der Atmosphäre durch eine Capillarröhre in Verbindung steht.

In diesen Behälter kann man nun ein bekanntes Volumen (V₁) Luft von Atmosphärendruck und niederer bekannter Temperatur (t) einpressen, während die Verbindung mit der Atmosphäre abgesperrt wird.

Die nun in dem Gefäß entstehende Druckvermehrung (h) kann an dem Manometer abgelesen werden und gestattet die Berechnung der Temperatur. Statt den Druck abzulesen und die Berechnung auszuführen, kann man direct eine Scala an dem Instrument anbringen, auf welcher die Temperatur (T) durch den Manometerzeiger angegeben wird.

Vor dem Einpressen hat man das Luftvolum V mit der Temperatur T und das Luftvolumen V₁ mit der Temperatur t, beide unter einem Atmosphärendruck H, nach dem Einpressen wieder nur das Luftvolumen V mit der Temperatur T, aber unter dem Drucke H + h.

Nach dem Mariotte-Gay Lussac'schen Gesetze ergibt sich, da die Gesamtluftmenge die gleiche bleibt, für diese beiden Fälle:

$$1. \left(\frac{V}{1 + \alpha T} + \frac{V'}{1 + \alpha t} \right) H = \frac{V}{1 + \alpha T} (H + h)$$

(α ist der Ausdehnungscoefficient der Luft).

Aus Gleichung 1 ergibt sich:

$$2. h = \frac{\frac{H V'}{1 + \alpha t}}{\frac{V}{1 + \alpha T}}.$$

Hieraus folgt:

$$3. T = \frac{hV - HV'}{HV'\alpha} + \frac{hV}{HV'} t$$

für den Fall, dass $t = 0$ ist, wird diese Formel zu

$$4. T = \frac{hV - HV'}{HV'\alpha}.$$

¹⁾ Vergl. diese Zeitschrift **29**, 62.

²⁾ Stahl und Eisen **11**, 913.

Dieser Ausdruck ist der Pyrometerscala zu Grunde gelegt.¹⁾ Würde auch $T = 0$ sein, so würde die Gleichung 4 übergehen in

$$5. h = \frac{V'}{V} H,$$

was dem Nullpunkt der Scala entspricht.

Wie sich aus dieser Ausführung ergibt, könnte man an der nach Formel 4 construirten Scala, über welcher der Manometerzeiger spielt, die Temperatur T direct ablesen, wenn das Luftvolumen V' , welches eingepresst wird, eine Temperatur von 0^0 und der Luftdruck den bei der Construction der Scala angenommenen Mittelwerth hätte. Wenn sich diese beiden Grössen ändern, so kann man doch für jede andere Temperatur t und jeden anderen äusseren Luftdruck ein Volumen ausrechnen, welches, wenn es an Stelle von V' eingepresst würde, dieselbe Wirkung ausübte, wie wenn V' von 0^0 beim Barometerstande H eingepresst würde.

Der Verfasser hat nun sein Instrument so gestaltet, dass die einzupressende Luft sich in einem linsenförmigen, elastischen Metallgefäss befindet²⁾, das bei vollständigem Zusammendrücken seinen Luftinhalt völlig in das im Feuerungsraum befindliche Gefäss von dem Volumen V entleert. Dieses linsenförmige Metallgefäss kann aber vor Anstellung des Versuchs, so lange es noch in Communication mit der äusseren Luft ist, theilweise zusammengepresst werden, so dass sein nunmehr verkleinerter Luftinhalt bei der herrschenden Temperatur und dem herrschenden Luftdruck so wirkt, wie V' bei 0^0 und dem Luftdruck H . Zu diesem Zweck sind zwei Correctionsscalen vorhanden, die sich beim Zusammendrücken des Gefässes, was mit einer Schraube bewirkt wird, an einander hin schieben. Die Anordnung ist so getroffen, dass, wenn die Ziffer der herrschenden Temperatur und des herrschenden Luftdrucks auf einander eintreten, sich in dem Gefässe grade die V' (von 0^0 und H Druck) entsprechende Luftmenge befindet. Schliesst man jetzt die Verbindung mit der Aussenluft ab und drückt das Gefäss ganz zusammen, so kann man von der Hauptscala ohne jede Berechnung direct die Temperatur ablesen.

¹⁾ Wobei für H ein mittlerer Barometerstand angenommen ist, so dass, da V_1 , V' und H als constant angenommen sind, T nur von h abhängig erscheint.

²⁾ Dessen Inhalt bei 0^0 und H Druck V' ist.

Ein modificirtes Cornu'sches Photometer zur Messung hoher Temperaturen beschreibt Le Chatelier¹⁾. Die Lichtintensität wird mit derjenigen einer Petroleumlampe verglichen, die ihrerseits auf eine Normallampe gestellt ist. Vor dem Ocular des Photometers ist ein rothes Glas angebracht, um nur monochromatisches Licht zur Vergleichung zu bringen.

Dieser Apparat kann gute Resultate liefern, wenn für jeden besonderen Fall eine besondere Scala construirt wird, denn die Intensität einer Lichtquelle ist nicht allein von der Temperatur abhängig, sondern auch von der Natur des Körpers, dessen physikalischem Zustand und der Temperatur der Umgebung, zum Beispiel also der der Umgebung des Ofens etc.

Eine Erwiderung auf die eben besprochene Arbeit von H. Becquerel²⁾ können wir hier nur erwähnen.

Ueber das von Le Chatelier zur Messung hoher Temperaturen empfohlene Thermoelement, welches bereits früher erwähnt wurde³⁾, sind in letzter Zeit verschiedene Publicationen erschienen, welche die Brauchbarkeit desselben für die Praxis beweisen.

Emilio Damour⁴⁾ bespricht den Apparat in einer besonderen Broschüre.

Der Apparat beruht auf der Messung der Intensität eines Stromes, welcher durch Erhitzung eines Thermoelementes hervorgerufen wird. Sind die das Paar bildenden Metalle homogen, so ist die elektromotorische Kraft unabhängig von der Grösse der Berührungsstelle und es können deshalb ganz dünne Drähte zur Verwendung kommen. Der eine dieser Drähte ist reines Platin, der andere eine Legirung von Platin mit 10 % Rhodium. Die Benutzung so dünner Drähte in Verbindung mit dem aperiodischen Galvanometer von Déprez und D'Arsonval gestatten eine ausserordentlich schnelle Abgabe der Temperatur, so dass schon eine Einwirkung von nur 5 Secunden genügt, um die Temperatur irgend eines Raumes zu messen.

H. M. Howe⁵⁾ empfiehlt das Le Chatelier'sche Instrument zu industriellen Zwecken und beschreibt zwei Anordnungen für specielle

1) Comptes rendus **114**, 214 und 340.

2) Comptes rendus **114**, 255 und 390.

3) Diese Zeitschrift **27**, 194.

4) Berg- und Hüttenmännische Zeitung **51**, 277.

5) Eng. Min. Journ. **50**, 426; durch Zeitschrift f. angew. Chemie 1891, S. 60.

technische Fälle. Wir müssen uns darauf beschränken diese Arbeit hier zu erwähnen.

L. Holborn und W. Wien ¹⁾ haben das Thermoelement mit dem Luftthermometer verglichen und einer genauen Prüfung unterworfen. Ausser der 10procentigen Rhodiumlegirung wurden auch Legirungen mit höherem Rhodiumgehalt benutzt. Dieselben verhielten sich ähnlich; schliesslich wurden noch mehrere Schmelzpunktsbestimmungen ausgeführt. Die Differenzen zwischen den Einzelversuchen betrugen im Mittel 5°. Diese Genauigkeit ist doppelt so gross als sie von Le Chatelier selbst für sein Instrument angegeben wurde.

Chassagny und H. Abraham ²⁾ machen Mittheilungen über die zweckmässigste Anwendung von Thermoelementen. Die Verfasser geben genaue Daten über Isolirung des Stromes und über Verhinderung von Nebenströmungen. Wir können diese Arbeit hier nur erwähnen.

Eine Vorrichtung zum Selbstregistriren von Ofentemperaturen bei Verwendung von Thermoelementen beschreibt W. C. Roberts-Austen. ³⁾ Die Ablenkung des von dem Spiegelgalvanometer ausgehenden Lichtstrahles fällt auf einen Messingcylinder von 6 Zoll Durchmesser, welcher sich durch ein in seinem Innern befindliches Uhrwerk innerhalb 12 Stunden einmal umdreht. Auf diesen Cylinder ist ein lichtempfindliches Papier aufgeklebt, auf welchem, nachdem man es abgelöst hat, in einer Dunkelkammer das photographische Bild entwickelt werden kann. Die Vorrichtung ist eine Verbesserung eines schon früher angegebenen Instrumentes.

Bei Gelegenheit von Studien über die Berechnung von Flammentemperaturen, die zu dem Resultate führten, dass dabei die Veränderlichkeit der specifischen Wärme der Gase (Kohlensäure, Wasserdampf) mit der Temperatur nicht vernachlässigt werden darf⁴⁾, hat E. Blass⁵⁾ vergleichende Untersuchungen mit einer ganzen Reihe von Pyrometern gemacht, deren Resultate etwa folgende sind:

1) Annalen d. Physik u. Chemie. [N. F.] **47**, 107.

2) Annales de chimie et de physique [6. série] **27**, 355.

3) Iron & Steel Institute; durch Stahl und Eisen **12**, 911.

4) Le Chatelier hat für Kohlensäure und Wasser folgende Formeln über die Abhängigkeit der specifischen Wärme von der Temperatur gegeben:

$$\text{CO}_2: cp = 0,188 + 0,000273t - 0,0000000537t^2$$

$$\text{H}_2\text{O}: cp = 0,420 + 0,000364t.$$

5) Stahl und Eisen **12**, 893.

Für das geeignetste Instrument zur Messung hoher Temperaturen hält Blass das Luftthermometer von Wiborgh, da dasselbe auf Grundlagen beruht, welche nach den Untersuchungen vieler Gelehrten als absolut sicher gelten können; leider ist aber die Construction der einzelnen Instrumente doch nicht immer so genau, dass sie unter einander übereinstimmen.

Als einen sehr brauchbaren Apparat bezeichnet der Verfasser auch das Hartmann-Braun'sche Telephonpyrometer¹⁾. Dasselbe ist jedoch sehr theuer und hat ausserdem den Uebelstand, dass das genaue Abhören des Telephons dort, wo viel Geräusch ist, seine Schwierigkeiten hat.

Sehr handlich ist das Le Chatelier'sche Thermoelement, hat aber den Nachtheil, dass die Empfindlichkeit mit der Zeit nachlässt und die Ablesungen der Scala nicht mehr genau sind, ferner ist das Spiegelgalvanometer gegen Erschütterung sehr empfindlich.

Die Decretel'sche Lunette pyrométrique zeigte keine Uebereinstimmung mit den genannten Instrumenten, welche so ziemlich gleiche Werthe lieferten.

Die Legirungen der deutschen Gold- und Silber-Scheide-Anstalt in Frankfurt gaben mit dem Wiborgh- und Le Chatelier'schen Pyrometer gut stimmende Resultate. Die Erfahrungen bezüglich der ebenfalls gelegentlich benutzten Seeger'schen Schmelzkegel theilt der Verfasser nicht mit.

Ein auf dem Principe der Differentialluftthermometer beruhendes Thermometer beschreibt H. L. Callendar²⁾. Dasselbe besteht aus zwei gleich grossen mit Luft gefüllten Gefässen, welche durch dünne Röhren mit den beiden Enden eines mit Schwefelsäure oder Quecksilber gefüllten Manometers verbunden sind. Das eine Gefäss bringt man in den zu messenden Raum, während man das andere auf einer constanten Temperatur erhält. Temperatur-Schwankungen der Rohrverbindungen theilen sich beiden Gefässen gleichmässig mit und wirken im entgegengesetzten Sinne, also ausgleichend, auf das Manometer. Die Compensation ist in allen Fällen eine selbstthätige, da in beiden Gefässen gleiche Mengen Luft mit gleichem Druck vorhanden sind.

¹⁾ Ein auf dem Princip der Widerstandspyrometer beruhendes Instrument, bei dem die Einstellung des Rheostatencontactes mit Hülfe eines Telephons ausgeführt wird.

²⁾ D. R.-P. No. 62796; Zeitschrift f. angew. Chemie 1892, S. 583.