

II. Zur Verbrennung flüchtiger Substanzen in der calorimetrischen Bombe;

von *W. A. Roth* und *H. Wallasch*.

Während es bei einiger Übung, sorgfältiger Arbeit und gut definierten Substanzen, sowie vorzüglichen Instrumenten keine großen Schwierigkeiten macht, die Verbrennungswärme eines nicht flüchtigen Stoffes auf etwa 1 Promille genau zu bestimmen, ist die Verbrennung eines Körpers, der einen merklichen Dampfdruck besitzt, erheblich schwieriger und, da stets gewisse Hilfsgrößen in die Rechnung eingehen, auch etwas ungenauer.

Es sind für die Verbrennung flüchtiger Körper viele Methoden vorgeschlagen worden, aber gerade die Vielzahl der Vorschläge zeigt, daß das Problem noch nicht zufriedenstellend gelöst ist. Eine allgemein gültige Methode gibt es nach unserer Ansicht kaum; auch wir können im folgenden nur einige neue, mehr oder weniger sichere Wege angeben, nicht *die allgemein* anwendbare, in jeder Hinsicht einwandfreie Methode.

Daß der Dampf eines organischen Körpers bei großem Sauerstoffüberschuß unvollständig verbrennt, ist lange bekannt. Rechnet man in erster Annäherung damit, daß die Hälfte des Dampfes der Verbrennung entgeht, so hat man bei 300 ccm Fassungsraum der Bombe, p mm Dampfdruck, a g Einwage und einer Substanz vom Molekulargewicht M einen Verlust von $\frac{Mp}{120\alpha}$ Promille; bei einem Molekulargewicht von 120 und 0,5 g Einwage also für jedes Millimeter Dampfdruck 2 Promille Verlust. Dieser Verlust kann größer werden, wenn das Calorimeterwasser kühler ist als die eingesenkte Bombe, weil sich alsdann kleine Mengen Substanz auf der Innenwand der Bombe kondensieren. Sieht man hiervon ab, so ist bei den beiden noch öfters benutzten Eichsubstanzen

Campher und Naphthalin, wie sie z. B. Merck als Eichkörper für Bombencalorimeter führt, trotz ihres ganz deutlichen Geruchs kein merklicher Verlust zu befürchten, denn die Sättigungsdrucke bei 20° betragen nur 0,08 und 0,15 mm. Trotz der Molekulargewichte von 128 und 152 ist bei 0,4 oder 0,6 g Einwage nur ein Verlust von einem Drittel bis einem Fünftel Promille zu befürchten, wie er selbst bei größter Übung vollkommen in die Versuchsfehler fällt.

Leider liegen nur von wenigen schwer flüchtigen Substanzen Dampfdruckbestimmungen bei Zimmertemperatur vor, so daß man oft im Zweifel sein kann, ob eine „offene“ Verbrennung möglich ist oder ob Schutzmaßnahmen geboten sind.

An den „Schutz“ müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

For der Zündung muß die Schutzvorrichtung jede Verdampfung und bei empfindlichen Stoffen, wie Aldehyden, auch jede Einwirkung des komprimierten Sauerstoffs sicher ausschließen; *nach* der Zündung muß, auch bei Stoffen mit geringem Dampfdruck, eine schnelle und saubere Verbrennung gewährleistet sein; jede Hilfssubstanz muß sich genau abwägen lassen und muß ohne Gewichtsveränderung aufbewahrt werden können oder, was auf dasselbe hinausläuft, darf ihre spezifische Verbrennungswärme nicht ändern, d. h. sie braucht zwar nicht chemisch, aber sie muß thermisch scharf definiert sein; schließlich darf die Schutzsubstanz in der zu verbrennenden Flüssigkeit nicht löslich sein.

Das sind schwere Bedingungen, mit deren annäherter Erfüllung man vielfach zufrieden sein muß. Benötigt man nur wenig von einer Hilfssubstanz oder hat diese nur eine kleine Verbrennungswärme, so braucht sie auch thermisch nicht haarscharf definiert zu sein; denn die Korrektur bleibt klein. So muß man z. B. die spezifische Verbrennungswärme von Gelatine oder gar Vaseline genauer kennen als die von einem Kollodium-

häutchen; letzteres wiegt wenig und enthält schon viel Sauerstoff, so daß die Verbrennungswärme klein ist.

Die bisher empfohlenen Schutzmaßregeln beruhen, wenn man von einem verfehlten Vorschlag von Stohmann absieht, auf zwei Methoden: entweder man deckt die Substanz mit einem brennbaren Deckel ab bzw. schließt sie in eine brennbare Hülle ein, oder aber die Hülle ist selbst nicht verbrennlich, sondern wird durch einen Initialzünder zersprengt.

Jener, nach unserer Ansicht verfehlte Vorschlag Stohmanns¹⁾ war folgender: Man schließt die zu verbrennende flüchtige Substanz zur Wägung in ein dünnwandiges Kugelrohr aus Glas ein, zertrümmert dies direkt vor dem Einsetzen der mit Sauerstoff beschickten Bombe in das Calorimeter und verbrennt dann das Gemisch von Flüssigkeit und Dampf, das sich in der Bombe befindet; von der so gefundenen Verbrennungswärme zieht man die zur Bildung des Dampfes verbrauchte Wärme ab; man muß dazu außer dem Volumen der Bombe die Celsius-temperatur, den Dampfdruck der Flüssigkeit und ihre Verdampfungswärme kennen. Stohmann hat auf diese Weise einige Verbrennungswärmen bestimmt, aber in dem Fall, wo reichliches Vergleichsmaterial vorliegt, nämlich beim Benzol, etwas kleine Werte erhalten. Mit Hilfe des Lämpchens, das im Sauerstoffstrom brannte, hatte Stohmann bei konstantem Druck 780,3 Kal. pro Mol gefunden, nach der besprochenen Methode in der Bombe 779,7, während unser Wert (s. nachstehende Arbeit) 782,3 ist und Richards und Jesse sogar 784,3 finden. Für Verluste beim Verbrennen spricht vielleicht der Umstand, daß Stohmann bei größerer Einwage eine höhere Verbrennungswärme findet. Nimmt man unsere Zahl als richtig an, so wären in beiden Versuchen fast die gleichen Mengen Benzoldampf der Verbrennung entgangen, nämlich 2,3 und 2,8 mg, obwohl sich die Ein-

¹⁾ Journ. prakt. Chem. [2] 40, 78 und 342 (1889).

wagen wie 3:2 verhalten. Auch beim Methylalkohol wendet Stohmann die beschriebene Methode an, doch fehlt da sicheres Vergleichsmaterial.

Durch diese Methode Stohmanns werden eben nur Verluste vor der Zündung, nicht aber Verluste bei der Verbrennung verhindert. Stohmann hat den beschriebenen Weg bald verlassen; die hydrierten Benzole hat er in weithalsigen Platinfläschchen verbrannt, die mit einem Kollodiumblättchen von wenigen Milligramm Gewicht bedeckt waren; die Blättchen wurden durch einen eng um den Hals des Fläschchens passenden Platinring festgehalten.¹⁾ Diese Methode ist gut, wenn das Kollodiumblatt den Sauerstoffdruck aushält und wenn die zu verbrennende Substanz einen erheblichen Dampfdruck besitzt (s. u.).

Berthelot hat sich beider eingangs charakterisierter Prinzipien (brennbarer Verschuß oder nicht brennbarer mit Initialzündler) bedient. Er klebte mit Hilfe von ätherischer Kollodiumlösung einen umgekehrten, an der Spitze offenen Trichter aus Kollodium (wie er sie sich selbst herstellte) auf den flachen Rand des Platinschälchens, füllte die Substanz durch die obere Öffnung ein und verschloß letztere mit einem die Zündung vermittelnden Platindraht.²⁾ Auf die Schwächen der Methode (mühsame Herstellung der Schutzvorrichtung, unscharfe Definition des zur Entfernung des Äthers im Trockenschrank erwärmten Kollodiums, unsicherer Verschuß der Öffnung) ist von verschiedenen Seiten hingewiesen worden. Man hat die Methode mehrfach modifiziert; so hat Zubow den Trichter durch eine glatte Verschußplatte aus Kollodium ersetzt und die Flüssigkeit durch eine seitliche Röhre aus Platin, die durch ein Platinstöpselchen verschlossen wird, eingefüllt.³⁾

¹⁾ Journ. prakt. Chem. [2] 48, 449 (1893).

²⁾ Praktische Anleitung zur Ausführung thermochemischer Messungen; übersetzt von Siebert, Leipzig 1893. S. 97.

³⁾ Journ. russ. phys.-chem. Ges. 30, 926 (1898).

Für Substanzen, die Kollodium nicht auflösen, sind nach unserer Ansicht die von Petit vorgeschlagenen Kügelchen oder Säckchen aus Kollodium angenehmer und sicherer¹⁾; doch sind sie schwer erhältlich.

Wir haben versucht, das ganze Platinschälchen oder ein hineingesetztes Schälchen aus Quarz mit Kollodium zu umhüllen und das Kollodium an dem Platindraht des Zündungskreises zu befestigen. Das Gewicht des dazu gebrauchten hauchdünnen Kollodiums ist gering, das Kollodium ist, da es mit Äther nicht in Berührung kommt, thermisch scharf definiert, doch bietet die Methode erhebliche manuelle Schwierigkeiten; andererseits fällt die langwierige Präparation des Trichters fort. Jedenfalls halten wir das Prinzip eines vollständig brennbaren Deckels für aussichtsreich und sind nach verschiedenen Versuchen immer wieder darauf zurückgekommen (s. u.).

Hat die zu verbrennende Substanz keinen großen Dampfdruck, so muß man dafür sorgen, daß nach dem Abbrennen des Deckels oder der Hülle eine möglichst große Oberfläche freigelegt wird, damit die Verbrennung schnell, bei ungesättigten Körpern namentlich ohne vorherige Verteuerung vor sich geht. Enge Fläschchen aus Platin, Glas oder Quarz, wie wir sie anfangs benutzten (ähnlich wie Stohmann und andere), sind bei Stoffen mit geringem Dampfdruck vom Übel. Als wir in einem weithalsigen Platinfläschchen Terpene, die bei 155—175° sotten, zu verbrennen suchten, bildete sich fast immer Kohle, und das Platingefäß nahm durch Kohleaufnahme ständig an Gewicht zu. Der erhoffte Vorteil, daß der gute Wärmeleiter Platin die Verbrennung beschleunigen würde, trat also nicht ein, man hatte vielmehr einem Quarzgefäß gegenüber nur einen Nachteil.

Das andere Schutzprinzip (nicht brennbare Hülle, die durch einen Initialzündler zertrümmert wird) ist nicht so großer Abwandlungen fähig und ist eigentlich nur in

¹⁾ Ann. chim. phys. [6] 18, 148 (1889).

zwei Variationen wirklich benutzt worden: in der Form von Berthelot-Delépine¹⁾ und von Richards-Jesse²⁾, von denen die letztere den Vorzug verdient.

Berthelot schließt die Substanz in eine Glaskirsche ein, die er in das Platinschälchen legt und mit Hilfe eines untergelegten kleinen Campherstückchens als Initialzündler zum Zerspringen bringt; der Campher wird mit einem Streifchen Schießbaumwolle, das an den elektrisch geheizten Platindraht gebunden ist, entzündet. Auch wir haben diese Methode des öfteren benutzt, wobei wir statt Campher Naphthalin oder Benzoesäure, also unsere Eichsubstanzen, verwandten, und statt der Schießbaumwolle den stets benutzten Baumwollfaden von etwa 5 mg Gewicht. Wir erhielten stets glatte Zündung; die aus der Bombe entweichenden Gase waren stets geruchlos, aber in fast allen Fällen waren an der Bombenwand Rußspritzer zu bemerken, als ob eine Stichflamme an die kalte Bombenwand geschlagen wäre und daselbst etwas Ruß abgesetzt hätte. Es handelte sich immer um Flüssigkeiten mit geringem Dampfdruck (Kp. etwa 140°). Für solche Stoffe können wir daher die Berthelotsche Methode, die für sehr flüchtige Substanzen wie Acetaldehyd, Äthylformiat und Aceton sehr gute Resultate gegeben hat, nicht empfehlen.

Ohne solche Einschränkung scheint die Methode von Richards und seinen Mitarbeitern brauchbar zu sein. Die Sprengung des Glaskügelchens wird durch einen *auf*-, nicht *untergelegten* Initialzündler bewirkt, die Dämpfe

¹⁾ Ann. chim. phys. [7] **21**, 289 (1900).

²⁾ Journ. Am. chem. Soc. **31**, 268 (1910) und **34**, 1337 (1912), wo R. H. Jesse jr. Äthylbenzol verbrennt und pro Mol bei konst. Vol. 1079,9 Kal. findet (nach Fischer-Wredes Eichzahlen mit 4,189 auf Kal. umgerechnet). Moureu und André finden neuerdings 1094,3 Kal., also ganz erheblich mehr, etwa so viel wie Richards und Jesse für o- und m-Xylol; nur der Wert von André und Moureu geht mit dem für Styrol zusammen, derjenige von Jesse nicht.

der flüchtigen Substanz müssen die beim Verbrennen des Zünders entstehende Flamme passieren; diese „wabernde Lohe“ verhindert jede Bildung von Ruß oder von anderen Produkten unvollständiger Verbrennung. Als Hilfssubstanz verwendet auch Richards eine Eichsubstanz, nämlich den Rohrzucker, wodurch die Korrektur absolut sicher wird.

Die Methode ist, wie das bei Arbeiten von Richards selbstverständlich ist, nach allen Richtungen genau durchprobiert und diskutiert worden. Die beste Form des Tiegels, des Glasbehälters, des Trägers für den Rohrzucker wird beschrieben. Angewendet ist die Methode bisher, so viel uns bekannt, bei Benzol und Äthylbenzol, bei den drei Xylolen, bei fünf Oktanen und einigen Estern. Die Kochpunkte der Stoffe liegen zwischen 80° und 145°, die Sättigungsdrucke bei 20° zwischen 6 und 75 mm. Bei Substanzen mit noch kleineren Dampfdrucken ist die Methode noch nicht versucht worden.

Der eine von uns war, ohne von Richards' Versuchen Kenntnis zu haben, bestrebt, die Verbrennung von Substanzen mit merklichem Dampfdruck zu verbessern, schlug aber ganz andere Wege ein. Wenn unsere Versuche auch noch nicht eine vollkommen einwandfreie Methode ergeben haben, so möchten wir doch die Versuche veröffentlichen, schon um anderen Thermochemikern Mühe und Arbeit zu ersparen. Unser Bestreben war, erstens mit dem üblichen Platinschälchen zu arbeiten, ohne wie Richards für Substanzen mit Dampfdruck einen eigenen Platintiegel einzuführen, zweitens die Korrekturen bei der von uns allein ausgearbeiteten Methode des brennbaren Deckels möglichst klein und sicher zu machen.

In der Technik wird für flüchtige Heizstoffe, wie Benzol, Benzin u. dgl. vielfach mit Gelatinehülsen gearbeitet, wie sie für schlecht schmeckende Medikamente gebraucht werden und in jeder Apotheke käuflich sind; also vollständig verbrennende Hüllen. Gelatine ist nun

eine Substanz, die sehr sorgfältiger Aufbewahrung bedarf, wenn sie nicht Wasserdampf abgeben oder aus der Umgebung aufnehmen soll.¹⁾ Sie ist also thermisch unscharf definiert; Schwankungen des Wassergehaltes und somit der Verbrennungswärme von 1 Proz. und mehr kann man leicht beobachten. Es war daher geboten, die angewandte Gelatinemenge möglichst klein zu halten. Das taten wir, indem wir nur die Kuppen der Gelatinehülsen benutzten und diese Kuppen als Deckel auf kleine Glaszylinder stülpten, die wir für Substanzen mit kleinem Dampfdruck möglichst weit nahmen. Sie staken in kleinen Stativen aus Glas oder passend gebogenem Platindraht, die ihrerseits im Platinschälchen standen. Die durch Glas, Platin usw. bewirkte Änderung des Wasserwertes kann fast immer vernachlässigt werden. Die Gelatinekappe mußte dich schließen, also elastisch sein. Das ist nur der Fall, wenn sie noch eine merkliche Menge Wasser enthält; eine, im Interesse der besseren thermischen Definition empfehlenswerte, weitgehende Trocknung verbietet sich also. Zwischen Glas und Kappe wurde der Zündfaden (etwa 5 mg Baumwolle) eingeklemmt, wobei darauf zu achten war, daß der Faden mit der Flüssigkeit nicht in Berührung kam. Ein zweiter kürzerer Faden wurde als Docht in die Flüssigkeit versenkt. Bei Flüssigkeiten mit merklichem Dampfdruck ging die Verbrennung so rasch vonstatten, daß der kleine Glaszylinder nebst Stativ zu Kugeln zusammengeschmolzen wurde. Wenn die Kappe aber nicht ganz dicht schloß, kam es öfters vor, daß sie abgeschleudert wurde und mehr oder weniger angebrannt im Bombenwasser lag. Ein weiterer kleiner Nachteil der Gelatine ist

¹⁾ Eine Probe gab z. B. im Exsiccator über Schwefelsäure im Verlauf weniger Tage 14,5 Proz. Wasser ab, nahm an der freien Luft in 6 Stunden die Hälfte wieder auf und in 24 Stunden etwa 85 Proz. des verloren gegangenen. Die Gelatine folgt dem wechselnden Wasserdampfdruck der Umgebung also recht rasch. Bewahrt man die Kapseln in einer hermetisch verschlossenen Flasche auf, so bleibt das Gewicht und damit die Verbrennungswärme, wie mehrere Versuche zeigten, genügend konstant.

der Aschegehalt, der in unseren Proben etwa 0,6–0,8 Proz. ausmachte. Bei der von uns verwandten Menge von 20–30 mg (einer Verbrennungswärme von 90–130 g-kal. entsprechend) fällt indessen die durch das Gewicht der Asche bedingte Unsicherheit so gut wie vollständig fort, ebenso bei sorgfältiger Aufbewahrung der Einfluß des wechselnden Wassergehaltes. Die von den Kuppen abgeschnittenen Stücke wurden zur Bestimmung der Verbrennungswärme benutzt. Die in Rechnung gesetzte Verbrennungswärme war meist etwa 4400 g-kal. pro Gramm. Auf aschefreie und wasserfreie Substanz umgerechnet, war die Verbrennungswärme 5100–5200 g-kal. pro Gramm.

Wegen der Hygroskopizität der Gelatine und des leichten Abfliegens vom Glasgefäß versuchten wir dann Hütchen aus Zelluloid, die uns die Firma Bauer in Heilbronn a. N. freundlichst zur Verfügung stellte. Zelluloid brennt leichter als Gelatine und behält trotz des leichten Camphergeruchs fast konstantes Gewicht; an freier Luft nahmen einige Hülsen in 4 Stunden nur 0,7 Promille ab. Allerdings ist das Gewicht der Hütchen, trotz weitgehenden Beschneidens, erheblich größer als das der Gelatinedeckel: etwa 120 mg im Mittel aller unserer Versuche. Dafür ist die Verbrennungswärme viel besser konstant. Für die erste Probe, die wir benutzten, fanden wir am 1. Februar 4224 g-kal. pro Gramm, am 1. März 4227, am 20. März 4220. Da die dickeren Zelluloidhütchen weniger elastisch sind als die Gelatine, muß man sich gut hineinpassende Glaszylinderchen besorgen. Ferner muß man darauf achten, ob das Material aschefrei ist; wir erhielten z. B. einmal eine anscheinend mit einem Metalloxyd gefärbte Probe, die 1,1 Proz. Asche enthielt und somit für unsere Zwecke unbrauchbar war. Je dünner das Material ist, desto besser ist es natürlich.

Im Laufe unserer Arbeiten bestrebten wir uns, die kleinen Einsatzzylinder aus Glas, die genau gefertigt werden mußten, deren Scherben öfter das Zurückwägen mühsam machten, zu umgehen und womöglich die weitere

Öffnung des ganzen Platinschälchens für die Verbrennung der Substanz nutzbar zu machen, um auch bei kleinem Dampfdruck eine schnelle Verbrennung sicher zu haben.

Unser erster Versuch führte uns noch nicht ganz zum Ziel: wir glätteten den Rand des Platinschälchens mit einem Achatpistill, strichen etwas Vaseline darauf und deckten das Schälchen mit einem dünnen Deckglas, wie man sie beim Mikroskopieren benutzt, ab. Der Faden wurde mit einem Klümpchen Vaseline auf die Mitte des Deckglases befestigt. Wir benutzten also einen nicht brennbaren Deckel, und Vaseline als Initialzündler. Auch hierbei muß man auf Aschefreiheit der brennbaren Hilfssubstanz sehen, nicht jedes Vaseline ist brauchbar; auch darf es nicht zu steif sein. Die Verbrennung der Substanz ging meist glatt vonstatten, das „Fertigmachen“ des Verbrennungsgutes war nach einigen Mißerfolgen nicht schwer. Aber die Methode hat den prinzipiellen Fehler, daß der Deckel nicht brennbar ist, splittert und daß namentlich leicht ein wenig Kohlenstoff an den Scherben oder dem Rand des Schälchens übrig bleibt. Wir teilen die Ansicht alter Thermochemiker nicht, daß jeder Versuch, bei dem auch nur ein Hauch Ruß übrig bleibt, verworfen werden muß. Kann man den Kohlenstoff zurückwägen, so machen ein Paar *Zehntel mg* so wenig aus (pro Milligramm 8,0 bis 8,1 g-kal.) gegenüber der meist gegen 4000—5500 g-kal. betragenden Verbrennungswärme der zu untersuchenden Substanz, daß von einer ins Gewicht fallenden Unsicherheit kaum die Rede sein kann. Nur wenn an der Bombenwand Ruß sitzt, ist der Versuch so gut wie immer verloren. Wenn man aber das Gewicht der Zehntel Milligramm Kohlenstoff erst durch mühsames Zusammensuchen der Glassplitter, Trocknen und Glühen aus dem Glühverlust bestimmen muß, wird die Anbringung der kleinen Korrektur lästig. Selbstverständlich muß das Vaseline sehr genau gewogen werden, denn seine Verbrennungswärme beträgt pro Gramm rund 11100 g-kal.; wir gebrauchten

etwa 25—30 mg bei jedem Versuch mit Deckgläsern. Ist der Rand des Schälchens gut geglättet, so läßt der Verschuß nichts zu wünschen übrig.

Der nächste Schritt war, ein Material für den Deckel zu finden, das selbst verbrennlich war, den starken Druck des Sauerstoffs aushielt und ein möglichst konstantes Gewicht bewahrte. Nach einigem Suchen fanden wir es in dem dicksten „Glaspapier“, das kürzlich zu verschiedenen gewerblichen Zwecken (Schutz ausgestellter Eßwaren u. dgl.) in den Handel gebracht ist, unter den Bezeichnungen „Cellophane“, „Biophane“, „Cellon“ usw., also Acetylcellulose und Acetatcelluloid.

Ein wenig hygroskopisch ist dies Material ebenfalls, wenn auch in viel geringerem Grade als Gelatine: 3 Proben von verschiedener Dicke, aber gleicher Oberfläche wurden in einer mit Papier ausgekleideten, gut verschlossenen Blechbüche aufbewahrt und von Zeit zu Zeit genau gewogen. Im Laufe eines Monats schwankten die Gewichte um 1—4 Promille. Da nur 0,17 g verwendet wurden und die spez. Verbrennungswärme etwa 4200 g-kal. beträgt, wäre die Unsicherheit bei dieser Aufbewahrungsart in maximo 3 g-kal.

Um sicherer zu gehen, bewahrten wir die fertig geschnittenen Stücke in einer Kartenpresse bei fast vollständigem Luftabschluß auf, so daß die tatsächliche Unsicherheit kleiner ist. Manche Sorten Glaspapier besitzen etwas Asche (in einem Fall fast 1 Proz.), die leicht ein wenig Kohlenstoff einschließt, so daß Trocknen, Wägen, Glühen und nochmaliges Wägen erforderlich ist. Man muß das Material also vor dem ersten Gebrauch auf Aschegehalt prüfen. Zum Aufkleben brauchten wir knapp 20 mg Vaseline. Mit dieser Methode (*steifes Glaspapier, mit Vaseline auf den geglätteten Rand des Verbrennungsschälchens geklebt*) konnten wir sehr leicht und auch recht schwer flüchtige Substanzen gut verbrennen. Unsere Bemühungen, geschlossene, homogene Hülssen aus Cellon zu erhalten, waren leider bis jetzt erfolglos.

Die Zahlen in der folgenden Arbeit zeigen, daß wir mit unsern verschiedenen Verschußmethoden gut übereinstimmende Werte erhalten haben.

Bei unseren Arbeiten hatten wir uns der Unterstützung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften zu erfreuen, die dem einen von uns aus der Leo-Gans-Stiftung Mittel zur Verfügung stellte. Wir möchten nicht verfehlen, auch an dieser Stelle unsern ehrerbietigen Dank für die Förderung unserer Untersuchungen auszusprechen.

Zusammenfassung: Die bisherigen Schutzmethoden bei der Verbrennung flüchtiger Substanzen (brennbare Hülle und Glashülle mit Initialzündler) werden aufgeführt und diskutiert. Neue Versuchsanordnungen werden angegeben und kritisch besprochen. Sie sind nach steigender Brauchbarkeit geordnet: Glasfläschchen mit kleinem Hütchen aus Gelatine, besser aus Celluloid; Verschließen des Verbrennungsschälchens aus Platin mit einem mittels etwas Vaseline aufgeklebtem Deckglas und am besten Verwendung von Cellon, Cellophane oder dgl. als Deckel, Aufkleben mit etwas Vaseline.

III. Über die Verbrennungswärmen aromatischer Kohlenwasserstoffe und deren Hydrierungsprodukte;

von *W. A. Roth* und *K. v. Auwers*.

In den Jahren 1890 bis 1893 veröffentlichte Stohmann mit seinen Mitarbeitern Kleber und Langbein die klassischen Arbeiten über das in der Überschrift genannte Thema.¹⁾ Diese Untersuchungen haben bekannt-

¹⁾ Journ. prakt. Chem. **43**, 1 u. 538 (1890 u. 1891); **48**, 447 (1893).