ANNALEN DER PHYSIK.

VIERTE FOLGE. BAND 23.

1. *Über die spezifische Wärme von Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf bis 1400°;* *von L. Holborn und F. Henning.*

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Es ist früher die mittlere spezifische Wärme einiger Gase zwischen Zimmertemperatur einerseits und 400, 600 und 800° andererseits bei Atmosphärendruck nach dem Mischungsverfahren von Delaroche und Bérard gemessen worden. Die Ausbildung dieser Methode verdankt man besonders Regnault, dessen Versuche sich auf Temperaturen bis 200° beziehen. Seine Anordnung wurde in der Weise abgeändert, daß ein elektrischer Ofen für die Heizung der Gase und ein Thermoelement für die Bestimmung ihrer Temperatur verwendet wurden. So konnte die spezifische Wärme für Luft, Stickstoff und Kohlensäure bis 800° gemessen werden.¹⁾

Auch der Wasserdampf wurde in den Kreis der Untersuchung gezogen.²⁾ Die Versuchsanordnung wurde hierfür noch weiter dahin abgeändert, daß das Kalorimeter statt mit Wasser mit Öl gefüllt und ständig durch einen passend geheizten Mantel auf einer Temperatur über 100° gehalten wurde. Auf diese Weise konnte man vermeiden, daß sich der Dampf in dem Kalorimeter kondensierte und zu der zu messenden spezifischen Wärme die sehr große latente des Dampfes als Korrektur hinzukam.

Die Versuche sind jetzt für Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf bis etwa 1400° weiter geführt worden. Dazu war ein neuer Apparat nötig. Denn der alte bestand aus Nickelrohren, die mit Silber verlötet waren, und ließ sich oberhalb 800°

1) L. Holborn u. L. Austin, *Wissensch. Abh. der Phys.-Techn. Reichsanstalt* 4. p. 131. 1905.

2) L. Holborn u. F. Henning, *Ann. d. Phys.* 18. p. 739. 1905.
Annalen der Physik. IV. Folge. 23.

nicht mehr verwenden. Für die höheren Temperaturen ist Platin benutzt worden. Der Preis dieses Metalles bedingte einige Umänderungen der alten Anordnung. Ferner haben die vorhergehenden Arbeiten Erfahrungen geliefert, die der Konstruktion des neuen Apparates zugute kamen.

Versuchsanordnung.

Kalorimeter. Das Kalorimeter war größer gewählt worden als das früher benutzte. Denn einmal mußte es die größere Wärmemenge der höher geheizten Gase aufnehmen, sodann sollten auch bei den höchsten Temperaturen mehrere Versuche hintereinander angestellt werden, ohne daß inzwischen durch das umständliche Abkühlen des Kalorimeters Zeit verloren ging. Die Abkühlung mußte aber immer vorgenommen werden, wenn die Kalorimetertemperatur auf 125° gestiegen war, da man sonst Gefahr lief, daß sich die Kapazität durch die beginnende Verdampfung des vorher lange Zeit auf 150° erhitzten Paraffinöls änderte.

Das Kalorimetergefäß bildete einen Zylinder aus Silberblech von 15 cm Durchmesser und 16,5 cm Höhe und enthielt etwa 2,5 Liter Paraffinöl. Für den Durchgang der Gase waren drei mit Silberspänen gefüllte Röhren L_1 L_2 L_3 von 2,5 cm Durchmesser und 7 cm Länge vorgesehen, die durch dünnere leere Röhrchen von 0,5 cm Weite in der aus Fig. 1 zu ersiehenden Weise verbunden waren, so daß das erhitzte Gas, das bei E_1 eintrat, die Röhren hintereinander durchfloß und durch das Röhrchen E_2 das Kalorimeter verließ. Die Anordnung gewährleistete völlige Wärmeabgabe, sowie geringe Reibung des Gases.

Außerdem enthielt das Gefäß noch den Rührer H_1 , das Quecksilberthermometer Thq und das Platinthermometer Thp , dessen Widerstandsdraht direkt in das Öl tauchte. Ferner war ein Widerstand B_1 aus Konstantandraht vorgesehen, der auf ein Gestell aus Glimmer gewickelt war. Am oberen Rande war das Kalorimetergefäß abgesetzt; nur die eine halbkreisförmige Hälfte war offen und wurde durch den Deckel V_1 V_1 geschlossen. Durch diese Einrichtung wurde bezweckt, daß das Paraffinöl bis an die feste Hälfte der Decke eingefüllt

Fig. 1.

werden konnte und diese stets bespülte. Es war dies wichtig, weil an diesem festen Teil der Decke das Heizrohr *AAII* aufgesetzt war, aus dem das heiße Gas in die Rohrleitung $E_1 E_2$ des Kalorimeters strömte.

Heizrohr. Das Heizrohr haben wir senkrecht gestellt, besonders damit eine Berührung zwischen Thermoelement und der Strom führenden Rohrwandung leichter vermieden werden konnte. Denn eine solche gefährdet in höchster Temperatur trotz der Verwendung von isolierenden Hüllen für die Schenkel des Thermoelements dessen Isolation. Hier isoliert nur die Luft hinreichend. In horizontaler Anordnung ist aber eine Berührung zwischen Thermoelement und Rohrwand kaum zu umgehen, weil sich in dieser Lage alle gebräuchlichen Schutzröhren in hoher Temperatur biegen und dann anliegen.

Das Heizrohr bestand aus Platinblech und war doppelwandig. Es ist aus den beiden konzentrischen Rohren *II* von 6 mm Weite und *AA* von 15 mm Weite hergestellt worden, die an dem dem Kalorimeter zugewandten Ende *D* zusammengeschweißt waren. Eine besondere Heizspule wurde nicht verwendet; der Heizstrom, der bis zu 75 Amp. betrug und von einer Akkumulatorenbatterie von 16 Volt geliefert wurde, durchfloß vielmehr direkt die Rohrwandung, und zwar trat er in das innere Rohr unterhalb *N* durch ein angelötetes Silberblech Z_1 ein, ging bei *D* in das äußere über und verließ es wieder durch ein zweites Silberblech Z_1 bei *Q*. Zwischen die beiden Rohre waren zur Isolierung Ringe aus Magnesia (in der Figur nicht gezeichnet) gelegt, ferner bei *Q* ein gut abgepaßter Pfropfen aus Schamotte.

Durch diese Anordnung vermieden wir eine Stromzuführung in der Nähe des Kalorimeters, wo kein Platz dafür vorhanden war, und erreichten gleichzeitig, daß sich das Heizrohr bis in die unmittelbare Nähe des Kalorimeters auf der gewünschten hohen Temperatur befand.

Verbindung zwischen Heizrohr und Kalorimeter. Die gasdichte Verbindung zwischen Heizrohr und Kalorimeter muß einen großen Widerstand für den Übergang der Wärme bilden und ist deshalb in hoher Temperatur schwierig herzustellen. Wir sind in der Weise vorgegangen, daß wir an die äußere Wand *AA* des Heizrohres nochmals ein weiteres Platinrohr *PtPt*

von 0,1 mm Wandstärke und 25 mm Weite anschweißen ließen, das etwas über das Heizrohr hinausragte und an seinem Ende einen Flansch trug, der sechs Löcher besaß. Dieser Flansch wurde auf die in der Figur dargestellten Weise durch die sechs Schraubenmuttern S zwischen zwei Kupferringe K_1 K_2 geklemmt, von denen der eine mit der Decke des Kalorimeters fest verlötet war und die Spindeln der Schrauben trug. Ein Gummiring G unten und ein Asbestring As oben dienten als Dichtung und Isolation für die Wärme und den Heizstrom.

Diese Verbindung war vollständig gasdicht und gab selbst bei den höchsten Temperaturen, wo auch das äußere Rohr des Ofens zu hellem Glühen kam, zu keinen Störungen Veranlassung. Sie war gegen die direkte Strahlung geschützt durch einen Ring M aus Magnesia, der auf der Decke des Kalorimeters stand.

Thermoelement. Das innere Rohr der Heizvorrichtung enthielt das Thermoelement Th aus Platin und Platinrhodium. Jeder Schenkel war mit einem Röhrchen aus Quarzglas von etwa 1 mm äußerem Durchmesser überzogen. Die Lötstelle L blieb frei. Ihr gegenüber waren drei Blenden als Strahlungsschutz angebracht, deren Gestalt ein den Halbkreis etwas übertreffender Kreisabschnitt war.

Bei N war an das innere Platinrohr ein Messingrohr hart angelötet. In diesem war ein zweites fast luftdicht verschiebbar, das dünne Porzellanröhrchen zur Fortführung der Drähte des Thermoelementes enthielt. Die Röhrchen waren durch festgestopfte Asbestwolle in dem Messingrohr der ganzen Länge nach befestigt und an ihrem Austritt durch Siegellack gedichtet. Auf diese Weise war das Heizrohr immer gut verschlossen und trotzdem das Thermoelement durch Verschieben des einen Messingrohres im andern leicht beweglich.

Ein Messingzylinder W , durch den ständig Wasser floß, schützte die Kittstelle gegen die Strahlung des Heizrohres, das außerdem von einer Porzellanröhre P umgeben war. Diese Röhre war der Länge nach in zwei Teile zerschnitten, so daß sie um den Ofen herumgestellt werden konnte.

Vorwärmer. Weil das Heizrohr nur geringe Kapazität besitzt, so muß das Gas, das durch ein Seitenrohr eintritt,

stark vorgewärmt werden, wenn die Temperatur des Gasstromes mehrere Minuten lang nicht zu sehr variieren soll. Als Vorwärmer diente der Ofen V , der aus zwei durch eine Luftschicht getrennten Schamottehüllen bestand. In der inneren lag ein Platinrohr von 5 mm Weite, 0,1 mm Wandstärke und 2 m Länge in Form einer Schraube von zwölf Windungen. Dieses Rohr, das von dem anzuwärmenden Gas durchströmt wurde, ließ sich gleichfalls elektrisch heizen. Den Strom, der bis zu 50 Amp. betrug und durch die angeschweißten Platinbleche $Z_2 Z_2$ zugeführt wurde, lieferte eine zweite Akkumulatornbatterie bis zu 32 Volt Spannung. Die Temperatur des Vorwärmers gab das Thermoelement Th' an, das in dem glasierten Schutzrohr X bis in die Mitte des Ofens ragte.

Das Schlangenrohr des Vorwärmers war ebenso wie das doppelwandige Heizrohr und das Kalorimeter von der Firma Heraeus nach unsern Angaben hergestellt worden.

Verbindung zwischen Vorwärmer und Heizrohr. Da sich sowohl das Schlangenrohr des Vorwärmers, wie das doppelwandige Heizrohr bei der Erwärmung stark ausdehnte, so mußte die Verbindung zwischen beiden, das Röhrchen $R_1 R_1$, sehr biegsam sein. Es wurde deshalb aus Platinblech von 0,01 mm Dicke hergestellt, von dem zwei Lagen dazu verwendet wurden. Nachdem diese zu einem Röhrchen zusammengeschweißt waren, wurde dessen eines Ende an das Platinrohr des Vorwärmers geschweißt und das andere an ein kurzes Rohrstückchen aus Platin von 0,1 mm Wandstärke, welches einen Flansch F trug. Dieser wurde dann unter Zwischenlage einer Asbestdichtung an einen entsprechenden Flansch des seitlichen Ansatzes am doppelwandigen Heizrohr mittels eiserner Schraubchen befestigt.

Die Verbindung war etwa 7 cm lang. Sie mußte noch besonders geheizt werden, damit das durchströmende Gas darin nicht zu viel von seiner im Vorwärmer aufgenommenen Wärme verlor. Diese Heizung geschah ebenfalls elektrisch mit Hilfe derselben Akkumulatornbatterie, die den Strom für den Vorwärmer lieferte. Die Stromzuführungen $Z_3 Z_3$ und $Z_3 Z_3$ führten in Parallelschaltung zu derselben Batterie; in jedem Stromkreise befand sich ein besonderer Regulierwiderstand.

Das Verbindungsstück bewährte sich gut. Indessen bildeten sich doch mit der Zeit an den Knickstellen Risse, so daß wir das Stück einige Male erneuern mußten.

Kalorimetermantel. Das Kalorimeter stand auf drei Korkunterlagen in einem zylinderförmigen Hohlraum von 16 cm Weite, der in einem Mantel aus Kupferblech von 25 cm Höhe und elliptischem Querschnitt (große Achse = 35 cm, kleine = 25 cm) ausgespart war. Der Mantel enthielt 15 Liter Rüböl. Der Rührer H_2 des Mantels wurde gemeinsam mit dem Rührer H_1 des Kalorimeters durch einen kleinen Elektromotor angetrieben. Das Quecksilberthermometer $Th'q$ gab die Temperatur des Rüböls an, die zunächst durch Heizung mit einem Bunsenbrenner einreguliert und dann elektrisch durch zwei Heizspulen B_2 konstant gehalten wurde.

Oben war der Raum für das Kalorimeter durch einen 1 cm dicken Messingdeckel $Y_2 Y_2$ geschlossen. Er enthielt Durchbohrungen für Thermometer und Rührer und war mitten durchgeschnitten. Die eine Hälfte war abnehmbar, damit man das Kalorimeter abkühlen konnte. Die andere Hälfte des Messingdeckels, die immer liegen blieb, trug einen Träger (in der Figur nicht gezeichnet) für das Kühlgefäß W . An diesem Träger saß gleichzeitig in passender Höhe ein isolierter Klemmring, der dem Heizrohr dicht unterhalb Q einen Halt gewährte.

Beobachtungsverfahren.

Gasmenge. Die Gase, Stickstoff und Kohlensäure, wurden käuflichen Bomben entnommen. Sie gingen zuerst durch zwei lange mit Chlorcalcium gefüllte Glasröhren und strömten nach dem Austritt aus dem Kalorimeter in das früher beschriebene Gasometer¹⁾, in dem ihr Volumen bei Zimmertemperatur durch das Gewicht einer verdrängten Wassermenge gemessen wurde, ohne daß sie direkt mit dem Wasser in Berührung kamen. Der Stickstoff enthielt etwa 1 Proz. Sauerstoff, eine Verunreinigung, von der wir für den vorliegenden Zweck absehen konnten.

Der Wasserdampf wurde in demselben Dampftopf wie früher²⁾ erzeugt, passierte zuerst einen Wasserabscheider und

1) L. Holborn u. L. Austin, l. c. p. 139.

2) L. Holborn u. F. Henning, l. c. p. 740.

trat dann in ein elektrisch über 100° geheiztes Kupferrohr, das mit Nickelspänen angefüllt war. Darauf gelangte der Wasserdampf in den Vorwärmer, den er auf diese Weise vollkommen trocken erreichte. Hinter dem Kalorimeter wurde der Dampf in dem kupfernen Zylinder *C* kondensiert und in diesem dann gewogen.

Bei den Beobachtungen mit Stickstoff und Kohlensäure wurde der ganze Apparat erst mit dem betreffenden Gase vorgespült. Bei Wasserdampf war dagegen vor dem ersten Versuch gewöhnlich Stickstoff in der Leitung vorhanden. An dem Ergebnis wurde dementsprechend eine geringe Korrektur angebracht. Bei den Versuchen in höchster Temperatur haben wir den Wasserdampf nach jedem Versuch durch eine kleine Menge Stickstoff (etwa $\frac{1}{2}$ Liter) wieder verdrängt, die aufgefangen und in Rechnung gestellt wurde. Dies Verfahren gab ebenfalls gute Ergebnisse.

Temperatur des Gases. Die Temperatur des Gases wurde unmittelbar vor dem Eintritt in das Kalorimeter gemessen. Die Lötstelle des Thermoelementes lag gewöhnlich 1 cm über der Blende bei *L*; doch wurde dieser Abstand mehrfach variiert, um zu prüfen, wie weit das Ergebnis von der Lage der Lötstelle beeinflusst wurde. Verschiebungen um einige Millimeter brachten keine merkliche Änderung hervor, so daß Dehnungen der Drähte, wie sie bei der Erwärmung auf hohe Temperatur einzutreten pflegen, nicht berücksichtigt zu werden brauchten.

Anfangs benutzten wir ein Thermoelement von 0,25 mm Dicke. Später wurden von dem Drahtvorrat noch Dicken von 0,1 und 0,02 mm hergestellt, von denen kurze Enden an die 0,25 mm dicken Drähte angesetzt und zu einer Lötstelle vereinigt wurden. Diese wurde stets der verwendeten Drahtdicke entsprechend dünn gehalten, indem die beiden Drahtenden stumpf aneinander geschmolzen wurden. Mit einiger Übung ließ sich dies auch bei dem dünnsten Draht erreichen, dessen Lötstelle in einem kleinen Bunsenschen Blaubrenner hergestellt wurde. Da alle Drähte aus demselben Material stammten, so änderten die sekundären Lötstellen, an denen die dünnen Drahtenden an den 0,25 mm starken Draht an-

gesetzt waren, die Thermokraft des Elementes nicht, wovon wir uns durch besondere Versuche überzeugten.

Der 0,1 mm starke Draht hielt sich noch gut bei 1200°. Bei höherer Temperatur jedoch betrug die Lebensdauer des Elementes meistens nur einen Tag. Der Draht klebte nämlich an verschiedenen Stellen des ihn umgebenden Quarzrohres etwas an und zerriß dann bei der Abkühlung. Bei dem dünnsten Draht zeigte sich diese Erscheinung schon bei 1200°. Über 1300° konnten wir ihn wegen seiner geringen Festigkeit gar nicht mehr benutzen.

Bei den Versuchen entlasten auch die Schutzröhren aus Quarzglas bald, so daß sie bei den höchsten Temperaturen ebenso wie die Drähte täglich durch neue ersetzt werden mußten.

Besondere Aufmerksamkeit wurde auf eine ständige Kontrolle des Platin- und Platinrhodiumdrahtes verwandt, von denen sich namentlich der erstere in Gegenwart eines andern stäubenden Platinmetalls zu ändern pflegt, so daß schädliche Inhomogenitäten entstehen, welche die Thermokraft der Lötstelle fälschen. Einige Male mußte deshalb der 0,25 mm starke Draht um Stücke von mehreren Zentimetern verkürzt werden, die der höchsten Temperatur ausgesetzt gewesen waren.

Bei den dünnen Drähten ist die Gefahr der Verunreinigung natürlich noch größer. Wir haben aus diesem Grunde die geringe Haltbarkeit als keinen großen Übelstand empfunden. Die dünnen Drähte hätten auch wegen der durch die Zerstäubung bewirkten Änderungen oft erneuert werden müssen.

Bei den Temperaturen, bei denen auch das Quarzglas zu leiten beginnt, haben wir stets den Heizstrom kommutiert, um uns davon zu überzeugen, daß kein schädlicher Nebenschluß die Thermokraft erheblich änderte.

Die Thermokraft wurde mit dem Kompensationsapparat gemessen. Die Angaben der Temperatur beziehen sich auf das Stickstoffthermometer.¹⁾

1) L. Holborn u. S. Valentiner, *Ann. d. Phys.* 22. p. 1. 1907.

Temperatur des Kalorimeters. Die Temperatur des Kalorimeters wurde ständig über 100° gehalten, auch bei der Beobachtung von Stickstoff und Kohlensäure. Wir erhielten auf diese Weise bessere Ergebnisse für die Vergleichung, da es uns darauf ankam, neben den absoluten Werten für die spezifische Wärme von Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf noch ihre Verhältnisse zu bestimmen. Sodann gewährte uns die hohe Temperatur des Kalorimeters noch den Vorteil, die Korrektion klein zu halten, die an der Temperaturerhöhung des Kalorimeters infolge Leitung und Strahlung aus der Umgebung, also besonders von dem heißen Platinrohr, angebracht werden muß, wenn man die von dem durchströmenden Gase abgegebene Wärmemenge berechnen will.

Wenn nämlich die Temperatur des Kalorimeters weit oberhalb der des Zimmers gehalten wird, so kann man die vom Heizrohr zugestrahlte Wärme durch Wärmeabgabe des Kalorimeters an den tiefer temperierten Mantel kompensieren. Die Temperatur des Mantels kann dabei ebenfalls noch höher als die Zimmertemperatur gewählt und deshalb durch elektrische Heizung reguliert werden. Wir sind mit der Manteltemperatur bis 40° heruntergegangen.

Bei der höchsten Temperatur des Heizrohres ließ sich auch mit dieser Anordnung kein stationärer Zustand mehr herstellen, da die Temperatur des Mantels selbst dann noch merklich stieg, als die elektrische Heizung des Mantels ganz abgestellt war. In diesem Falle wurde noch eine von Wasser durchspülte Kühlschlange in das Rüböl des Mantels gelegt, die so viel Wärme abführte, daß die Regulierung durch die elektrische Heizung wieder in Wirksamkeit treten konnte.

Der Erfolg dieser Maßnahmen hat unsere Erwartungen übertroffen. Wenn die Temperatur des Heizrohres konstant gehalten wurde, was sich mit dem Akkumulatorenstrom in befriedigender Weise erreichen ließ, so verlief die Kalorimeterkorrektion sehr regelmäßig. Sie ist in bekannter Weise in einer Vor- und einer Nachperiode beobachtet worden, in denen das Thermometer je zehnmal von Minute zu Minute abgelesen wurde. Da meistens mehrere Versuche hintereinander ausgeführt wurden, diente die Nachperiode des einen oft als Vorperiode für den folgenden. Für jede solche Reihe, die drei

bis fünf Einzelversuche umfaßte, wurde die Korrektion graphisch als Funktion der Kalorimetertemperatur aufgetragen. Sie verlief in dem Intervall von 100 bis 125°, in dem die Temperatur des Kalorimeters variiert wurde, genau geradlinig, wenn nicht ausnahmsweise kleine Schwankungen in der Manteltemperatur auftraten.

Für den Ausgleich der Kalorimetertemperatur während des Gasdurchganges ist das Einleiten von oben weniger günstig als die frühere Anordnung. Auch waren die mit Spänen gefüllten Silberrohren jetzt dicker. Diesen Umständen wurde in ausreichender Weise Rechnung getragen mit der Annahme, daß die Temperatur 5 Min. nach dem Abstellen des Gasstromes wieder regelmäßig verläuft; meist wich der Gang in der letzten Hälfte dieser Zeit schon wenig von dem regelmäßigen ab. Während des Gasdurchganges (meist 4 Min.) und in der darauf folgenden Minute wurde die Temperatur des Kalorimeters jede halbe Minute notiert, um die Korrektion sicherer aus der graphischen Darstellung entnehmen zu können.

Die Temperatur des Kalorimeters wurde mittels eines Fernrohres an dem Quecksilberthermometer Thq abgelesen. Dieses befand sich stets in derselben Stellung und war gegen die Strahlung des Heizrohres durch einen Asbestschirm geschützt. Es wurde ebenso wie früher von Zeit zu Zeit mit dem Platinthermometer Thp verglichen, um die Korrektion wegen des herausragenden Fadens zu bestimmen. Diese ergab sich ständig zu 0,025° für einen Grad Temperaturdifferenz.

Die Kapazität des Kalorimeters wurde ebenso wie früher¹⁾ auf elektrischem Wege bestimmt. Der Heizwiderstand B_1 im Paraffinöl besaß einen Widerstand von 30,7 Ohm und wurde mit etwa 2 Amp. belastet. Die dem Kalorimeter zugeführte Energie wurde durch Strom- und Spannungsmessung bestimmt und in kalorisches Maß umgerechnet unter der Annahme, daß eine Kalorie gleich 4,188 Wattsekunden ist. Der Wasserwert w des Kalorimeters ist linear abhängig von seiner Temperatur θ_2 in den vorliegenden Grenzen. Setzt man

$$w = a + b(\theta_2 - 100),$$

1) L. Holborn u. F. Henning, l. c. p. 745—749.

so gilt für die verschiedenen Zeiträume:

1907	<i>a</i>	<i>b</i>
vom 13. 2. bis 11. 4.	1203	2,4
„ 17. 4. „ 31. 5.	1185	2,3
„ 5. 6. „ 15. 6.	1192	2,3

Um sicher zu sein, daß Wasserdampf bei tiefen Manteltemperaturen in dem silbernen Ausflußröhrchen E_2 sich nicht zum Teil kondensierte, wurde dieses auf seiner ganzen Länge mit einer kleinen Drahtspule über 100° gehalten.

Beobachtungen.

Die Tab. 1—3 enthalten die Beobachtungen, die je nach der Dicke des benutzten Thermoelementes und der Lage seiner Lötstelle getrennt aufgeführt werden. Es bedeutet:

- t die Temperatur des Mantels,
- m das Gewicht des Gases bez. Dampfes in Gramm,
- θ_1 die Temperatur des Gases vor dem Eintritt in das Kalorimeter (Mittel aus etwa zwölf während des Durchgangs angestellten Ablesungen),
- θ_2 die mittlere Temperatur des Kalorimeters während des Durchgangs,
- ϑ' die beobachtete Temperaturerhöhung des Kalorimeters,
- k_1 die Korrektion, aus der Vor- und Nachperiode berechnet,
- k_2 die Korrektion des Thermometers wegen herausragenden Fadens,
- k_3 die Korrektion wegen Nachspülens mit Stickstoff (nur bei Wasserdampf),
- ϑ die korrigierte Temperaturerhöhung des Kalorimeters,
- c_{θ_1, θ_2} die mittlere spezifische Wärme zwischen θ_1 und θ_2 .

In den letzten Kolumnen der Tab. 1—3 sind die für jede Beobachtungsreihe gebildeten Mittelwerte für die spezifische Wärme und die Temperatur aufgeführt, denen für die weitere Rechnung Gewichte γ beigelegt worden sind. Das Gewicht ist der vom Gase in der Zeiteinheit abgegebenen Wärmemenge proportional gesetzt worden, und für jeden Mittelwert ist $\gamma = \sum \vartheta$ angenommen, d. h. gleich der Summe der in den Einzelversuchen abgegebenen Wärmemengen. Hierbei haben wir vorausgesetzt, daß alle Fehlerquellen mit wachsender Wärmemenge an Einfluß verlieren.

Tabelle 1. Stickstoff (Fortsetzung).

Datum 1907	t	m (g)	θ_1	θ_2	g'	k_1	k_2	ϑ	c_{θ_1, θ_2}	Mittel		γ
										$\theta = \theta_1 - \theta_2$ + 110	$c_{110, \theta}$	
21. 2.	89,9 ⁰	21,08	1025 ⁰	108,1 ⁰	5,615 ⁰	-1,461 ⁰	+0,104 ⁰	4,258 ⁰	0,2692			
	90,1	21,44	1019	115,0	5,050	-0,959	0,102	4,193	0,2680	1016 ⁰	0,2691	13
	90,1	21,51	1018	120,8	4,600	-0,542	0,102	4,160	0,2702			
22. 2.	90,0	22,67	1021	107,5	5,895	-1,493	+0,110	4,512	0,2662			
	90,0	16,53	1032	114,5	4,200	-1,014	0,079	3,265	0,2667	1027	0,2678	10
	90,0	13,22	1040	119,3	3,240	-0,667	0,064	2,637	0,2705			
2. Lötstelle 38 mm über der Blende.												
8. 3.	90,2	20,85	1040	108,1	5,355	-1,336	+0,100	4,119	0,2590			
	90,0	20,63	1041	114,8	4,730	-0,844	0,097	3,983	0,2581	1040	0,2586	8
9. 3.	90,0	20,59	1039	106,9	5,385	-1,433	+0,099	4,051	0,2575			
	90,0	20,35	1043	113,7	4,760	-0,924	0,096	3,932	0,2571	1038	0,2577	12
	90,1	20,02	1042	119,2	4,250	-0,520	0,093	3,823	0,2584			
b) Element von 0,1 mm Durchmesser.												
1. Lötstelle 10 mm über der Blende.												
26. 3.	89,9	22,03	862	105,1	4,040	-0,718	+0,083	3,405	0,2481			
	90,1	22,49	862	109,8	3,785	-0,834	0,085	3,486	0,2527			
	89,9	22,40	862	113,8	3,390	-0,103	0,032	3,369	0,2485	861	0,2500	14
	89,9	22,54	862	117,1	3,150	+0,153	0,082	3,385	0,2508			

7. 5.	89,9	22,48	825	101,9	3,800	-0,559	+0,081	3,322	0,2492	13
	—	22,91	824	109,1	3,495	-0,253	0,081	3,323	0,2539	
	90,3	22,58	826	112,7	3,245	+0,008	0,081	3,334	0,2526	
	90,0	20,78	843	115,8	2,945	+0,227	0,079	3,251	0,2517	
13. 5.	89,9	21,91	841	104,2	4,215	-1,013	+0,080	3,282	0,2552	14
	90,1	22,55	842	109,6	4,000	-0,642	0,084	3,442	0,2592	
	90,0	23,23	842	114,1	3,732	-0,333	0,085	3,484	0,2583	
	90,0	14,69	842	118,1	3,510	-0,057	0,086	3,539	0,2580	
24. 5.	90,0	16,61	839	104,1	3,465	-1,267	+0,055	2,253	0,2481	10
	90,0	17,48	841	109,0	3,440	-0,945	0,082	2,557	0,2541	
	90,1	17,01	841	113,4	3,200	-0,634	0,084	2,630	0,2511	
	90,0	19,93	822	117,1	2,855	-0,379	0,062	2,588	0,2523	
4. 4.	90,0	20,10	822	104,8	4,110	-1,162	+0,074	3,022	0,2529	12
	90,0	19,94	823	110,0	3,770	-0,799	0,074	3,045	0,2570	
	90,0	20,30	822	114,4	3,365	-0,490	0,072	2,947	0,2537	
	90,0	18,44	1201	118,2	3,120	-0,225	0,072	2,967	0,2545	
5. 4.	75,0	18,38	1202	106,4	5,820	-1,546	+0,107	4,381	0,2643	13
	75,1	18,29	1203	113,6	5,195	-0,991	0,105	4,309	0,2663	
	75,0	18,21	1193	119,6	4,653	-0,528	0,103	4,228	0,2668	
	75,0	17,91	1191	106,5	5,702	-1,488	+0,106	4,320	0,2663	
6. 5.	70,1	21,11	1169	113,5	5,010	-0,940	0,102	4,172	0,2673	15
	70,2	21,35	1167	119,2	4,530	-0,432	0,101	4,149	0,2664	
	70,3	21,64	1163	106,4	6,365	-1,592	+0,120	4,893	0,2617	
	70,3	21,64	1163	114,2	5,735	-0,987	0,119	4,867	0,2635	

Tabelle 1. Stickstoff (Fortsetzung).

Datum 1907	t	m (g)	θ_1	θ_2	φ'	k_1	k_2	φ	c_{θ_1, θ_2}	Mittel		γ
										$\theta = \theta_1 - \theta_2$ + 110	$c_{110, \theta}$	
15. 5.	67,0°	14,92	1204°	105,7°	5,300°	-1,804°	+0,088°	3,584°	0,2621	1201°	0,2610	11
	67,0	16,86	1204	112,7	5,110	-1,258	0,096	3,948	0,2606			
	67,1	17,12	1202	119,0	4,620	-0,787	0,096	3,929	0,2602			
23. 5.	67,0	17,22	1188	106,0	5,560	-1,662	+0,097	3,995	0,2569	1190	0,2601	12
	—	17,22	1195	113,1	5,040	-1,128	0,098	4,010	0,2615			
	67,1	17,50	1196	119,1	4,590	-0,670	0,098	4,018	0,2618			
5. 6.	39,6	22,50	1343	106,2	6,790	-0,338	+0,149	6,101	0,2646	1335	0,2646	17
	39,6	20,80	1337	113,2	5,645	-0,282	0,133	5,496	0,2640			
	39,7	21,21	1332	118,9	5,225	+0,136	0,134	5,522	0,2633			
7. 6.	39,0	20,72	1294	105,2	6,130	-0,808	+0,133	5,455	0,2668	1296	0,2660	16
	39,0	20,75	1295	111,8	5,550	-0,268	0,132	5,414	0,2691			
	38,9	20,47	1301	117,2	4,750	+0,279	0,126	5,155	0,2620			
13. 6.	39,2	16,57	1334	105,0	5,230	-0,793	+0,111	4,548	0,2584	1332	0,2582	14
	39,2	17,76	1333	110,9	5,000	-0,295	0,117	4,822	0,2600			
	39,4	17,88	1332	115,9	4,480	+0,122	0,115	4,717	0,2561			
14. 6.	40,0	18,07	1340	105,8	5,590	-0,795	+0,120	4,915	0,2658	1342	0,2672	14
	40,1	17,58	1345	111,9	4,975	-0,302	0,116	4,789	0,2695			
	40,1	17,32	1347	116,8	4,410	+0,097	0,113	4,620	0,2670			
2. Lötstelle 12 mm über der Blende.												
20. 3.	90,2	21,26	832	105,3	3,930	-0,714	+0,080	3,296	0,2593	834	0,2598	10
	89,9	20,96	835	109,9	3,540	-0,385	0,079	3,234	0,2611			
	—	—	—	—	—	—	—	3,171	0,2589			

8. 6.	90,1 90,1	19,56 19,75	1019 1020	113,6 119,2	4,900 4,300	-1,493 -0,577	+0,095 0,093	3,905 3,810	0,2637 0,2658	1016	0,2658	12
3. Lötstelle 15 mm über der Blende.												
	39,0 39,1 39,0	17,22 17,10 17,18	1359 1349 1348	104,4 109,7 114,0	5,160 4,690 4,210	-0,412 +0,021 +0,369	+0,118 0,118 0,114	4,866 4,829 4,693	0,2709 0,2769 0,2712	1353	0,2731	14
16. 3.	90,0 90,0 90,0	19,97 20,00 19,98	1002 1002 1001	106,7 113,0 118,3	5,080 4,555 4,110	-1,351 -0,584 -0,491	+0,093 0,092 0,090	3,822 3,763 3,709	0,2607 0,2612 0,2622	999	0,2614	11
15. 6.	40,3 40,2 40,1	16,70 16,88 17,22	1383 1389 1378	105,6 111,8 116,8	5,435 4,960 4,500	-0,866 -0,384 +0,012	+0,114 0,114 0,113	4,683 4,690 4,625	0,2648 0,2672 0,2622	1383	0,2647	14
15. 3.	90,3 90,0 90,0	19,39 19,41 19,44	987 988 989	107,9 113,2 117,7	4,585 4,075 3,710	-0,965 -0,594 -0,259	+0,089 0,087 0,086	3,859 3,868 3,837	0,2623 0,2594 0,2601	985	0,2606	11
5. Lötstelle 44 mm über der Blende.												
c) Element von 0,02 mm Durchmesser.												
1. Lötstelle 10 mm über der Blende.												
24. 4.	90,0 90,0 90,0 90,1	23,70 22,95 24,49 23,08	874 876 874 878	106,1 111,6 116,5 120,5	4,730 4,210 4,020 3,515	-0,966 -0,599 -0,269 -0,012	+0,094 0,090 0,094 0,088	3,858 3,701 3,845 3,591	0,2541 0,2556 0,2534 0,2580	871	0,2540	15
11. 4.	75,1 74,9 75,0	17,29 17,16 17,48	1185 1183 1183	106,0 112,7 118,2	5,325 4,730 4,330	-1,449 -0,941 -0,509	+0,097 0,095 0,096	3,973 3,884 3,917	0,2594 0,2610 0,2624	1182	0,2609	12
17. 4.	75,1 75,0 75,1	21,80 21,95 21,00	1181 1172 1163	106,8 115,0 121,6	6,545 5,865 5,070	-1,641 -1,070 -0,561	+0,123 0,120 0,113	5,027 4,915 4,622	0,2577 0,2582 0,2609	1168	0,2589	15

Tabelle 1. Stickstoff (Fortsetzung).

Datum 1907	t	m (g.)	θ_1	θ_2	ϑ'	k_1	k_2	ϑ	c_{θ_1, θ_2}	Mittel		γ
2. Lötstelle 20 mm über der Blende.												
22. 4.	90,2°	24,99	841°	105,1°	4,620°	-0,873°	+0,093°	3,840°	0,2497	831°	0,2522	14
	90,2	24,43	831	110,5	4,100	-0,515	0,090	3,675	0,2526			
	90,2	23,13	831	114,9	3,560	-0,211	0,084	3,433	0,2525			
	90,1	23,57	829	118,5	3,340	+0,040	0,085	3,465	0,2541			
23. 4.	90,1	24,19	846	104,3	4,630	-0,949	+0,092	3,773	0,2512	844	0,2527	14
	90,1	23,27	846	109,8	4,110	-0,604	0,088	3,594	0,2533			
	90,1	23,14	846	114,3	3,750	-0,298	0,086	3,538	0,2542			
	90,2	24,30	846	118,2	3,575	-0,029	0,089	3,635	0,2519			
18. 4.	75,0	21,58	1188	106,6	6,302	-1,516	+0,120	4,906	0,2524	1179	0,2536	14
	75,0	21,41	1184	114,2	5,610	-0,942	0,117	4,785	0,2542			
	75,1	21,93	1177	120,5	5,015	-0,476	0,113	4,652	0,2542			
19. 4.	75,0	21,37	1189	106,7	6,435	-1,607	+0,121	4,949	0,2568	1180	0,2583	15
	75,2	21,60	1179	114,6	5,835	-1,054	0,119	4,900	0,2597			
	75,1	21,05	1185	121,2	5,170	-0,589	0,114	4,695	0,2587			

Tabelle 2. Kohlensäure.

Datum 1907	t	m (g)	θ_1	θ_2	g'	k_1	k_2	ϑ	c_{θ_1, θ_2}	Mittel $\theta = \theta_1 - \theta_2$ + 110	$\epsilon_{110, \theta}$	γ
a) Element von 0,25 mm Durchmesser. 1. Lötstelle 12 mm über der Blende.												
1. 3.	89,9 ⁰	22,52	849 ⁰	104,7 ⁰	4,255 ⁰	-0,751 ⁰	+0,067 ⁰	3,591 ⁰	0,2602	848 ⁰	0,2624	15
	89,9	22,21	851	109,6	3,865	-0,406	0,086	3,545	0,2641			
	89,9	29,89	848	114,3	4,605	-0,069	0,114	4,650	0,2622			
	90,1	22,06	852	118,1	3,135	+0,201	0,083	3,419	0,2631			
2. 3.	90,0	22,33	843	105,0	4,115	-0,685	+0,086	3,516	0,2592	841	0,2612	14
	89,9	22,53	843	109,7	3,790	-0,350	0,086	3,526	0,2618			
	90,0	22,54	842	113,7	3,440	-0,061	0,084	3,463	0,2608			
	90,0	22,61	841	117,0	3,205	+0,172	0,084	3,461	0,2630			
13. 2.	104,1	24,63	1003	108,4	6,995	-2,160	+0,121	4,956	0,2750	1000	0,2750	10
	104,0	25,17	1003	117,2	6,345	-1,537	0,120	4,928	0,2749			
15. 2.	91,4	20,28	1005	108,0	5,495	-1,473	+0,101	4,123	0,2770	1004	0,2762	12
	91,4	20,53	1009	114,9	4,970	-0,985	0,099	4,084	0,2757			
	91,4	20,39	1009	120,6	4,475	-0,582	0,097	3,990	0,2759			
21. 2.	90,0	19,53	1028	107,2	5,475	-1,522	+0,099	4,052	0,2748	1024	0,2760	12
	90,0	19,97	1028	114,1	4,995	-1,022	0,099	4,072	0,2760			
	90,0	19,70	1027	120,0	4,470	-0,609	0,097	3,958	0,2771			

Tabelle 2. Kohlensäure (Fortsetzung).

Datum 1907	t	m (g)	θ_1	θ_2	θ'	k_1	k_2	ϑ	c_{θ_1, θ_2}	Mittel		γ
										$\theta = \theta_1 - \theta_2$ + 110	$c_{110, \theta}$	
22. 2.	90,0°	21,55	1023°	107,0°	5,800°	-1,501°	+0,108°	4,407°	0,2724	1023°	0,2739	13
	90,0	14,28	1040	113,4	3,945	-1,064	0,072	2,953	0,2755			
	90,0	27,80	1016	119,3	5,900	-0,569	0,133	5,464	0,2737			
23. 2.	90,0	25,85	1040	108,5	6,925	-1,626	+0,132	5,431	0,2760	1042	0,2734	24
	90,1	33,48	1047	117,6	7,795	-1,083	0,168	6,880	0,2754			
	90,0	34,13	1045	108,8	8,920	-1,952	0,174	7,142	0,2736			
	89,8	11,01	1049	116,5	2,995	-0,804	0,055	2,246	0,2719			
	90,1	11,55	1048	120,3	2,815	-0,559	0,056	2,312	0,2701			
2. Lötstelle 28 mm über der Blende.												
7. 3.	90,0	20,76	1043	107,2	5,525	-1,414	+0,103	4,214	0,2646	1041	0,2654	12
	90,0	20,40	1047	114,1	4,880	-0,899	0,099	4,080	0,2652			
	89,9	20,43	1045	119,8	4,400	-0,470	0,098	4,028	0,2664			
3. Lötstelle 38 mm über der Blende.												
8. 3.	90,0	19,90	1053	108,2	5,310	-1,355	+0,099	4,054	0,2636	1048	0,2629	12
	90,0	20,10	1052	114,8	4,735	-0,840	0,098	3,993	0,2625			
	90,0	20,21	1053	120,3	4,300	-0,439	0,096	3,957	0,2627			
4. Lötstelle 76 mm über der Blende.												
9. 3.	90,0	18,88	1088	108,1	5,095	-1,351	+0,093	3,837	0,2534	1082	0,2530	11
	90,0	17,78	1084	114,4	4,330	-0,876	0,086	3,540	0,2539			
	90,0	17,09	1086	119,5	3,905	-0,505	0,085	3,485	0,2516			

Wärme von 0,1 mm Durchmesser.

1. Lötstelle 10 mm über der Blende.

26. 3.	89,9	22,30	868	105,3	4,155	-0,703	+0,086	3,538	0,2528	868	0,2554	14
	90,1	22,13	870	110,0	3,790	-0,362	0,085	3,513	0,2563			
	90,0	21,94	871	114,0	3,430	-0,063	0,084	3,451	0,2570			
	89,9	21,65	871	117,3	3,090	+0,176	0,082	3,948	0,2553			
27. 3.	—	22,49	828	104,8	3,845	-0,537	+0,083	3,391	0,2532			
	—	22,87	827	109,1	3,595	-0,253	0,084	3,426	0,2556	828	0,2539	13
	90,0	22,97	827	112,7	3,285	+0,008	0,082	3,975	0,2537			
	—	22,24	828	115,7	2,925	+0,226	0,079	3,230	0,2531			
28. 3.	80,0	18,90	1194	106,8	6,280	-1,779	+0,113	4,614	0,2738			
	80,0	18,45	1201	114,4	5,520	-1,178	0,108	4,450	0,2745	1194	0,2755	14
	80,1	18,74	1200	120,8	5,025	-0,645	0,109	4,489	0,2782			
4. 4.	75,2	18,46	1202	106,4	5,930	-1,522	+0,110	4,518	0,2720			
	75,3	18,17	1204	113,5	5,275	-0,972	0,108	4,411	0,2751	1200	0,2746	13
	75,3	18,31	1204	119,5	4,785	-0,497	0,107	4,395	0,2768			
5. 4.	75,0	16,96	1204	106,4	5,630	-1,500	+0,103	4,233	0,2769			
	75,0	17,19	1203	113,5	5,040	-0,939	0,103	4,204	0,2773	1200	0,2778	13
	75,0	17,04	1201	119,4	4,495	-0,474	0,101	4,122	0,2792			
27. 5.	49,3	12,83	1421	106,4	5,445	-1,832	+0,090	3,703	0,2632			
	49,6	16,19	1396	114,0	5,750	-1,195	0,114	4,669	0,2738			
	48,2	15,94	1402	106,4	6,325	-1,776	0,114	4,663	0,2706	1403	0,2711	22
	48,7	15,83	1403	114,3	5,650	-1,173	0,112	4,589	0,2737			
	49,3	16,25	1402	121,0	5,215	-0,695	0,113	4,633	0,2742			

Tabelle 2. Kohlensäure (Fortsetzung).

Datum 1907	t	m (g)	θ_1	θ_2	g'	k_1	k_2	φ	c_{θ_1, θ_2}	Mittel		γ
										$\theta = \theta_1 - \theta_2$ + 110	$c_{110, \theta}$	
29. 5.	39,2°	9,00	1487°	105,2°	4,145°	-1,486°	+0,067°	2,726°	0,2623			
	39,3	11,62	1456	111,1	4,380	-0,997	0,084	3,467	0,2684	1460°	0,2649	13
	39,4	12,57	1454	116,4	4,105	-0,569	0,088	3,624	0,2633			
	39,4	12,57	1457	120,9	3,750	-0,216	0,088	3,622	0,2657			
5. 6.	39,6	22,21	1337	106,5	6,865	-0,856	+0,150	6,159	0,2724			
	39,5	22,62	1335	113,9	6,200	-0,229	0,149	6,120	0,2712	1333	0,2720	18
	39,6	22,60	1327	119,9	5,610	+0,243	0,146	5,999	0,2723			
	40,0	22,20	1287	105,9	6,725	-0,842	+0,147	6,030	0,2774			
7. 6.	40,0	21,00	1296	113,0	5,785	-0,259	0,138	5,664	0,2786	1293	0,2770	17
	40,0	20,46	1303	118,5	5,055	+0,209	0,132	5,396	0,2751			
2. Lötstelle 12 mm über der Blende.												
20. 3.	90,0	20,03	837	105,1	3,750	-0,701	+0,076	3,125	0,2590	842	0,2590	3
19. 3.	90,0	19,38	1021	107,1	5,270	-1,451	+0,095	3,914	0,2687			
	90,1	18,84	1024	113,6	4,640	-0,959	0,092	3,773	0,2718	1021	0,2707	11
	an n	19,33	1023	119,1	4,255	-0,548	0,093	3,800	0,2716			

o. Leiste 15 mm über der Blende.

8. 6.	38,6	17,91	1341	104,7	5,425	-0,360	+0,126	5,191	0,2823	1343	0,2818	15
	38,6	17,30	1344	110,1	4,810	+0,065	0,122	4,997	0,2846			
	38,7	17,28	1344	114,5	4,805	+0,402	0,118	4,825	0,2785			

4. Lötstelle 20 mm über der Blende.

16. 3.	90,1	19,84	1008	106,7	5,185	-1,342	+0,096	3,939	0,2886			
	90,2	19,93	1005	113,2	4,695	-0,885	0,095	3,905	0,2713	1004	0,2703	11
	90,3	19,69	1009	118,7	4,185	-0,473	0,093	3,805	0,2710			

5. Lötstelle 44 mm über der Blende.

15. 3.	—	18,97	1011	107,7	4,495	-0,944	+0,089	3,640	0,2595			
	—	19,39	990	113,0	4,120	-0,562	0,089	3,647	0,2647	996	0,2634	11
	—	19,53	996	117,6	3,790	-0,214	0,089	3,665	0,2661			

c) Element von 0,02 mm Durchmesser.

1. Lötstelle 10 mm über der Blende.

9. 4.	74,9	16,88	1188	106,4	5,385	-1,443	+0,098	4,040	0,2694			
	75,2	17,19	1187	113,1	4,900	-0,908	0,100	4,092	0,2735	1185	0,2722	12
	75,1	16,99	1190	118,7	4,353	-0,460	0,097	3,990	0,2737			
17. 4.	76,0	22,37	1182	107,5	6,835	-1,616	+0,131	5,350	0,2677			
	76,0	21,70	1176	115,6	5,945	-1,025	0,123	5,043	0,2675	1169	0,2682	15
	76,0	20,82	1165	122,3	5,165	-0,548	0,116	4,733	0,2694			

2. Lötstelle 20 mm über der Blende.

19. 4.	75,0	21,99	1156	114,9	5,920	-0,944	+0,124	5,104	0,2716			
	75,1	21,31	1164	121,5	5,220	-0,473	0,119	4,866	0,2702	1152	0,2709	10

Tabelle 3. Wasserdampf.

Datum 1907	t	m (g)	θ_1	θ_2	ϑ'	k_1	k_2	ϑ	c_{θ_1, θ_2}	Mittel		γ
										$\theta = \theta_1 - \theta_2$ + 110	$c_{110, \theta}$	
a) Element von 0,1 mm Durchmesser.												
1. Lötstelle 10 mm über der Blende.												
7. 5.	89,1°	11,94	842°	104,6°	4,655°	-1,185°	+0,087°	3,557°	0,4831	836°	0,4724	14
	88,9	11,60	839	110,3	4,065	-0,822	0,081	3,324	0,4748			
	89,0	11,96	837	115,1	3,715	-0,492	0,080	3,303	0,4663			
	89,1	12,37	835	119,1	3,485	-0,210	0,082	3,357	0,4654			
8. 5.	90,0	10,83	883	111,1	4,260	-1,032	+0,081	3,309	0,4789	873	0,4745	12
	90,0	10,11	884	116,2	3,620	-0,678	0,073	3,015	0,4737			
	90,0	9,67	867	104,8	4,170	-1,332	0,071	2,909	0,4722			
	90,0	9,65	862	110,2	3,740	-0,966	0,069	2,843	0,4733			
11. 5.	89,9	6,55	861	104,5	3,240	-1,264	+0,049	2,025	0,4887	837	0,4917	27
	90,0	8,85	853	109,3	3,555	-0,931	0,065	2,689	0,4925			
	90,0	12,26	839	114,2	4,085	-0,583	0,088	3,590	0,4915			
	90,0	13,10	839	118,8	3,950	-0,242	0,093	3,801	0,4949			
	89,9	12,92	830	104,9	4,895	-1,165	0,093	3,823	0,4881			
	90,0	13,47	829	110,9	4,625	-0,756	0,097	3,966	0,4962			
	90,0	13,10	829	116,0	4,080	-0,406	0,092	3,766	0,4923			
			829	120,9	3,440	-0,128	0,083	3,395	0,4896			

24. 5.	90,0	13,23	830	110,8	2,030	-1,223	+0,085	3,492	0,4840	13
	90,0	11,02	836	115,7	3,530	-0,795	0,094	3,864	0,4911	
	90,0	9,92	839	119,4	2,965	-0,469	0,076	3,137	0,4824	
	89,9	10,94	822	104,8	4,295	-1,159	+0,078	3,214	0,4900	
25. 5.	89,9	11,16	820	110,2	3,920	-0,796	0,078	3,202	0,4881	12
	90,0	10,99	819	114,8	3,450	-0,489	0,074	3,035	0,4778	
	90,0	10,83	820	118,6	3,120	-0,226	0,072	2,966	0,4794	
	89,9	11,36	837	104,9	4,480	-1,202	+0,082	3,360	0,4832	
3. 5.	90,0	11,52	835	110,6	4,100	-0,821	0,082	3,361	0,4872	10
	89,9	11,58	833	115,3	3,695	-0,491	0,080	3,284	0,4819	
	75,2	10,58	1203	107,1	6,845	-2,089	+0,119	4,875	0,5049	
	75,4	11,24	1189	116,1	6,235	-1,432	0,120	4,923	0,4988	
4. 5.	75,0	15,59	1185	108,1	8,720	-1,915	0,170	6,975	0,5002	17
	70,2	10,85	1203	107,0	6,735	-1,772	+0,124	5,087	0,5137	
	70,3	11,71	1195	115,3	6,130	-1,150	0,125	5,105	0,4925	
	70,5	10,49	1195	122,1	5,025	-0,657	0,109	4,477	0,4912	
6. 5.	70,1	11,18	1178	106,5	6,660	-1,839	0,121	4,942	0,4953	27
	70,2	17,41	1138	116,0	8,420	-1,095	0,183	7,508	0,5152	
	70,1	10,49	1190	106,7	6,640	-1,883	+0,120	4,877	0,5151	
	70,2	10,11	1185	115,0	5,715	-1,298	0,111	4,528	0,5102	
	70,8	8,36	1197	121,5	4,420	-0,816	0,090	3,694	0,5068	13

Tabelle 3. Wasserdampf (Fortsetzung).

Datum 1907	t	m (g)	θ_1	θ_2	ϑ'	k_1	k_2	k_3	φ	c_{θ_1, θ_2}	Mittel		γ
											$\theta = \theta_1 - \theta_2$ + 110°	$c_{110, \theta}$	
14. 5.	71,9°	10,51	1193°	106,5°	6,545°	-1,717°	+0,121°		4,949°	0,5203			28
	72,0	9,42	1191	114,3	5,350	-1,135	0,106		4,321	0,5183			
	72,0	10,11	1183	120,7	5,020	-0,646	0,110		4,484	0,5145	1183°	0,5153	
	67,1	10,78	1188	106,5	6,560	-1,684	0,122		4,998	0,5147			
	67,3	9,72	1187	114,3	5,380	-1,099	0,107		4,388	0,5120			
15. 5.	67,5	10,18	1182	120,7	4,995	-0,616	0,110		4,439	0,5120			13
	67,1	10,86	1184	106,5	6,635	-1,716	+0,123		5,042	0,5169			
	67,2	9,13	1186	114,2	5,135	-1,147	0,100		4,088	0,5083	1183	0,5124	
	67,2	8,61	1192	120,3	4,440	-0,694	0,094		3,840	0,5121			
	67,0	8,85	1187	106,1	5,720	-1,657	+0,102		4,165	0,5220			
23. 5.	67,1	9,05	1178	113,3	5,070	-1,094	0,099		4,075	0,5137	1177	0,5176	12
	67,0	9,30	1174	119,3	4,650	-0,623	0,101		4,128	0,5171			4
29. 5.	39,9	6,86	1439	105,0	5,405	-1,414	+0,100		4,091	0,5355	1443	0,5355	
5. 6.	40,6	11,84	1299	106,2	6,765	-0,802	+0,149		6,112	0,5223	1303	0,5223	6
	39,1	11,07	1249	105,6	6,050	-0,575	+0,137		5,612	0,5349	1253	0,5349	6
12. 6.	40,0	10,49	1325	106,0	6,390	-0,881	+0,138		5,647	0,5321			11
	40,2	9,13	1343	105,5	5,725	-0,923	0,120		4,922	0,5252	1338	0,5287	
	40,2	9,69	1344	105,7	6,120	-0,900	0,131	-0,086°	5,265	0,5289			
	40,2	9,94	1341	112,4	5,620	-0,323	0,132	-0,105	5,324	0,5317	1340	0,5306	
	40,2	9,94	1341	112,0	4,940	+0,146	0,128	-0,102	5,162	0,5311			

14. 6.	39,2	10,47	1317	111,4	5,460	-0,108	+0,110	-0,040	4,694	0,5115	30
	39,3	9,49	1320	116,3	4,510	+0,300	0,120	-0,126	5,360	0,5174	
	39,5	9,39	1323	105,0	5,675	-0,731	0,133	-0,110	4,828	0,5197	
	39,5	9,62	1313	111,1	5,115	-0,196	0,132	-0,075	4,957	0,5218	
	39,5	9,59	1316	116,1	4,630	+0,237	0,122	-0,118	4,966	0,5231	
14. 6.	40,0	9,03	1330	106,0	5,730	-0,864	+0,121	-0,063	4,871	0,5206	14
	40,1	9,00	1330	112,3	5,120	-0,332	0,120	-0,093	4,925	0,5378	
	40,2	9,10	1330	117,4	4,640	+0,104	0,118	-0,077	4,855	0,5974	
									1328	0,5364	

b) Element von 0,02 mm Durchmesser.

1. Lötstelle 10 mm über der Blende.

25. 4.	90,0	14,78	861	104,9	5,305	-1,011	+0,107	4,401	0,4711	17
	90,0	15,05	858	111,1	4,885	-0,589	0,108	4,404	0,4740	
	90,1	13,19	863	116,1	3,995	-0,255	0,093	3,833	0,4750	
	90,0	13,38	862	120,2	3,755	+0,027	0,094	3,876	0,4802	

2. Lötstelle 20 mm über der Blende.

22. 4.	90,2	27,55	806	106,3	8,515	-0,726	+0,194	7,983	0,4963	22
	90,2	25,45	802	114,8	6,985	-0,153	0,171	7,003	0,4879	
	90,2	25,17	801	121,5	6,280	+0,318	0,166	6,764	0,4880	
	90,0	8,22	861	103,8	3,530	-1,033	+0,062	2,559	0,4910	
23. 4.	90,0	11,36	850	108,7	3,965	-0,686	0,082	3,361	0,4811	18
	90,0	13,90	845	113,5	4,245	-0,345	0,097	3,997	0,4779	
	90,0	14,77	843	118,0	4,060	-0,036	0,100	4,124	0,4722	
	90,0	15,03	842	121,9	3,825	+0,220	0,101	4,146	0,4728	

Berechnung der Beobachtungen.

Verhältnisse der spezifischen Wärmen (CO_2/N_2 und $\text{H}_2\text{O}/\text{N}_2$).
 Da manche Änderungen in der Versuchsanordnung, wie z. B. die verschiedene Dicke und Lage des Thermoelementes, auf das Verhältnis der spezifischen Wärmen von Kohlensäure und Wasserdampf zu der des Stickstoffs keinen Einfluß ausübten, so haben wir zunächst diese Verhältnisse berechnet. Es wurden hierzu nur Beobachtungen benutzt, von denen die zusammengehörigen Paare an demselben Tage angestellt worden sind. An den Werten für Stickstoff sind zu diesem Zwecke kleine Korrekturen angebracht worden, um sie auf die naheliegende Temperatur zu reduzieren, die bei Kohlensäure oder Wasserdampf beobachtet worden war. Für diese Korrektur ist eine ausreichende vorläufige Bestimmung des Temperaturkoeffizienten der spezifischen Wärme ($1,5 \times 10^{-5}$) verwendet worden. Die Kalorimetertemperatur ist im Mittel zu 110° genommen.

Jedem Verhältnis wurde wiederum ein Gewicht zugeteilt, das übereinstimmt mit dem kleinsten von beiden Gewichten, die Zähler und Nenner besaßen. Tab. 4 enthält die Zusammenstellung. Unter ber. sind die aus den Formeln

$$c_{110, \theta} \left(\frac{\text{CO}_2}{\text{N}_2} \right) = 0,966 + 0,000\,056 \, \theta,$$

$$c_{110, \theta} \left(\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{N}_2} \right) = 1,725 + 0,000\,210 \, \theta$$

berechneten Werten aufgeführt worden.

Einfluß, den die Lage der Lötstelle des Thermoelementes ausübt. Um zu absoluten Werten der spezifischen Wärme zu gelangen, wurden alle bei nahezu gleichen Temperaturen und unter sonst gleichen Umständen angestellten Beobachtungen gemittelt und mit angenäherten Temperaturkoeffizienten auf runde Temperaturen reduziert. Tab. 5 enthält die so gewonnenen Mittelwerte nebst ihren Gewichten. Sie zeigt, daß die Werte für die spezifische Wärme innerhalb der Genauigkeit der Beobachtung von der Lage der Lötstelle unabhängig sind, wenn man in dem Gebiet zwischen 10 und 20 mm über der Blende bleibt. Bei höheren Lagen scheinen die Werte etwas kleiner zu werden; wahrscheinlich wird hier also ein zu hoher Wert für die Temperatur beobachtet. Damit steht

Tabelle 4.
Verhältnis der spezifischen Wärmen verschiedener Gase.

Datum 1907	Element			θ	$c_{110, \theta} \left(\frac{\text{CO}_2}{\text{N}_2} \right)$			Datum 1907	Element			θ	$c_{110, \theta} \left(\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{N}_2} \right)$		
	Dicke	Höhe über d. Blende	Gewicht γ		beob.	ber.	ber.-beob. %		Dicke	Höhe über d. Blende	Gewicht γ		beob.	ber.	beob.-ber. %
1. 3.	$\frac{1}{4}$	12	14	848°	1,006	1,013	+0,7	7. 5.	$\frac{1}{16}$	10	14	836°	1,834	1,901	+3,5
2. 3.	$\frac{1}{4}$	12	14	841	1,002	1,013	+1,1	13. 5.	$\frac{1}{16}$	10	10	832	1,933	1,900	-1,7
20. 3.	$\frac{1}{10}$	12	3	842	0,997	1,013	+1,6	24. 5.	$\frac{1}{16}$	10	12	818	1,901	1,897	-0,2
26. 3.	$\frac{1}{10}$	10	14	868	1,021	1,015	-0,6	20. 4.	$\frac{1}{50}$	20	14	799	1,950	1,893	-3,0
27. 3.	$\frac{1}{10}$	10	13	827	1,009	1,012	+0,3	23. 4.	$\frac{1}{50}$	20	14	845	1,896	1,902	+0,3
13. 2.	$\frac{1}{4}$	12	10	1000	1,035	1,022	-1,3	6. 5.	$\frac{1}{10}$	10	13	1187	1,940	1,974	+1,7
15. 2.	$\frac{1}{4}$	12	12	1004	1,029	1,022	-0,7	15. 5.	$\frac{1}{10}$	10	11	1183	1,965	1,973	+0,4
21. 2.	$\frac{1}{4}$	12	12	1024	1,025	1,023	-0,2	23. 5.	$\frac{1}{10}$	10	12	1177	1,992	1,972	-1,0
22. 2.	$\frac{1}{4}$	12	10	1023	1,023	1,023	0,0	31. 5.	$\frac{1}{4}$	10	3	1417	2,013	2,023	+0,5
8. 3.	$\frac{1}{4}$	38	8	1048	1,016	1,025	+0,9	5. 6.	$\frac{1}{10}$	10	6	1303	1,978	1,999	+1,1
15. 3.	$\frac{1}{10}$	44	11	996	1,010	1,022	+1,2	7. 6.	$\frac{1}{10}$	10	6	1253	2,015	1,988	-1,4
16. 3.	$\frac{1}{10}$	20	11	1004	1,034	1,022	-1,2	13. 6.	$\frac{1}{10}$	10	14	1320	2,017	2,002	-0,7
19. 3.	$\frac{1}{10}$	12	11	1021	1,018	1,023	+0,5	14. 6.	$\frac{1}{10}$	10	14	1323	2,009	2,004	-0,2
4. 4.	$\frac{1}{10}$	10	13	1200	1,033	1,033	0,0								
5. 4.	$\frac{1}{10}$	10	13	1200	1,041	1,033	-0,8								
17. 4.	$\frac{1}{50}$	10	15	1169	1,036	1,031	-0,5								
19. 4.	$\frac{1}{50}$	20	11	1152	1,050	1,031	-1,9								
31. 5.	$\frac{1}{4}$	10	8	1439	1,028	1,047	+1,9								
5. 6.	$\frac{1}{10}$	10	17	1333	1,028	1,041	+1,3								
7. 6.	$\frac{1}{10}$	10	16	1293	1,041	1,038	-0,3								
8. 6.	$\frac{1}{10}$	15	14	1343	1,033	1,041	+0,8								

Tabelle 5.
Einfluß der Lage der Lötstelle vom Thermoelement.

Dicke des Elementes	Stickstoff			Kohlensäure			Wasserdampf	
	$\frac{1}{4}$ mm	$\frac{1}{10}$ mm	$\frac{1}{50}$ mm	$\frac{1}{4}$ mm	$\frac{1}{10}$ mm	$\frac{1}{50}$ mm	$\frac{1}{10}$ mm	$\frac{1}{50}$ mm
$\theta = 840^\circ$								
Lage über der Blende								
10 mm								
12	0,2607 (28)	0,2531 (63) 0,2599 (10)	0,2535 (15) 0,2525 (28)	0,2616 (29)	0,2544 (27) 0,2589 (3)		0,4837 (88)	0,4738 (17)
20								0,4870 (40)
$\theta = 1010^\circ$								
12	0,2677 (51)	0,2657 (12) 0,2616 (11)		0,2741 (71)	0,2703 (11) 0,2705 (11)			
20								
28								
38	0,2577 (20)							
44		0,2610 (11)						
76				0,2504 (11)	0,2639 (11)			
$\theta = 1180^\circ$								
10		0,2633 (64)	0,2598 (27)		0,2753 (40)	0,2700 (27)	0,5089 (110)	
15								
20			0,2560 (29)			0,2709 (11)		
$\theta = 1360^\circ$								
10		0,2644 (61)			0,2713 (70)		0,5306 (87)	
15		0,2731 (14)			0,2824 (15)			
20		0,2644 (14)						

in Übereinstimmung, daß die Mitte des Heizrohres vor Eintritt der Gase heißer ist als das untere Ende.

Der weiteren Berechnung wurden alle Werte für die spezifische Wärme zugrunde gelegt, bei deren Beobachtung die Lötstelle zwischen 10 und 20 mm über der Blende gelegen hat.

Einfluß der Dicke des Thermoelementes. Der Einfluß, den die Drahtdicke des Thermoelementes auf den Wert der spezifischen Wärme ausübt, ist besonders bei Stickstoff geprüft worden. Das Ergebnis ist aus Tab. 6 zu entnehmen, die aus Tab. 5 abgeleitet wurde, indem für jede Drahtdicke Mittelwerte gebildet worden sind. Für Kohlensäure und Wasserdampf wurden mit dem Element, dessen Drähte $\frac{1}{50}$ mm Dicke besitzen, nur wenige Beobachtungen angestellt. Hier können aber weitere Werte aus den oben angegebenen Zahlen für das Verhältnis zu der spezifischen Wärme des Stickstoffs abgeleitet werden, da dieses von der Drahtdicke unabhängig ist. Die auf diese Weise gewonnenen Werte sind mit V bezeichnet. Ist mit einem von ihnen eine durch direkte Beobachtung erhaltene Zahl kombiniert, so steht das Gewicht dieser Beobachtung neben V .

Es ist ohne weiteres einzusehen, daß die geringste Drahtdicke den richtigsten Wert liefern muß, da hier die Wärmeabgabe der Lötstelle durch Strahlung im Verhältnis zu der durch Leitung zugeführten Wärme am geringsten ist. Das Element mit $\frac{1}{4}$ mm dicken Schenkeln liefert zu große Werte für die spezifische Wärme, weil die Temperatur damit zu niedrig gemessen wird. Der Unterschied zwischen den Drähten von $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{50}$ mm ist schon nicht mehr groß. Im Mittel erhält man die spezifische Wärme mit dem dünnsten Element bei 840° um 0,1 Proz. und bei 1180° um 1,6 Proz. kleiner als mit Drähten von 0,1 mm Durchmesser. Hiernach ergibt sich im Mittel für etwa 1000° ein Unterschied von 0,8 Proz., auf den wenig ankommt, da er an die Fehlergrenze heranreicht.

Ergebnisse. Tab. 7 enthält alle Beobachtungen, die mit den Elementen von $\frac{1}{50}$ und $\frac{1}{10}$ mm Dicke angestellt worden sind. Letztere sind auf ein Element von $\frac{1}{50}$ mm Durchmesser reduziert, indem die spezifische Wärme bei 800, 1000, 1200 und 1360° bez. um 0,6, 0,8, 1,0 und 1,2 Proz. verkleinert

Tabelle 6.
Einfluß der Dicke des Thermostolementes.

Dicke des Elementes in mm	Stickstoff		Kohlensäure			Wasserdampf	
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{50}$
$\theta = 840^\circ$	0,2607 (28)	0,2540 (73)	0,2529 (43)	0,2616 (29)	0,2549 (80)	0,2560 (V)	0,4820 (57, V)
1010	0,2677 (51)	0,2637 (23)	—	0,2741 (71)	0,2704 (22)	—	—
1180	—	0,2633 (64)	0,2578 (56)	—	0,2753 (40)	0,2684 (38, V)	0,5089 (110)
1360	—	0,2646 (89)	—	—	0,2733 (85)	—	0,5306 (87)

Tabelle 7.
Ergebnisse für die mittlere spezifische Wärme $c_{110, \theta}$.

Stickstoff			Kohlensäure			Wasserdampf		
Element	$\frac{1}{50}$ mm	$\frac{1}{10}$ mm reduz. auf $\frac{1}{50}$ mm	Element	$\frac{1}{50}$ mm	$\frac{1}{10}$ mm reduz. auf $\frac{1}{50}$ mm	Element	$\frac{1}{50}$ mm	$\frac{1}{10}$ mm reduz. auf $\frac{1}{50}$ mm
$\theta = 837^{\circ}$	—	0,2525 (36)	$\theta = 847^{\circ}$	—	0,2536 (15)	$\theta = 831^{\circ}$	0,4824 (57)	—
849	0,2530 (43)	—	1013	—	0,2683 (11)	838		0,4806 (44)
1000	—	0,2606 (17)	1169	0,2702 (38)	—	1183		0,5040 (55)
1177	0,2578 (56)	—	1198		0,2732 (20)	1327		0,5209 (43)
1187		0,2608 (32)	1364		0,2701 (42)			
1347		0,2624 (44)						

worden sind. Die Beobachtungen mit dem $\frac{1}{4}$ mm dicken Element blieben hier weg.

Formeln. Für die Berechnung der Beziehung, die zwischen der spezifischen Wärme und der Temperatur besteht, sind die früher bis 800° gewonnenen Werte (A) hinzugezogen worden. Die früher für diese Temperatur erhaltenen Zahlen, die mit einem anderen Apparat und unter anderen Bedingungen für die Temperaturmessung beobachtet wurden, sind in guter Übereinstimmung mit den neuen Werten. Der Vergleichbarkeit halber sind bei Stickstoff und Kohlensäure die neuen Werte $c_{110, \theta}$ auf $c_{20, \theta}$ umgerechnet.

Nachdem eine Formel für Stickstoff aufgestellt war, konnte man mittels der oben angegebenen Verhältnisse (p. 837) noch Werte für die spezifische Wärme von Kohlensäure und Wasserdampf ableiten. Sie sind wieder mit V bezeichnet.

Die folgenden Formeln für die mittlere spezifische Wärme sind in der Weise gewonnen, daß durch graphische Interpolation Normalwerte gebildet und der Rechnung zugrunde gelegt wurden.

$$\text{Stickstoff: } c_{20, \theta} = 0,2354 + 0,000019 \theta$$

$$\text{Kohlensäure: } c_{20, \theta} = 0,2025 + 0,0000738 \theta - 0,000000018 \theta^2$$

$$\text{Wasserdampf I: } c_{110, \theta} = 0,4668 - 0,0000164 \theta + 0,000000044 \theta^2$$

$$\text{„ II: } c_{110, \theta} = 0,4544 + 0,006925 \cdot 10^{0,0007513 \theta}$$

oder:

$$\text{Stickstoff: } c_{0, \theta} = 0,2350 + 0,000019 \theta$$

$$\text{Kohlensäure: } c_{0, \theta} = 0,2010 + 0,0000742 \theta - 0,000000018 \theta^2$$

$$\text{Wasserdampf I: } c_{100, \theta} = 0,4669 - 0,0000168 \theta + 0,000000044 \theta^2$$

$$\text{„ II: } c_{100, \theta} = 0,4544 + 0,006925 \cdot 10^{0,0007513 \theta}$$

Tab. 8 enthält die beobachteten Werte für die mittlere spezifische Wärme, denen die berechneten gegenübergestellt sind. In Fig. 2 sind beide aufgetragen. Endlich gibt Tab. 9 die mittlere spezifische Wärme für runde Werte der Temperatur nebst den für die wahre Wärme folgenden Zahlen c_w .

Die Änderung, welche die mittlere spezifische Wärme des Stickstoffs mit steigender Temperatur erfährt, ist gering und konnte deshalb früher nur ungenau bestimmt werden. Nachdem nun die Beobachtungen für ein größeres Temperatur-

Tabelle 8. Mittlere spezifische Wärme.

Stickstoff c_{20}, θ				Kohlensäure c_{20}, θ				Wasserdampf c_{110}, θ			
θ	beob.	ber.	ber.- beob. o/o	θ	beob.	ber.	ber.- beob. o/o	θ	beob.	ber. Formel I	ber.- beob. o/o
200°	0,2400 (A)	0,2392	-0,3	200°	0,2168 (A)	0,2166	-0,1	270°	0,4639 (A)	0,4656	+0,4
440	0,2419 (A)	0,2488	+0,8	440	0,2306 (A)	0,2315	+0,4	440	0,4713 (A)	0,4681	-0,7
630	0,2464 (A)	0,2474	+0,4	630	0,2423 (A)	0,2419	-0,2	620	0,4717 (A)	0,4735	+0,4
800	0,2497 (A)	0,2506	+0,4	800	0,2486 (A)	0,2500	+0,6	800	0,4777 (V)	0,4819	+1,0
844	0,2511 (79)	0,2514	+0,1	800	0,2501 (V)	0,2500	0,0	820	0,4881 (A)	0,4880	-1,1
1000	0,2585 (17)	0,2544	-1,6	847	0,2491 (15)	0,2521	+1,2	834	0,4816 (101)	0,4837	+0,4
1181	0,2575 (88)	0,2578	+0,1	1000	0,2572 (V)	0,2583	+0,4	1000	0,4956 (V)	0,4944	-0,2
1347	0,2607 (44)	0,2610	+0,1	1013	0,2632 (11)	0,2588	-1,7	1183	0,5040 (55)	0,5090	+1,0
				1179	0,2666 (58)	0,2645	-0,8	1200	0,5138 (V)	0,5105	-0,6
				1200	0,2642 (V)	0,2652	+0,4	1327	0,5209 (43)	0,5224	+0,3
				1350	0,2695 (V)	0,2693	-0,1	1350	0,5278 (V)	0,5249	-0,6
				1364	0,2662 (42)	0,2697	+1,3				

Tabelle 9. Mittlere und wahre spezifische Wärme.

θ	Stickstoff		Kohlensäure		Wasserdampf			
	c_0, θ		c_0, θ		Formel I		Formel II	
					c_{100}, θ	c_w	c_{100}, θ	c_w
[0]°	0,2350	0,235	0,2010	0,201	0,4669	0,469	0,4613	0,460
200	0,2388	0,243	0,2151	0,229	0,4653	0,465	0,4642	0,466
400	0,2426	0,250	0,2278	0,252	0,4672	0,473	0,4682	0,475
600	0,2464	0,258	0,2390	0,271	0,4726	0,491	0,4740	0,491
800	0,2502	0,265	0,2491	0,285	0,4817	0,519	0,4820	0,515
1000	0,2540	0,273	0,2572	0,295	0,4941	0,558	0,4985	0,554
1200	0,2578	0,281	0,2641	0,301	0,5101	0,608	0,5096	0,614
1400	0,2616	0,288	0,2696	0,303	0,5296	0,668	0,5323	0,707
			0,2700	0,304	0,5597	0,739	0,5646	0,849

intervall vorliegen, ist eine Änderung mit Sicherheit zu konstatieren. Es scheint fast, als ob diese bei niedriger Temperatur langsamer erfolgt; doch reicht die Genauigkeit der Werte nicht hin, um hierüber eine Entscheidung zu treffen.

Fig. 2.

Wir begnügen uns deshalb damit, für die Abhängigkeit der mittleren spezifischen Wärme des Stickstoffs von der Temperatur eine lineare Beziehung aufzustellen.

Die Formel für Kohlensäure, wie sie jetzt aus dem ganzen beobachteten Temperaturgebiet berechnet wurde, unterscheidet sich kaum merklich von der früher gegebenen, die die Beobachtungen bis 800° darstellte.

Bei Wasserdampf dagegen, der früher nur in einem Gebiete beobachtet wurde, wo die Änderung klein ist, mußten wir die Formel ändern, wenn wir auch den Beobachtungen über 800° gerecht werden wollen. Es sind jetzt zwei Gleichungen (I und II) berechnet, die beide die Beobachtungen gleich gut darstellen. Die quadratische gibt für $c_{100, \theta}$ ein Minimum bei 190° , das nach der Exponentialformel natürlich nicht vorhanden ist. Auch sonst würden beide Gleichungen bei der Extrapolation zu verschiedenen Ergebnissen führen. Genau genommen unterscheidet sich $c_{110, \theta}$ von $c_{100, \theta}$ nach der Exponentialformel noch um ein Glied, das jedoch wegen seines geringen Betrages vernachlässigt werden kann.

Vergleich mit den Explosionsversuchen. Da unsere Bestimmungen jetzt bis 1400° reichen, so sind wir damit in das Gebiet der Explosionsversuche gelangt, die schon bei 1300° beginnen. Was zunächst den Stickstoff anbelangt, so ist die Änderung der mittleren spezifischen Wärme mit der Temperatur, die wir finden, in befriedigender Übereinstimmung mit dem von Mallard und Le Chatelier angegebenen Resultat, das auch mit Langens Explosionsversuchen harmoniert. Hiernach gilt für die mittlere Molekularwärme C_v der einfachen Gase bei konstantem Volumen

$$C_v = 4,8 + 0,0006 \theta,$$

woraus unter der Annahme, daß die Beziehung der Molekularwärmen C und C_v bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen

$$C - C_v = 1,985$$

besteht, für die mittlere spezifische Wärme des Stickstoffs bei konstantem Druck

$$c_{0, \theta} = 0,242 + 0,000021 \theta$$

folgen würde.

Für Kohlensäure und Wasserdampf ergeben die Explosionsversuche verschiedener Forscher keine übereinstimmenden Ergebnisse. Wir wollen mit den unsrigen die Werte Langens¹⁾ vergleichen, die kleiner sind als die von Mallard und

1) A. Langen, Forschungsarbeiten, herausg. vom Verein Deutscher Ingenieure, Heft 8. p. 1. 1903.

Le Chatelier. Nach der Berechnung von Schreber¹⁾ folgt aus Langens Beobachtungen für die mittlere Molekularwärme bei konstantem Volumen zwischen Zimmertemperatur und 1500 oder 1700°

	Kohlensäure	Wasserdampf
1500°	10,45	9,88
1700	11,20	8,83
Mittel:	10,83	9,36

Das Mittel, das für 1600° gelten würde, gibt danach für die mittlere spezifische Wärme $c_{20,1600}$ bei konstantem Druck die Werte 0,291 und 0,630 für Kohlensäure bez. Wasserdampf. Wie ein Vergleich mit Tab. 9 lehrt, sind diese Werte um 6 bez. 12 Proz. größer als unsere Beobachtungen erwarten lassen.

1) K. Schreber, Dinglers polytechn. Journ. 318. p. 433. 1903.

(Eingegangen 26. Juli 1907.)