ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

Maximilian Plotnikow jr.

Über die Methodik der Strahlungsmessung mit dem Thermophotometer.

Zusammenfassung.

Es werden: die Messung der Strahlungsenergie nach einer Methode, die auf der Umwandlung der strahlenden Energie in die molekularkinetische eines Gases basiert, die Bestimmung des Transformationskoeffizienten dieser Umwandlung, sowie einige nach dieser Methode vorgenommenen Messungen beschrieben.

Einleitung.

In früheren Mitteilungen [1]) sind zwei Modelle des Thermophotometers, eines für einfache Messungen und Demonstrationszwecke und das andere für meteorologische Zwecke beschrieben worden. Beide verfolgen den Zweck, basierend auf dem gas-thermometrischen Effekte, die Energie verschiedener Strahlungen im absoluten Masse messen zu können. Die ersten Probeversuche wurden von I. Plotnikow schon im Dezember des Jahres 1922 ausgeführt. Im Jahre 1926 wurde mit der Konstruktion des dritten grossen Modells für präzise Laboratoriummessungen begonnen, dessen endgültige Fertigstellung und Inbetriebsetzung infolge technischer und finanzieller Schwierigkeiten sich stark verzögerte. Erst im Dezember 1930 konnte ich mit der Arbeit mit diesem Apparate beginnen [2]).

---

[1]) I. Plotnikow, ZS. f. technische Physik *5*, 122, 1924; *6*, 528, 1925; *7*, 356, 1926; Modell I ausgestellt im „Deutschen Museum der Meisterwerke" München.
vergl. auch: Photochemische Versuchstechnik, 2. Aufl., 1928, Leipzig;
„ „ Photochemie für Mediziner, Thieme Verlag, 1928, Leipzig;
„ „ VI Congrès international de Photographie à Paris, s. 116, 1925;
Photochemie Katalog, 1928 von der Firma F. Köhler, Leipzig.

[2]) Diese Veröffentlichung stellt einen Auszug aus meiner Dissertation zur Erlangung des Doktorats der techn. Wissenschaften an der Zagreber Universität dar, die am 14. Mai 1933 von der Techn. Fakult. angenommen wurde.

Diese Methode geht von dem folgenden Prinzip aus. In einem Gasraum R (s. Fig. 1), der mit einer Kapillare verbunden ist, befindet sich eine dünne schwarze Fläche P zur Absorption der Strahlung. Die absor-

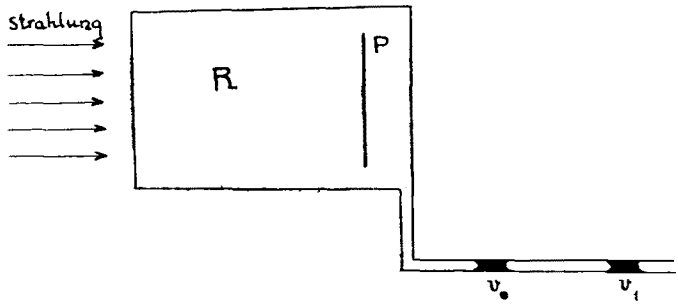

Fig. 1.

bierte Energie wird teilweise in die molekularkinetische Energie des umgebenden Gases, teilweise in Schwingungsenergie und Wärmeenergie der Empfangsplatte selbst umgewandelt. Diese Vergrösserung der kinetischen Energie der Gasmoleküle wird nicht für alle Moleküle gleich sein, deshalb können wir die energetische Beziehung zwischen der absorbierten Energie A und der umgewandelten Form auf folgende Weise schreiben:

$$A = \Sigma \frac{mc^2}{2} + Q + R,$$

wo $\Sigma \frac{mc^2}{2}$ die kinetische Energie der verschieden beschleunigten Moleküle darstellt, R — den reflektierten Teil und Q die Summe aller anderen Umwandlungsmöglichkeiten bezeichnet. Da die Zunahme der kinetischen Energie der Gasmoleküle sich durch die Vergrösserung des Gasdruckes kennzeichnet, so können wir dieselbe auch durch die Volumvergrösserung, die entsteht, falls der Gasraum mit einem beweglichen Verschluss in Form eines Flüssigkeitstropfens versehen ist, messend verfolgen. Aus dem Unterschiede der Volumina v_0 und v_1 vor und nach der Bestrahlung können wir den in die kinetische Energie umgewandelten Teil berechnen und mit der von der Empfangsplatte absorbierten Energie vergleichen, d. h. den Transformationskoeffizienten der Umwandlung der Strahlungsenergie in die molekularkinetische bestimmen. Haben wir eine monochromatische Strahlung von der Frequenz ν, so können wir die absorbierte Energie A auch in Quantenform darstellen, nämlich, gleich $nh\nu$ setzen und diese in Beziehung mit der kinetischen Energie $\Sigma \frac{mc^2}{2}$ der Mole-

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

küle bringen. Es wäre interessant, die Abhängigkeit der maximalen Molekülgeschwindigkeit c von der Frequenz ν festzustellen. Es könnte sein, dass sie hier eine umgekehrte sein wird, als bei dem photoelektrischen Effekte, nämlich, dass die Geschwindigkeit bei kleineren Frequenzen, d. h. bei grösseren Wellenlängen, besonders bei Wärmestrahlen, am stärksten und im Ultraviolett am schwächsten sich ergeben wird.

Wie die Versuche von Kriegsmann, Kircher und Schmitz[1]) gezeigt haben, geben sogar die Röntgenstrahlen noch eine messbare Volumenausdehnung.

Die Thermophotometer, die uns gestatten, die Strahlungsenergie im absoluten Masse zu messen, müsste man eigentlich als „Strahlungsenergometer" bezeichnen. Es ist wahrscheinlich, dass diese Apparate, wenn ihre Empfindlichkeit noch mehr gesteigert werden wird, was vollständig im Bereich der Möglichkeit ist, wie wir weiter unten sehen werden, eine weite Verwendung in der Physik, Medizin, Meteorologie und Photochemie finden werden. Deshalb ist in folgenden Kapiteln in kurzer Form die Beschreibung des letzten Modells 3, sowie die Messmethodik, die Bestimmung des Transformationskoeffizienten und die Resultate einiger Messungen an strahlenden Flächen und Flammen angegeben.

1. Beschreibung des Apparates.

Den Hauptteil des Apparates stellt der Strahlungsempfängerraum dar, dessen Durchschnitt aus der Fig. 2 ersichtlich ist. Der Hohlraum A wird aus einer weissen plastischen Masse „Herolit" geformt. Diese Masse ist ein sehr schlechter Wärmeleiter. Von aussen wird die Oberfläche noch mit Bronzelack bedeckt; diese Masse lässt sich gut mechanisch bearbeiten. An der Rückwand befindet sich ein Konus D, der leicht durch eine Schraube S aus demselben Material fest angeschraubt werden kann. An diesen Konus wird die Strahlungsempfangsplatte P angebracht. In unserem Falle bestand sie aus einer 0,1 mm dicken Platinscheibe von 5 cm Durchmesser, die elektrolytisch mit Platinschwarz bedeckt war.

Der Hohlraum R ist mit einer planparallelen Quarzplatte B von 2 mm Dicke abgeschlossen. Da bei diesem Apparate in erster Linie für die Dichtigkeit gesorgt werden muss, so wird die Quarzplatte an den Kontaktstellen mit heissem Bienenwachs verdichtet, ebenso der Konus D bei der Verschraubungsstelle S. Mittels langer Metallschrauben wird an die Wände des Reservoirs R noch ein Ansatz mit der Irisblende I angebracht

[1]) H. Kircher und W. Schmitz, ZS. f. Physik, *36*, 484, 1926; L. Kriegsmann, ZS. f. Phys., *32*, 542, 1925.

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

und darauf noch der zweite Ansatz C mit einer Abblendungscheibe E, die nach aussen einen Spiegel darstellt und die mit Hilfe einer elastischen Übertragung (wie bei photographischen Apparaten) von der Sitzstelle des Beobachters seitwärts aufgeklappt oder zugeklappt werden kann. Zwei solche Strahlungsempfangsreservoire waren mittels einer Glaskapillare bei K mit einem Dreiweghahn miteinander verbunden, indem die Glaskapillare mit dem Dreiweghahn in einem länglichen Trog aus derselben Masse gut gedichtet und eingebettet war. Die glaskapillare Verbindung war dieselbe wie die schon früher beschriebene[1]). Mittels des Dreiweghahns konnte man die Reservoire entweder mit der Aussenluft direkt verbinden oder abschliessen. Man konnte auch beide gleichzeitig oder einzeln mit einer anderen Kapillare mit dem beweglichen Tropfen, die sich aussen befand, verbinden. Diese äussere Kapillare war auf folgende Weise angebracht. Auf die hervorragenden und an der Oberfläche geschliffenen Enden der inneren Kapillare wurden ebenfalls innerlich geschliffene Konusansätze mit unter rechten Winkel gebogenen kurzen Enden aufgesetzt.

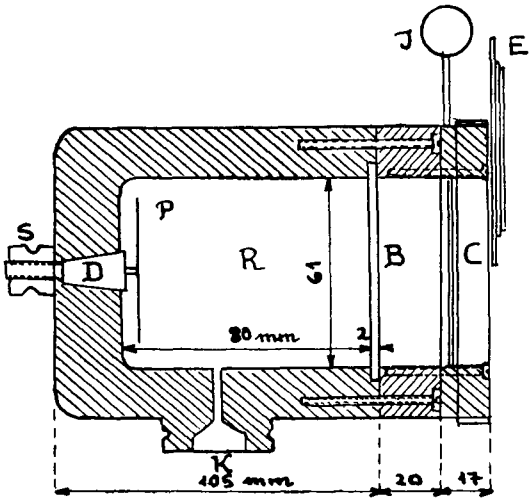

Fig. 2.

Zwischen ihnen wurden mittels Gummiröhrchen Kapillaren von immer derselben Länge und Dicke, aber verschiedenen inneren Durchmessern, nach Möglichkeit dicht an die beiden Enden angebracht. Diese Anordnung gestattete nicht nur eine leichte Auswechslung der Kapillaren, leichte Füllung mit dem Tropfen, sondern auch leichte Variation ihrer Lage, die nicht nur zur Horizontalstellung der Kapillare, sondern auch zur Schrägstellung zwecks Verschiebung des Tropfens an die gewünschte Stelle notwendig war. Unter der Kapillare befand sich zwecks besserer Ablesung eine Milchglasscheibe mit einem kleinen Lämpchen. Oberhalb der Kapillare befand sich zu demselben Zweck eine rechteckige, der Länge nach verschiebbare, starke Lupe auf Kugellager. Der ganzen Länge nach war die Kapillare ausserdem noch mit einer dicken Spiegelglasplatte vom Beobachter geschützt, um etwaige Beeinflussung durch Atmung während

[1]) I. Plotnikow, ZS. f. techn. Phys. 5, 122, 1924; Köhlers Photochemie-Katalog, 1928.

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

der Messung zu vermeiden. Die ganze Apparatur war auf einem Eichenholztisch montiert, wie aus der Fig. 3, die die Gesamtansicht darstellt, zu ersehen ist. Seitwärts war noch ein zweiter Tisch unter einem Winkel angebracht, auf dem sich Ampèremeter, Voltmeter, Pyrometer, Manometer für Dichteprüfung des Apparates, Widerstand und anderes, zur Apparatur und zur Beobachtung notwendiges Zubehör, befand. Die beiden Strahlungsempfangsreservoire konnten in beliebiger Stellung befestigt werden. Bei meinen Untersuchungen war die in der Zeichnung angegebene Stellung eingehalten. An beide Reservoire waren zwei optische Bänke, ebenfalls aus Holz, angepasst und

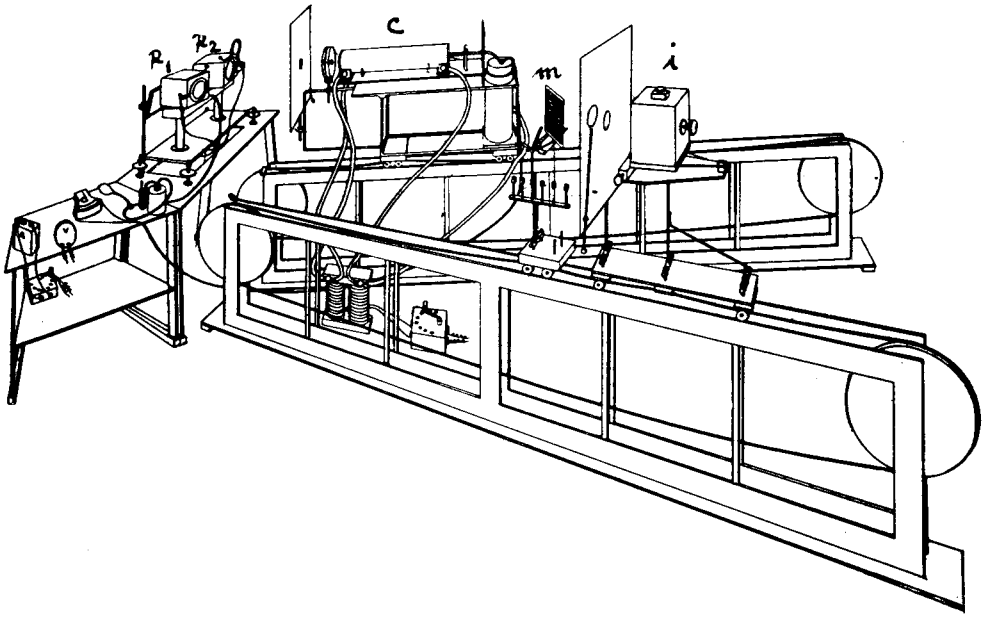

Fig. 3.

Thermophotometer, Modell III, äussere Ansicht. R_1, R_2 = Die Strahlungsempfangsreservoire, c = schwarzer Körper nach Lummer-Kurlbaum, m = Drahtnetzgestell, i = Glühkerze.

an die Diele festgeschraubt. Auf diesen konnten sich Rollplattformen spezieller Konstruktion und verschiedener Grösse bewegen, die unten an eine Metallkette befestigt und mit Hilfe der an beiden Enden der optischen Bank angebrachten, mit feinen Teilungen versehenen Holzkreise längs der Bank verschoben werden konnten. Die Verschiebung konnte messbar verfolgt werden. Auf diesen Rollplattformen, die sich als sehr praktisch erwiesen haben, konnte man allerlei Vorrichtungen aufstellen. In der Fig. 3 sind als Illustration nur: der „schwarze Körper" „C" (nach Lummer-Kurlbaum von Heraeus-Hanau) samt Dewargefäss und Abblendeschirmen, die „Glühkerze" „i" mit dem Schirm und

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

das Metalldrahtnetzgestell „*m*", von denen weiter unten die Rede sein wird, abgebildet.

Dieser Apparat war teilweise von der Firma F. Köhler Leipzig, teilweise in der Werkstatt unseres Institutes vom Institutsmechaniker A. Fumić verfertigt.

2. Die Versuchsmethode.

a) Allgemeines.

Die Messung der strahlenden Energie mit diesem Apparate hat sich überraschenderweise als sehr einfach erwiesen. Nachdem die Kapillare mit dem Tropfen eingestellt war, öffnete man mit einer Handbewegung die beiden Abblendescheiben vor den Strahlungsempfängern. Der Tropfen beginnt sofort in der Richtung vom bestrahlten zum unbestrahlten Reservoir zu gleiten, man setzt die Stoppuhr (1/10 Sek. Einstellungsgenauigkeit) in dem Moment, wo der Tropfen den ersten Strich auf der Kapillare passiert, in Bewegung und hält sie wieder auf, wenn er den zweiten Strich etwa in der Entfernung von 5—80 mm, je nach der Geschwindigkeit, passiert. Dann wieder eine Handbewegung, die Abblendescheiben verdecken die Empfänger und der Versuch ist beendet. Alle diese Manipulationen erfordern höchstens 2 Minuten. Vor dem Versuch werden die beiden Reservoire durch den Dreiweghahn miteinander direkt verbunden; nachdem ein Ausgleich des Drucks durch die Stellung des Hahnes stattgefunden hat, verbindet man sie mit der den Tropfen enthaltenden Kapillare. Nach der Beendigung des Versuches werden sie wieder miteinander direkt verbunden und man wartet einige Zeit, etwa 5 Minuten, ab, bis sich wieder alles ausgeglichen hat, dann beginnt man die Messung von Neuem. Hat man eine Serie von Messungen gemacht, so ist es ratsam, die Empfänger bei offenen Abblendescheiben ausruhen, d. h. sie ausstrahlen zu lassen, wobei die Strahlungsquelle abgeblendet gehalten wird. Für relative Messungen genügt es, das Verhältnis der Geschwindigkeiten des Tropfens von dem zu untersuchenden Objektes in Bezug auf irgend eine Quelle, die willkürlich als Vergleichseinheit gewählt ist, zu bestimmen. Für absolute Messungen muss man die Kapillare eichen. Zuerst musste man den Einfluss des Durchmessers der Kapillare auf die Geschwindigkeit feststellen. Zu diesem Zweck wurde eine Serie von Kapillaren mit den Durchmessern 1,94, 1,69, 1,56, 1,25, 1,09, 0,84, 0,63, 0,42, 0,24 mm genommen. Der Durchmesser wurde auf die übliche Weise mittels Abwägung der Quecksilbersäule von bestimmter Länge bestimmt. Als beste Flüssigkeit für den Tropfen hat sich der Petroläther erwiesen. Damit der Tropfen gut sichtbar ist, wurden dem Petroläther geringe Mengen Sudanschwarz, der den Tropfen dunkelbraun färbt, ohne irgendwie nachteilig auf die Bewegung

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

zu wirken, hinzugefügt. Es hat sich erwiesen, dass man die Tropfenlänge von 4 bis 15 mm ändern kann, ohne dass die Geschwindigkeit sich merklich ändert. Dieser Befund ist von Wichtigkeit, weil er die Arbeit sehr erleichtert. Den Einfluss des Kapillardurchmessers ersieht man am besten aus der Tabelle 1 und der Fig. 4. Die Volumänderung pro Sekunde

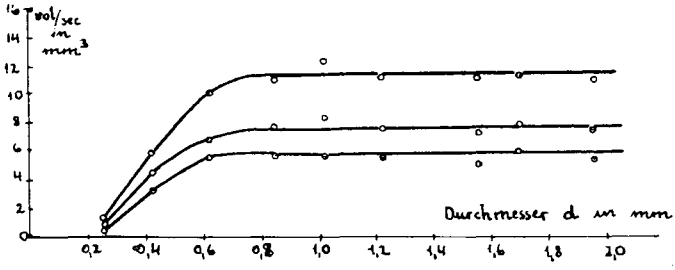

Fig. 4.

bleibt bei der Verkleinerung des Durchmessers konstant bis zu dem Durchmesser von 0,8 mm, von wo an die Volumänderung pro Sekunde schnell abnimmt und asymptotisch einem Grenzwerte zustrebt. Bei den Messungen wurde ausschliesslich mit dem Durchmesser 0,84 mm gearbeitet. Die lineare Geschwindigkeit des Tropfens ändert sich dagegen stark mit dem Durchmesser der Kapillare und dient zur Charakteristik der Empfindlichkeit des Apparates.

Tabelle I.

Änderung der Empfindlichkeit in Abhängigkeit vom Kapillardurchmesser.

Durchmesser *d*	Volum/sec.		
	I	II	III
1,94	11,3	7,6	5,6
1,69	11,4	8,0	6,1
1,56	11,2	7,2	4,9
1,25	11,2	7,6	5,6
1,09	12,6	8,6	5,8
0,84	11,3	7,9	5,7
0,63	10,1	6,6	5,0
0,42	5,8	4,5	3,4
0,24	1,3	1,0	0,8

I, II, III bedeuten 3 Serien von Messungen bei verschiedener Intensität der Strahlung.

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

Weiter hängt die Geschwindigkeit des Tropfens davon ab, ob bei der Messung der Empfänger, der die Strahlung empfängt, mit dem anderen Reservoir oder mit der Aussenluft verbunden ist. Im letzten Fall ist die Geschwindigkeit des Tropfens zweimal so gross. Da aber diese Anordnung zugleich auch ein sehr empfindliches Barometer darstellt, so wird der Tropfen immer hin und her schwanken, falls das Wetter unruhig ist, was bei uns fast immer der Fall war. Deshalb wurde eine andere Methode angewandt, nämlich, der Strahlungsempfänger war anstatt mit der Aussenluft, mit einer grossen Flasche von 10 Liter Inhalt, die in einer Holzkiste mit Holzspänen eingebettet und von aussen noch mit Aluminiumbronze bestrichen war, verbunden, so dass die kleinen Temperaturschwankungen des Zimmers keinen Einfluss hatten. Hier war die Geschwindigkeit, wie durch zahlreiche Messungen festgestellt wurde, zwar nicht zweimal, sondern 1,81 mal grösser, also immerhin fast um 80 % höher, was für viele Fälle, wo es sich um schwache Wirkungen handelte, von Belang war. Alle Messwerte wurden immer so korrigiert, als ob das Reservoir mit der Aussenluft verbunden wäre. Gewöhnlich wurden 4—5 Messungen ausgeführt und davon der Mittelwert genommen. Irgend welche schädliche Induktion- oder Nachwirkungserscheinungen bei Tropfenbewegungen sind nicht beobachtet worden. Zur Illustration sei hier in der Tabelle II eine Messreihe angeführt:

Tabelle II.

Einzelne Messungen der Laufzeit des Tropfens in Sek.	Mittelwert	Geschwindigkeit des Tropfens in mm/sec
4,0 , 4,0 , 4,1 , 4,0	4,0	13,5

Diese Versuche sind mit dem „schwarzen Körper" bei der Tropfenweglänge von 54 mm ausgeführt.

Die anfangs geplante Messmethode mit der Beleuchtung der beiden Reservoire mit verschiedenen Lichtquellen und Ausbalanzierung der Intensitäten durch die Veränderung der Entfernung einer Lichtquelle nach dem Photometerprinzip hat sich als ungeeignet erwiesen. Es war schwer, den Tropfen zum ruhigen Stehen zu bringen und ein langes Belichten machte die Messung unsicher. Deshalb wurde diese Methode ganz fallen gelassen und nur nach der oben beschriebenen gearbeitet.

b) Lichtabschwächung durch Drahtnetze.

Das Problem der Lichtabschwächung spielt bei allen Strahlungsforschungen eine grosse Rolle. Bekanntlich ist die Methode der quantitativen Lichtabschwächung mit Hilfe feiner metallischer Drahtnetze die

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

beste, weil sie einfach, handlich und unabhänglich von der Wellenlänge ist (die bisherigen Messungen[1]) erstreckten sich auf das sichtbare und ultraviolette Gebiet). Deshalb wurde sie in den beschriebenen Untersuchungen angewandt. Zu diesem Zwecke wurde in unserem Institute ein spezielles Gestell *m* (s. Fig. 3) für die Drahtnetze, die in einem viereckigen Rahmen aufgespannt und um die Axe drehbar waren, konstruiert. Dieses Gestell mit ablesbarer Winkeleinstellung konnte ebenfalls auf einer Rollplattform befestigt werden, ausserdem befanden sich auf diesem Gestell noch eine Reihe von Winkelfassungen, in denen man Glas-, Quarz-, Lichtfilter- und andere durchsichtige Scheiben oder andere Netze aufstellen konnte. Ich hatte eine Serie von Drahtnetzen mit verschiedenen Maschengrössen zur Verfügung, die die auffallende Strahlung verschieden stark abschwächten. Die feinere Regulierung konnte durch die Variierung der Neigung der Drahtnetzfläche zum auffallenden Strahl stattfinden. In der Tabelle III sind die Resultate der Messungen bei verschiedenen Neigungswinkeln angegeben.

Tabelle III.

Bezeichnung der Drahtnetze	Zahl der Maschen auf 1 cm²	Drahtdicke in mm	0°		30°		40°		50°		60°	
			D	*i*	*D*	*i*	*D*	*i*	*D*	*i*	*D*	*i*
I	64	0,29	51,4	0,67	47,4	0,75	42,0	0,87	38,3	0,96	32,8	1,11
II	144	0,16	56,0	0,58	51,8	0,66	46,8	0,76	42,8	0,85	36,4	1,01
III	196	0,15	51,7	0,66	46,4	0,77	42,7	0,85	38,3	0,96	30,1	1,20
IV	360	0,11	49,2	0,71	43,9	0,83	38,4	0,96	31,4	1,16	23,4	1,43
V	740	0,08	46,0	0,78	41,6	0,88	36,6	1,00	32,8	1,12	25,0	1,39
VI	529	0,13	31,0	1,17	—	—	—	—	—	—	—	—

D ist die Durchlässigkeit in %, *i* die Lambertsche Abschwächungskonstante.

Es wird beabsichtigt, die quantitative Beziehung zwischen Maschengrössen, Winkelstellung und der Lichtabschwächung zu bestimmen. Ausserdem wurden Messungen mit zwei hintereinander gestellten gleichen und verschiedenen Drahtnetzen ausgeführt. Diese Messungen ergaben eine volle Übereinstimmung mit dem Lambertschen Exponentialgesetze:

$$\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 \, e^{-i_1 - i_2}$$

[1]) Literatur darüber s. I. Plotnikow, Abderhald. Handb., Heft 323, S. 1817, 1930.

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

wo i_1 und i_2 die Lambertschen Abschwächungskonstanten bedeuten. Diese Messungen wurden an einer Serie von Drahtnetzen mit den Wärmestrahlen ausgeführt. Zur Kontrolle wurden in unserem Institute von Herrn Ing. Sivek die Abschwächungskonstanten der Drahtnetze mit dem Spektralphotometer von König-Martens-Grünbaum für das Licht der grünen Linie 546 mμ bestimmt und eine vollständige Übereinstimmung, bei 10 verschiedenen Drahtnetzsorten, mit meinen Messungen gefunden. Dies ist noch ein Beweis dafür, dass die Abschwächung des Lichtes auch für Wärmestrahlen dieselbe ist, wie für sichtbares und ultraviolettes Licht. Deshalb kann diese Methode als eine universelle betrachtet werden. Ausserdem wurden die Drahtnetze blank und mattgeschwärzt gemessen und dabei kein merklicher Unterschied gefunden, ebenso konnte bei Wärmestrahlen keine Moiréewirkung, die bekanntlich bei Messungen mit dem Auge sehr störend wirkt, konstatiert werden.

c) Glühkerze.

Da ein ständiges Arbeiten mit dem schwarzen Körper einen zu grossen Stromverbrauch erfordert, und für relative Messungen auch nicht notwendig ist, so wurde eine Hilfsquelle in Form einer sog. „Glühkerze" konstruiert (s. Fig. 3 „i"). Diese bestand aus einem innerlich chromierten paraboloidischen metallischen Spiegel, in dessen Brennpunkt sich ein durchsichtiges Quarzröhrchen befand. Dasselbe konnte mikrometrisch verschoben werden. Im Röhrchen befand sich eine Metallspirale von 0,5 cm Durchmesser, 2,5 cm Länge, und von 0,35 mm Drahtdicke, wobei die Windungen dicht aneinander gewickelt waren. Das Quarzröhrchen hatte dementsprechend einen Durchmesser von 1 cm und eine Länge von 6 cm. Die Spirale wurde von einem speziellen kleinen Umformer von 0,5 kW gespeist, wobei für die Heizung ein Strom von 1,5 Ampère und 16 Volt Klemmenspannung, d. h. 24 Watt angewandt wurde. Der Strom war sehr konstant. Mit Hilfe eines Präzisionsampèremeters, der eine Ablesung von 0,01 Ampère gestattete, und eines regulierbaren Präzisionswiderstands konnte der Strom fein reguliert werden. Von Zeit zu Zeit wurde mittels eines Tasters das Voltmeter eingeschaltet. Der Spiegel mit dem entsprechenden Schutzgehäuse konnte ebenfalls auf einer Rollplattform angebracht werden. Die Schwierigkeit der Konstruktion lag in der Auffindung des passenden Materials für die Spirale. Es wurden alle möglichen Metalldrähte, wie: Molybdän, Wolfram, Platin, Platin-Iridium (20%) usw. in dieser Hinsicht geprüft, aber als untauglich gefunden, weil sie entweder zu starke Zerstäubung oder eine Abschwächung der Elastizität ergaben. Am besten hat sich der Chrom-Nickel-Eisen-Draht von Heraeus (Hanau), Marke E, bewährt. Wenn man die Spirale aus diesem Draht

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

anfangs bei etwa 3 Ampère einige Zeit lang glüht und dann bei 1,5 Ampère zu Messungen verwendet, so ergibt sie weder eine Zerstäuburg, noch eine Abschwächung der Elastizität, d. h. eine Veränderung der Form der Spirale. Dementsprechend konnte auch keine Abschwächung der Strahlungsintensität mit der Zeit konstatiert werden. Das Quarzröhrchen war zwar von beiden Seiten verschlossen, aber nicht luftdicht. Die Glühkerze in dieser Form leistete gute Dienste. Man kann sie aber weiter vervollkommen, indem man die Spirale in das Röhrchen einschmilzt; ob im Vakuum oder in irgendeiner Gasatmosphäre, wie z. B. Stickstoff, muss ausprobiert werden. Solche Glühkerzen könnten von den Fabriken geeicht in Verkauf gebracht werden und so als praktische „Strahlungs-Normale" dienen.

3. Bestimmung des Transformationskoeffizienten und der Apparaturkonstante.

Um den Transformationskoeffizienten der Umwandlung der strahlenden Energie in die molekularkinetische bestimmen zu können, muss man zuerst die Strahlungsverluste, die beim Durchgang der Strahlen durch die Quarzplatte, sei es infolge der Reflexion oder Absorption entstehen, messen. Dies geschah in der Weise, dass man auf dem Gestell für die Drahtnetze, den Rahmen mit dem Drahtnetz entfernte und in die Winkelhalter Quarzplatten einstellte. Man misst dann die Strahlungswirkung von verschiedenen Quellen wie schwarzer Körper, Hefnerkerze, Glühkerze, Bunsenbrenner, ohne und mit einer bzw. mit zwei hintereinander gestellten Quarzplatten von 2 mm Dicke. Aus dem Verhältnis der Geschwindigkeiten des Tropfens ergibt sich dann die Durchlässigkeit bzw. die Absorption samt Reflexion der Quarzplatte. In der Tabelle IV sind die Resultate der Messungen wiedergegeben, aus denen klar hervorgeht, dass diese Abschwächung sehr gross ist (sie kann bis etwa 30 % reichen), und dass sie auch variabel ist. Beides kommt davon, dass Quarz im Gebiete der Wärmestrahlen einige Absorptionsstreifen besitzt, wodurch die Durchlässigkeit bei verschiedener spektralen Zusammensetzung der Strahlung verschieden sein muss. Und da die verschiedenen Quellen oder dieselbe Quelle, wie z. B. der schwarze Körper bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Zusammensetzung der Strahlung besitzen, so muss daraus die durch die Messungen erhaltene verschiedene Durchlässigkeit resultieren.

Die Energie, die vom schwarzen Körper in normaler Richtung auf die Fläche des Empfängers fällt, wird nach der Formel:

$$E_n = \frac{\sigma}{\pi} \frac{F_1 F_2}{r^2} (T^4 - T_0^4)$$

berechnet, wo σ die Stefansche Konstante, $\sigma = 1{,}38 . 10^{-12}$ gr. cal/sec, F_1 und F_2 die strahlende und die Empfangsfläche bedeuten. Im unseren

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

Tabelle IV.

Durchlässigkeit der Quarzplatte für Strahlungen verschiedener Quellen.

Strahlungsquelle	D
Hefnerkerze	81,0
„Schwarzer Körper" 830° C	78,6
„ „ 930° C	80,5
„ „ 1010° C	84,2
„ „ 1150° C	85,0
Bunsenflamme	61,6
Glühkerze	76,6

D ist die Durchlässigkeit in %.

Falle ist $F_1 = 1{,}38$ cm² und $F_2 = 19{,}6$ cm², r ist gleich 50 cm. Die Messungen wurden bei Temperaturen: 1103°, 1203°, 1283° und 1403° abs. ausgeführt. Da gegenüber diesen Temperaturen der Wert von T_0^4 (der Zimmertemperatur) sehr klein ausfällt, so konnte er vernachlässigt werden. Aus diesem Grunde wird unsere Formel folgende Gestalt annehmen:

$$E_n = \frac{1{,}38 \cdot 10^{-12} \cdot 1{,}38 \cdot 19{,}6}{3{,}14 \cdot 50^2} T^4 = 4{,}75 \cdot 10^{-15} \cdot T^4 \frac{\text{g. cal}}{\text{sec}}.$$

Die nach dieser Formel berechnete Energien müssen noch auf die Abschwächung durch die Quarzplatte laut Tabelle IV korrigiert werden. Es sei

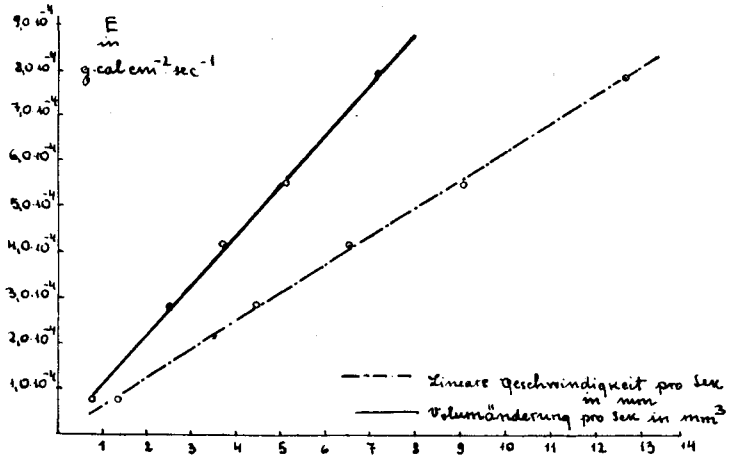

Fig. 5.

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

noch bemerkt, dass die Temperatur des schwarzen Körpers mittels eines Thermoelements und eines Milivoltmeters, das vorher noch geeicht wurde, bestimmt wurde. Ausserdem wurden noch Messungen mit der Hefnerkerze ausgeführt, deren energetischer Wert nach Gerlach[1]) gleich $22{,}6 . 10^{-6}$ gr. cal/cm² sec bei 1 m Entfernung genommen wurde. Die auf die Empfangsplatte auffallende Energie wurde auf 1 cm² berechnet. Die Resultate der Messungen (Mittelwerte aus 4 einzelnen Messungen) sind in der Tabelle V und in dem Diagramm Fig. 5 wiedergegeben.

Tabelle V.

Strahlungsquelle	E in g. cal/cm². sec	Lineare Geschwindigkeit des Tropfens in mm/sec	Volumänderung mm³/sec
Hefnerkerze aus 50 cm Entfern. .	$0{,}74 . 10^{-4}$	1,40	0,78
„Schwarzer Körper" 1103^0 abs. . .	$2{,}82 . 10^{-4}$	4,38	2,45
„ „ 1203^0 abs. . .	$4{,}10 . 10^{-4}$	6,52	3,65
„ „ 1283^0 abs. . .	$5{,}56 . 10^{-4}$	9,04	5,06
„ „ 1403^0 abs. . .	$7{,}96 . 10^{-4}$	12,66	7,09

Die Geschwindigkeit des Tropfens wurde einmal nach der linearen Änderung, das andere Mal nach der Volumänderung bestimmt. Bei diesen Messungen wurde die Kapillare mit dem Durchmesser 0,84 mm verwendet. Die Apparaturkonstante lässt sich daraus gleich: $C'_a = 0{,}628 . 10^{-4}$ (nach der linearen) und $C_a = 1{,}12 . 10^{-4}$ gr. cal/cm² sec (nach der Volumänderung) berechnen. Ist einmal der Apparat auf diese Weise geeicht, so kann man die Strahlung beliebiger Quelle im absoluten Masse bestimmen. Die lineare Apparaturkonstante wird sich mit dem Durchmesser der Kapillare ändern, die Volumkonstante dagegen nicht.

Die Energie eines Grammols des Gases ist bekanntlich gleich:

$$E = pv = RT,$$

wo $v = 22400\,\text{cm}^3 = 22{,}4 . 10^6$ mm³, $R = 1{,}98$ g. cal. ist Daraus folgt, dass die Energie eines Kubikmillimeters des Gases bei der Zimmertemperatur von 295^0 abs. gleich

$$E = \frac{1{,}98 . 295}{22{,}4 . 10^6} = 2{,}16 . 10^{-5} \text{ g. cal}$$

ist.

[1]) Gerlach: Phys. ZS., *14*, 577, 1913.

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

Bei der letzten Messungsreihe mit dem schwarzen Körper für die Temperatur 1403° abs. hat sich die Volumänderung pro 1 Sek. gleich 7,09 mm³ ergeben. Die entsprechende Energie würde dann gleich $1{,}53 \cdot 10^{-4}$ g. cal/cm² sec sein; die auffallende Strahlungsenergie auf die ganze Empfangsfläche wurde gleich $1{,}56 \cdot 10^{-2}$ g. cal/cm² sec gefunden. Daraus berechnet sich der Transformationskoeffizient der Umwandlung der strahlenden Energie in die molekularkinetische bei der angewandten Platinscheibe in unserem Apparate zu:

$$\eta = \frac{1{,}53 \cdot 10^{-4}}{1{,}56 \cdot 10^{-2}} = \text{ca. } 0{,}01,$$

d. h. etwa 1 %.

Wenn man berücksichtigt, dass noch vor kurzem der Transformationskoeffizient der Photozellen gleich 0,1 — 0,01 % gefunden wurde, so ist unser Befund bei der ersten Messung als sehr günstig zu betrachten.

4. Bestimmung der Strahlung bei Bunsenbrennern von verschiedenen Typen.

Die Bestimmung der Strahlung bei brennenden Gasen ist von grosser technischer Bedeutung (s. die Literatur[1])). Es handelt sich dabei um Reaktionsstrahlung, also um Chemilumineszenz im langwelligen Gebiete des Spektrums. Durch die bei der Reaktion frei gewordene Energie, werden einerseits die Moleküle der sich bildenden Produkte und anderseits die noch nicht vollständig verwandelten Reaktionskomponenten in stärkere Schwingungen aller Art gebracht; aus diesem Grunde können sie einen Teil der von ihnen aufgenommenen Energie in Form von Strahlung aussenden. Da man diese Strahlung messen kann, so konnte man auch die Energie dieser Strahlung in Beziehung zu der gesamten, während der Reaktion frei gewordenen Energie, d. h. zu der Reaktionswärme bringen, mit anderen Worten den Transformationskoeffizienten bei der Umwandlung der chemischen Reaktionsenergie in die Strahlungsenergie bestimmen. Es wurden Messungen mit Meker-, Teclu-, Bunsenbrenner zweier Typen und Gebläse ausgeführt. Die Mitte der Flamme befand sich mit der Mitte der Empfangsscheibe auf einer horizontalen Linie. Die Resultate dieser Versuche sind in der Tabelle VI wiedergegeben. Die Menge des pro Zeiteinheit durchströmenden Gases wurde mit der Gasuhr gemessen. Der kalorische Verbrennungswert (unterer nichtreduzierter Heizwert) wurde gleich 3,792 g. cal/cm³ genommen; derselbe wurde in dem technologischen Institute von Prof. Hanaman von Herrn Ing. Žerdik für unser Gas bestimmt.

[1]) A. Schack, ZS. techn. Physik, 5, 267, 1924; 6, 530, 1925; 7, 556, 1926; E Schmidt, Fortschr. auf d. Geb. d. Ingenieurwes. 3, 57, 1932.

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

Tabelle VI.

Brenner	Die Menge des Gases in cm^3, welcher in 1 sec verbrennt	Entfernung der Flamme von der Empfangsplatte in cm	Flamme	Strahlungsenergie der Flamme in der gegebenen Entfernung in g.cal cm^{-2} sec^{-1}
Bunsen a	42	50	nichtleucht.	$4{,}5 . 10^{-4}$
			leucht.	$5{,}3 . 10^{-4}$
		100	nichtleucht.	$0{,}6 . 10^{-4}$
			leucht.	$0{,}6 . 10^{-4}$
Bunsen b	61	50	nichtleucht.	$6{,}6 . 10^{-4}$
			leucht.	$6{,}9 . 10^{-4}$
		100	nichtleucht.	$1{,}1 . 10^{-4}$
			leucht.	$1{,}3 . 10^{-4}$
Teclu	125	50	nichtleucht.	$13{,}9 . 10^{-4}$
			leucht.	$15{,}0 . 10^{-4}$
		100	nichtleucht.	$2{,}6 . 10^{-4}$
			leucht.	$2{,}9 . 10^{-4}$
Meker	61	50	nichtleucht.	$6{,}0 . 10^{-4}$
			leucht.	$6{,}9 . 10^{-4}$
		100	nichtleucht.	$1{,}1 . 10^{-4}$
			leucht.	$1{,}3 . 10^{-4}$
Gebläse	200	50	nichtleucht.	$4{,}2 . 10^{-4}$
			leucht.	$18{,}2 . 10^{-4}$
		100	nichtleucht.	$1{,}3 . 10^{-4}$
			leucht.	$7{,}3 . 10^{-4}$

Bei der Berechnung des Transformationskoeffizienten wurde folgenderweise verfahren. Die Messungen ergaben die Strahlung, die von einem Brenner in bestimmter Entfernung auf ein cm^2 fällt. Nehmen wir die Entfernung $r = 100$ cm. Wenn wir die Grösse der Strahlung, die auf ein cm^2 pro Sek. in Entfernung von 100 cm von unserem Brenner fällt und die wir messend erhalten haben, mit $4 \pi r^2$ multiplizieren, so erhalten wir den gewünschten Wert; wenn wir weiter diesen Wert durch die pro Sek. freiwerdende Reaktionswärme dividieren, so bekommen wir den Transformationskoeffizienten. Die Resultate dieser Berechnungen sind in der Tabelle VII wiedergegeben. Interessant war es, eine ähnliche Berechnung für die Hefnerkerze auszuführen. Isoamylazetat besitzt die Reaktionswärme 7327 g.cal. In einer Sekunde wird $2{,}5 . 10^{-2}$ g Isoamyl-

azetat in der Hefnerkerze verbraucht, was 18,3 g. cal entspricht. Die Strahlungsenergie der Hefnerkerze in Entfernung von 50 cm auf 1 cm^2 in einer Sekunde ist gleich $0{,}9 . 10^{-4}$ g. cal. Daraus folgt, dass die Gesamtstrahlung, konzentriert in einem Punkt, gleich $4 r^2 \pi \, 0{,}9 . 10^{-3} = 2{,}8$ g. cal ist. Gegenüber der Reaktionswärme macht das 15,3 % aus. Wie zu ersehen ist, besitzt die Hefnerkerze einen grösseren Transformationskoeffizienten als der Bunsenbrenner. Es ist klar, dass die Berechnungsweise aller dieser Koeffizienten infolge der verschiedenen Formen der Flamme keine präzise ist, aber für die erste Orientierung ist sie genügend.

Tabelle VII.

Brenner	Die Menge des Gases in cm^3, der in 1 sec verbrennt	Der Heizwert des verbrannten Gases in g. cal	Strahlung der Flamme aus 100 cm Entfernung in g. cal cm^{-2} sec^{-1}	Die Gesamtstrahlung der Flamme in g. cal sec^{-1}	Strahlungnutzkoeffizient nicht leucht.
Bunsen (a)	42	159	$0{,}6 . 10^{-4}$	7,5	4,7 %
Bunsen (b)	61	231	$1{,}1 . 10^{-4}$	13,8	6,0 %
Teclu . . .	125	474	$2{,}6 . 10^{-4}$	32,7	6,9 %
Meker . .	61	231	$1{,}1 . 10^{-4}$	13,8	6,0 %
Gebläse . .	200	758	$1{,}3 . 10^{-4}$	16,3	2,2 %

Da aus diesen Versuchen klar hervorgeht, dass die Wärme- und Ultrarotstrahlung ziemlich intensiv bei den Bunsenbrennern auftritt, so lag es nahe, dieselbe mit den ultrarotempfindlichen Platten zu photographieren und mit Aufnahmen, die mit den einfachen Platten gemacht worden sind, zu vergleichen. Solche Aufnahmen wurden von mir ausgeführt und haben charakteristische Unterschiede ergeben [1]).

5. Strahlungsfähigkeit verschiedener erhitzter Flächen.

Es war von Interesse, die Strahlungsfähigkeit verschiedener, rein metallischer, gefärbter und erhitzter Flächen zu bestimmen, um sich zu vergewissern, dass diese Methode auch für die Erforschung rein technischer Fragen brauchbar ist. Zu diesem Zwecke wurden flache elektrische

[1]) M. Plotnikow, Photogr. Korresp. 69. 49, 1933.

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

Heizkörper aus einer Masse, die hohe Temperaturen gut aushält, in unserem Institute verfertigt. Dieser Heizkörper hatte die Dimensionen: 12×12 cm Vorderfläche, 1 cm Dicke, und befand sich, vorn mit einer Glimmerplatte bedeckt, in einem Metallrahmen. Der Heizkörper war direkt an das Leitungsnetz von 110 Volt Wechselstrom angeschlossen und wurde samt einem speziell konstruierten Gestell mit Schirmplatte und Abblendevorrichtung auf einer Rollplattform montiert. Dicht an die Glimmerplatte wurden dann verschiedene Metallscheiben mit verschiedenen Anstrichen eingeschoben und auf ihre Strahlungsfähigkeit geprüft. An der Oberfläche dieser Platten herrschte eine Temp. von ca. 150° *C*. Die Resultate der Messungen sind in der Tabelle VIII wiedergegeben; die Messungen sind rein relativ. Manche Befunde sind hier nicht nur von theoretischem, sondern auch von praktischem Interesse.

Tabelle VIII.

Überzug	Unterlage	Relativer Wert
Russ	Eisenblech	100
Weisser Lack	,,	100
Gelber Lack	,,	100
Grüner Lack	,,	100
Alumin. Lack	,,	53
Minium	,,	87
Kaolin	,,	100
Gips	,,	85
Kalk	,,	100
Zement	,,	100
Polierte Metall-Flächen	Silber	12
,,	Messing	16
,,	Aluminium	19
,,	Chromierte Platte	20
,,	Nickel	25
,,	Blei	33

6. Strahlungsaufnahmefähigkeit verschiedener Materialien.

Wie gesagt, wurde bei unseren Messungen die platinierte Platinscheibe vom 0,1 mm Dicke als Strahlungsempfänger verwendet. Nachdem die Methode sich als gut bewährt hatte, war der selbstverständliche Wunsch entstanden, dieselbe nach allen Richtungen hin zu verbessern und in erster Linie ihre Empfindlichkeit zu vergrössern. Hier kommen

zwei Wege in erster Linie in Betracht. Erstens muss man die Dicke der Platinscheibe möglichst klein nehmen, um die Abnahme der Wärme durch den Träger der Absorptionschicht auf ein Minimum zu reduzieren. Heutzutage kann man Metallfolien bis zu 2 mμ Dicke herstellen [1]), somit ist die technische Möglichkeit, auf diese Weise eine Verbesserung zu erreichen, gegeben. Es wird auch geplant, in dieser Richtung die Arbeit fortzusetzen. Der zweite Weg ist: andere Materialien als Empfangskörper zu prüfen, um zu sehen, ob sich vielleicht nicht andere Körper besser als Platin-Platinschwarz Kombination erweisen werden. Zu diesem Zwecke wurde eine Reihe rein orientierender Versuche mit dem Thermophotometer Modell I ausgeführt, weil diese Konstruktion die Auswechslung verschiedener Empfangsscheiben viel leichter gestattete. In den Tabellen IX u. X sind die Resultate der Messungen angegeben.

Tabelle IX.

Strahlungsquelle — Glühkerze.

Unterlage	*D*	*G*	*S*	*W. K.*	Relative Werte für berusste Platten	Relative Werte für nicht-berusste Platten
Messing	0,25	4,0	0,092	0,37	38,5	8,5
,, ...	1,05	17,0	0,092	1,56	16,3	—
Kupfer	0,50	8,3	0,093	0,77	29,0	—
Aluminium	0,53	2,6	0,214	0,56	28,5	8
Blei	1,00	22,3	0,031	0,64	29,5	17,1
Platin	0,10	4,1	0,032	0,13	100	28,5
Eisen	0,51	7,2	0,110	0,77	28,0	17,1
Glimmer	0,25	1,5	0,208	0,31	50,7	15,5
Gepresste Kohle . .	0,50	1,4	0,16	0,23	58,0	49,2
Karton	1,2	2,2	—	—	33,9	19,9
Papier I	0,05	0,063	—	—	277,1	82,6
Papier II	0,045	0,068	—	—	318,7	95,0
Schwarze Seide . .	—	—	—	—	303,5	220,1
Watte	—	—	—	—	434,5	46,6

D — Dicke der Empfangsplatte in mm;
G — Gewicht der Empfangsplatte in g;
S — Spezifische Wärme des Materials der Platte;
W. K. — Wärmekapazität (Wärmeaufnahme) der Platte;

[1]) Schultze, Phys. ZS. *34*, 25, 1933.

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

Tabelle X.

Strahlungsquelle: Osram-Vita-Lux-Lampe. Unterlage: Papier II.
M — Filter von konz. Mohr-Salz-Lösung, die nur das sichtbare Licht von 800 bis 400 mμ durchliess, *K* — Filter von Kupfersulfat-Lösung.

Überzug	Ohne Filter	*M*	*K*
Russ	100	5,5	1,8
Ferrirodanid . .	30,3	5,3	1,2
Tinte	58,2	5,5	1,6
Berliner Blau . .	44,6	3,3	0,6
Merkurijodid . .	16,8	1,9	1,7
Nigrosin	47,4	*	1,8

* Messung ausgefallen.

Die Messungen ergaben das interessante Resultat, dass Papier, Watte und Seide einen stärkeren Effekt geben, als Platin. Somit ist ein neuer Weg zur Verstärkung der Empfindlichkeit gegeben, der ebenfalls einer systematischen und gründlichen Untersuchung unterworfen sein wird. Auch das Verhalten verschiedener anderer Substanzen, wie der Seide, mancher Salze und Farbstoffe unter verschiedenen Filtern zeigt manche interessante Eigentümlichkeiten, die einer speziellen Untersuchung wert sind.

7. Besprechung der Versuchsergebnisse.

Die hier beschriebene Methode der Messung der strahlenden Energie mit Hilfe des Thermophotometers, die auf der Transformation der strahlenden Energie in die molekularkinetische eines Gases unter Vermittlung einer Absorptionsschicht beruht, hat sich in jeder Hinsicht als äusserst einfach, handlich und praktisch und aus diesem Grunde einer weiteren Vervollkommnung wert erwiesen.

Wie bei allen anderen Wechselwirkungen der strahlenden Energie mit der Materie, wie z. B. bei photoelektrischen, photochemischen und Fluoreszenzerscheinungen, so muss auch bei unserem photomolekularkinetischen Effekte, damit er stattfinden kann, eine Absorption der Strahlung durch die Materie vorangehen. Je vollständiger die Absorption ist, je leichter die Übertragung der absorbierten Energie an die umgebenden Gasmoleküle stattfindet, umso stärker muss der Effekt sein. Eine ideale absorbierende Schicht wäre ein schwarzes Gas; da wir ein solches nicht besitzen, so müssen wir amorphe schwarze Körper in feiner Verteilung nehmen; da wir auch diese in einem Gasraum nicht dauernd suspendieren können, so müssen wir diese auf einer Unterlage anbringen. Das alles wirkt natür-

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

lich auf den Effekt schädlich und unsere Aufgabe ist es, technisch dem idealen Fall möglichst nahe zu kommen. Unsere Versuche haben hier zwei Wege eröffnet. Erstens muss die Metallunterlage, die die Absorptionsschicht trägt, möglichst dünn und leicht gemacht werden. Die heutige Experimentaltechnik gestattet Metallfolien bis 2 mμ Dicke herzustellen. Die bei Unterlagen von verschiedener Dicke ausgeführten Messergebnisse könnten uns vielleicht durch Extrapolation den idealen Grenzwert des Transformationskoeffizienten für die reine Absorptionsschicht, die wir uns als freischwebend vorstellen können, ergeben. Was die Absorptionsschicht betrifft, so hat sich der feine Russ als besonders gut erwiesen. Das wäre der eine Weg. Der zweite Weg eröffnet sich durch den Befund, dass wenn als Unterlage Papier, Seide und besonders Watte, mit Russ bedeckt, dienen, man einen viel stärkeren Effekt, als mit Platin, bekommt. Beide Wege müssen einer systematischen gründlichen Untersuchung unterworfen werden, was auch geplant ist.

Die weitere Steigerung der Empfindlichkeit des Apparates, d. h. der Stärke des Effektes, könnte man noch dadurch erreichen, dass man statt Quarzplatten als Verschluss, die die Wärmestrahlen beträchtlich absorbieren, ein anderes Material wählt, das geringere Verluste ergibt; dann könnte man noch statt planparalleler Platten Linsen anwenden, die die auffallende Strahlung auf eine kleinere Fläche konzentrieren sollten, wobei weniger Material für die Empfangsplatte erforderlich wäre. In bestimmten speziellen Fällen könnte man auch umgekehrt verfahren, indem man die Empfindlichkeit durch grosse Empfangsflächen steigert. Man kann sie in Form eines geschlossenen Zylinders darstellen, in dessen Mitte sich der strahlende Körper, z. B. ein Lebewesen, befindet. Die Absorptionsschicht muss sich selbstverständlich in einem doppelwandigen Reservoir befinden, der die Strahlung durchlässt, aber die Konvektionswärme zurückhält; dazu muss eines von diesen doppelwändigen Gefässen evakuiert sein. So eine Apparatur stellt eigentlich einen sehr empfindlichen Strahlungskalorimeter dar.

Weiter haben die Versuche gezeigt, dass man mit einem Reservoir auskommen kann; ebenso sind auch die Standardlichtquellen überflüssig, weil die Kapillare in der Fabrik geeicht werden können. Auch die optischen Bänke sind überflüssig und das Gestell für die Drahtnetze und für die Lichtfilter kann man an dem Reservoir selbst anbringen. Das alles vereinfacht die Konstruktion derart, dass sie leicht transportabel und deshalb auch recht billig, d. h. einem grossen interessierten Kreis verschiedener Anstalten der Medizin, Technik, Meteorologie und Strahlungsforschung jeder Art zugänglich gemacht werden kann.

Selbstverständlich muss noch der Einfluss verschiedener Gase im Reservoir und seines Volumens, der Feinheit des Russkornes und seiner

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

Strahlungsreflexion, sowie seiner Adsorptionskraft von Gasen und seiner Schichtdicke auf die Stärke des Effektes geprüft werden. Ebenso müssen auch die Abhängigkeit des Transformationskoeffizienten von der Wellenlänge und die spektralen Grenzen des Effektes bestimmt werden. Bei der definitiven Bestimmung des Transformationskoeffizienten, d. h. der Grenzgrösse dieses Effektes nach der Formel:

$$A = F(h\nu) = \Sigma \frac{mv^2}{2} + Q + R$$

bei möglichst kleinem Q-Wert, müssen auch noch die Korrektionen für den Strahlungsverlust durch die Absorption durch den Wasserdampf der Luft berücksichtigt werden.

Schon die ersten Probeversuche der praktischen Anwendung dieser Methode bei der Reaktionsstrahlung der verbrennenden Gase und Bestimmung des Transformationskoeffizienten bei der Umwandlung der chemischen Reaktionsenergie in die strahlende, eröffnen uns ein breites Arbeitsfeld für weitere Untersuchungen in dieser Richtung bei anderen Reaktionen, auch in flüssigen Systemen. Die Versuche mit der Aufnahmefähigkeit der Strahlung verschiedener Substanzen und umgekehrt die Ausstrahlungsfähigkeit verschiedener Metallflächen können ebenfalls als Antrieb zu weiteren Versuchen in dieser Richtung dienen, die nicht nur praktisches, sondern auch theoretisches Interesse haben können.

Je weiter man in der Steigerung der Empfindlichkeit der Methode gehen wird, ein um so breiteres Arbeitsfeld in verschiedensten Richtungen wird sich eröffnen.

Kurze Zusammenfassung und Schluss.

1. Es wird eine Beschreibung der Methode der Messung der strahlenden Energie mit dem Thermophotometer gegeben, die gezeigt hat, dass diese Methode sehr einfach und handlich ist.

2. Es wurde mit diesem Apparate der Transformationskoeffizient der Umwandlung der strahlenden Energie in die molekularkinetische eines Gases gemessen und gleich 1% gefunden. Die Eichung des Apparates geschah mit Hilfe des schwarzen Körpers von Lummer-Kurlbaum und der Hefnerkerze.

3. Es wurden Bestimmungen des Transformationskoeffizienten bei der Umwandlung der Reaktionswärme der im Bunsenbrenner verbrennenden Gase in Strahlung vorgenommen, wobei sich der Wert von 6% ergeben hat. Für die Hefnerkerze wurde dieser Wert gleich 15% berechnet.

4. Es wurde die Ausstrahlungsfähigkeit verschiedener Metallplatten, rein und bestrichen, in relativen Werten gemessen. Ebenso wurde die

ACTA PHYSICA POLONICA Vol. II (1933) Fasc. 3

Aufnahmefähigkeit der Strahlung durch verschiedene Substanzen bestimmt.

5. Es wurden verschiedene Möglichkeiten weiterer Vervollkommnung dieser Methode besprochen.

Diese Untersuchung ist im Zeitintervalle von Dezember 1930 bis März 1933 in dem physikalisch-chemischen Institute der technischen Fakultät der Universität Zagreb ausgeführt worden. Dem Direktor des Instituts Herrn Prof. Dr. I. Plotnikow möchte ich an dieser Stelle für die Anregung zu dieser Arbeit und für das wohlwollende Entgegenkommen während derselben meinen tiefsten Dank, nicht nur als Schüler, sondern auch als Sohn, aussprechen.

Mitteilung aus dem phys.-chem. Institute der technischen Fakultät der Universität Zagreb.

Eingegangen am 24. Oktober 1933.