

DER PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE. BAND XVIII.

*I. Ueber die specifische Wärme des Wassers;
von F. Neesen.*

I.

Von den zur Bestimmung der specifischen Wärme bekannten Methoden werden und sind früher vorzugsweise benutzt worden die Mischungs- und die Eisschmelzungsmethode. Diesen beiden gegenüber zeigt die Abkühlungsmethode, bei welcher die spec. Wärme aus der Abkühlungszeit des betreffenden zu untersuchenden Körpers ermittelt wird, einen ausserordentlichen Grad von Bequemlichkeit, namentlich: wenn es sich darum handelt, die Abhängigkeit der spec. Wärme von der Temperatur zu ermitteln. Dagegen birgt die letztgenannte Methode in ihrer bisherigen Anwendung eine so grosse Fehlerquelle in sich, dass genaue Resultate mit derselben nicht zu erhalten gewesen sind. Es liegt die grösste Fehlerquelle in der nothwendigen Voraussetzung, dass der sich abkühlende Körper zu jeder Zeit an allen seinen Stellen dieselbe Temperatur besitzt, eine Voraussetzung, die in den bisherigen Versuchen jedenfalls nicht erfüllt war. Ich habe versucht, ob diese Methode nicht genauer gemacht werden kann dadurch, dass man ohne Lagenänderung der sich Wärme zustrahlenden Flächen während der Abkühlung die Theile des sich abkühlenden Körpers lebhaft durcheinanderrührt. Auf der Naturforscherversammlung in Danzig im Jahre 1880 wurden ein von mir in dieser Absicht construirter Apparat und Versuche mit demselben beschrieben. Um aber die Richtigkeit der Ergebnisse solcher Versuche beurtheilen zu können, müssen jene durch sichere anderweitige Beobachtungen controlirt werden. Es ist dazu nothwendig, für eine bestimmte Substanz die Abhängigkeit der spec. Wärme von

der Temperatur zu kennen. Aber auch für Wasser, über dessen spec. Wärme die meisten Untersuchungen vorliegen, stimmen die verschiedenen Resultate, wie bekannt, sehr wenig überein. Es ergab sich daher die Nothwendigkeit, die Abhängigkeit der spec. Wärme des Wassers von der Temperatur einer erneuten Untersuchung zu unterwerfen.

Die bisherigen Angaben weichen nicht allein in quantitativer, sondern auch in qualitativer Hinsicht voneinander ab. Während von Regnault und Anderen eine kleine stetige Zunahme der spec. Wärme des Wassers mit steigender Temperatur gefunden wurde, haben zuerst Pfaundler und Platter (1870) bei niedrigen Temperaturen eine Abnahme der spec. Wärme mit wachsender Temperatur aus ihren Versuchen gefolgert. Diese Versuche erscheinen allerdings nicht genau genug, um sichere Schlüsse darauf zu bauen. Darauf hat Rowland¹⁾ aus eigenen directen Versuchen und solchen über das mechanische Aequivalent der Wärme, sowie aus den Versuchen von v. Münchhausen²⁾ gefolgert, dass, wofern die Temperaturen nach dem Luftthermometer gemessen werden, die spec. Wärme des Wassers zunächst bis ungefähr 30° abnimmt und von da an wieder zunimmt.

Ich begann eine erneute Untersuchung über die angegebene Grösse im Sommer vorigen Jahres und setzte dieselbe im vergangenen Winter fort. Das Resultat findet sich in einer kurzen Notiz in den Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft in Berlin 1882 Nr. 10 p. 74. Im vergangenen Herbst hörte ich mit Interesse von Hrn. Wüllner, dass in dem Laboratorium desselben gleichzeitig mit den meinigen Untersuchungen über denselben Gegenstand in Angriff genommen seien, als deren allgemeines Resultat sich, wie Hr. Wüllner mir im Anfang des Sommers v. J. mittheilte, eine Bestätigung der Rowland'schen Folgerungen ergab. Auch mein Resultat deckt sich hiermit, wie die weiteren Angaben zeigen werden, in gewisser Ausdehnung.

Ich wählte zur Ermittlung der spec. Wärme die Eisschmelzungsmethode mit dem Eiscalorimeter von Bunsen,

1) Rowland, Proc. Amer. Soc. 7. p. 75. 1880.

2) v. Münchhausen, Wied. Ann. 1. p. 592. 1877.

da mir die Versuche mit letzterem die geringsten Fehlerquellen zu bieten scheinen. Dabei erfordert aber das im Princip so einfache Instrument doch, wie jeder, welcher mit ihm gearbeitet hat, zugeben wird, eines eingehenden Studiums. Einzelne Erfahrungen über dieses Calorimeter werden sich im Folgenden finden.

Die Versuche wurden in diesem Frühjahr durch Eintritt des wärmeren Wetters unterbrochen, da das Eiscalorimeter mit Wasser, resp. Eis gefüllt bei warmer Witterung zu grosse Quantitäten von Eis beansprucht. Ich sehe daher die Versuche gewissermassen nur als orientirende an; die weiteren Detailausführungen hoffe ich in dem kommenden Winter machen zu können.

II. Beschreibung der benutzten Apparate.

Nach der von Schuller und Wartha angegebenen Methode befand sich das Eiscalorimeter in einem mit destillirtem Wasser gefüllten Gefässe *A*. Letzteres stand in einem grösseren Gefässe *B* aus Zinkblech mit doppelten Wänden, deren Zwischenraum mit Sägespänen ausgefüllt war. Durch in *B* eingefüllte Kältemischung wird in *A* ein Eismantel gebildet, darauf *B* mit klein gestückeltem Eis gefüllt. Für das Schmelzwasser war Ablauf vorhanden. Den Eiscylinder in dem Calorimeter selbst bildete ich durch Kältemischung, welche in die innere Röhre, die zur Aufnahme des erwärmten Körpers bestimmt ist, eingeführt wurde. Nachdem der Eismantel hinreichende Stärke erhalten und die innere Röhre ausgespült war, wurde letztere mit destillirtem Wasser gefüllt. Die Capillare, in welcher die Verschiebung des Quecksilberfadens beobachtet wurde, war mit dem Calorimeter mittelst Schliffstück verbunden, dessen Dichtung durch umgebendes Quecksilber geschah. Die Stellung des Quecksilberfadens in der Capillare las ich an einer hinter der Capillare befindlichen Millimetertheilung auf Spiegelglas ab. Die Capillare war mittelst Quecksilberfaden calibrirt.

Das destillirte Wasser, dessen spec. Wärme bestimmt werden sollte, wurde aus käuflichem mit einigen Tropfen Salpetersäure und schwacher Lösung von doppelt chrom-

saurem Kali versetztem, destillirten Wasser durch zweimalige Destillation gewonnen. Es befand sich in einem Platin-kölbchen oder einem Glaskölbchen aus dünnwandigem Glase. Die Erwärmung geschah nach der etwas modificirten Methode von d'Arsonval. Das Erwärmungsgefäß bestand aus einem Kupfergefäße *a* (Fig. 1), durch welches eine Kupfer-

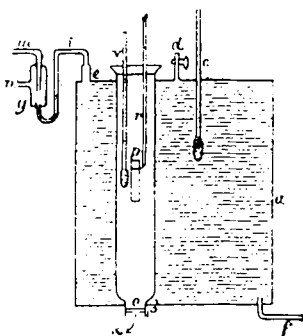


Fig. 1.

röhre *b* hindurchging. Durch den Hahn *d* wurde *a* mit Wasser gefüllt; in *a* war noch das Thermometer *c* und die kleine Metallröhre *e* eingekittet. In letzterer wurde die doppelt umgebogene Glasröhre *i* befestigt, welche in das grössere Gefäß *g* mit dem zum Speisebrenner führenden, seitlichen Auslasse endigte. In *g* ragte die mit der Gasleitung verbundene Röhre *m* hinein. Um ein Auslöschen der Gasflamme zu verhüten,

wurde der Speisebrenner direct durch eine enge Zwischenleitung mit dem Zuleitungsschlauch verbunden. An das untere Ende von *b* war ein konisch zugehendes Stück *o* angesetzt mit einem cylindrischen Ende, das mit einem Schlitze β zur Einführung eines Verschlusschiebers versehen war. Sodann ist an *o* noch ein Ring *a* angelöthet mit einer Oeffnung etwas grösser wie der Durchmesser der Kölbchen, in welchen sich das zu untersuchende Wasser befand. Die an *a* befestigte Metallstange *f* wird von dem Speisebrenner erwärmt. Der zu erwärmende Körper *p* hängt innerhalb *b* an einer Elfenbeinstange (Fig. 2 etwas grösser gezeichnet) in einer federnden Gabel *t*. Diese Gabel hat die Erweiterung *u*, in welche eine konisch zugehende Elfenbeinstange *s* hineinragt. Beim Niederdrücken von *s* wird die Feder *t* auseinandergedrückt, und der Körper *p* fällt herunter. Ein Thermometer *v* gibt die Temperatur von *p* an.

Gefäß *a* wird vollständig mit Wasser gefüllt, in *g* befindet sich etwas Quecksilber. Die Regulirung der Temperatur

geht in der Weise vor sich, dass das Wasser in a bei seiner Ausdehnung die Zuflussöffnung des Gases beim Rohre m verengert. Soll eine höhere Temperatur genommen werden, so wird d geöffnet; das sich ausdehnende Wasser tritt dann hier aus.

Das Gefäss a war bei der grösseren Zahl der Versuche noch mit einem Gypsmantel umgeben.

Ist die Temperatur in b hinreichend lange constant geblieben und das Calorimeter vorbereitet, so wird das Gefäss a von seinem Standorte weggenommen, mit dem Ringe α auf die innere Röhre des Calorimeters gesetzt, der Schieber in β weggezogen und p durch Niederdrücken von s fallen gelassen. Auf diese Weise kommt p mit der äusseren Luft gar nicht in Berührung.



Fig. 2.

III. Erfahrungen an den einzelnen Apparaten.

Die Resultate der Temperaturregulirung nach der d'Arsonval'schen Methode sind sehr befriedigend. Ich habe stundenlang die Temperatur bis auf $0,01^{\circ}$ constant erhalten können. Mit der Zeit trat eine geringe Undichtigkeit des Apparates ein, wodurch die Genauigkeit natürlich gestört wurde. Es zeigten sich ferner kleine regelmässige Schwankungen in der Temperatur in a . Dieselben rührten von der Ausdehnung des Gefässes a her, welches von seinen Wänden die Wärme an das innere Wasser, aber auch an die Luft abgibt. Diese Schwankungen hörten auf, als ich den ganzen Apparat mit Gyps umgab, um rasche Abkühlung nach aussen zu verhindern. Noch bessere Erfolge verspreche ich mir von einem gleich construirten Apparate, bei welchem das Gefäss a aus einer die Wärme schlecht leitenden Masse besteht und die Wärme dem Innern von a durch einen lose sitzenden Metallcylinder mit in das Gefäss hineinreichenden Blechen zugeführt wird, welcher mit dem Erwärmungsstab f verbunden wird. Die Röhre b besteht dann an ihrem oberen und unteren Ende gleichfalls aus die Wärme nicht leitender Substanz. Durch Abkühlung von f mit Eis und gleich-

zeitiger Anwendung der regulirten Erwärmungsflamme muss man auch constante Temperaturen unterhalb der Zimmertemperatur erhalten können.

Von meinen Erfahrungen mit dem Eiscalorimeter habe ich folgende in der Literatur bisher nicht erwähnt gefunden. Der um die innere Röhre im Calorimeter zu bildende Eiscylinder hat bei seiner Entstehung eine Temperatur niedriger wie 0° , mag man ihn nun durch eine Kältemischung oder durch Verdunsten von Alkohol bilden. Sehr langsam gelangt das Eis auf 0° ; macht man nun einen Versuch zu einer Zeit, wo das ganze Eis noch nicht die Temperatur 0° angenommen hat, so wird ein Theil der zugeführten Wärme benutzt, um das gesammte Eis auf 0° zu erwärmen. Daher fallen die beobachteten Volumenänderungen zu klein aus. Auffallend würde hiernach sein, dass in dem Momente des Einfüllens der warmen Substanz in das Calorimeter doch eine Volumenverringering eintritt. Es erklärt sich dieses daraus, dass der Eiscylinder dort, wo er an der inneren Calorimeterröhre anliegt, die Temperatur 0° hat, dass dort also eine Schmelzung eintreten wird. Ich beobachtete, dass in der That die ersten Versuche, auch wenn sie einige Stunden nach Bildung des Eiscylinders gemacht waren, stets zu geringe Volumenveränderungen ergaben. Es ist daher von Wichtigkeit, nach Bildung des Eiscylinders einige Male Abschmelzungen vorzunehmen, ehe mit den wirklichen Versuchen begonnen wird.

Eine gewisse Störung bewirkt bekanntlich die freiwillige Bewegung des Fadens in der Capillaren. Dieselbe wird durch die Aenderung der Schmelztemperatur des Wassers bei Druckänderung erklärt. Das Wasser im Calorimeter steht unter einem höheren Drucke wie das das Calorimeter umgebende Wasser; daher muss entsprechend einer Abschmelzung (wegen des tieferen Schmelzpunktes) ein Zurückgehen des Fadens erfolgen. Es können aber auch andere Ursachen mitwirken, welche bedeutend grössere Wirkung haben. Bunsen selbst hat schon auf den grossen Einfluss kleiner Unreinigkeiten in dem das Calorimeter umgebenden Schnee aufmerksam gemacht. Dieser Einfluss wird vermieden mit der Schuller und Wartha'schen Anordnung der Ein-

senkung des Calorimeters in destillirtes Wasser, doch nur, wenn letzteres sich in einem Glasgefäss oder ähnlichem, vom Wasser nicht angreifbarem Gefässe befindet. Ich hatte das destillirte Wasser zunächst in ein Zinkblechgefäss gefüllt. Mehrere Tage hindurch war dann die freiwillige Bewegung klein im Sinne der Abschmelzung durch erhöhten Druck. Mit der Zeit wurde dieselbe Bewegung aber noch kleiner, schlug in ihr Gegentheil um und wurde sehr gross im entgegengesetzten Sinne. Beim Auseinandernehmen des Apparates zeigte sich an dem Boden des Zinkgefässes das destillirte Wasser voller rothbraunen Schmutzes, ferner war in dem Eiscalorimeter eine neue Eisbildung erfolgt, und zwar aus dem Quecksilber in demselben heraus. Der Vorgang erklärt sich somit dadurch, dass das Wasser wahrscheinlich Eisenoxyd bildet, dass durch die Beimengung dieses die Schmelztemperatur erniedrigt, daher das den unteren Theil des Calorimeters umgebende Wasser eine Temperatur niedriger wie 0° annimmt, wodurch der Anlass zu der neuen Eisbildung gegeben wird. Hervorzuheben ist allerdings, dass, trotzdem das destillirte Wasser um das Calorimeter ursprünglich 0° hatte und der in diesem gebildete Eismantel aus reinem Eise bestand, und trotzdem die umgebenden Eisstücke, welche möglichst rein genommen wurden, jedenfalls beinahe die Temperatur 0° hatten, doch das destillirte Wasser um das Calorimeter nach Bildung des Eisenoxyds und Vermischung mit letzterem kälter wie 0° wurde. Es half nicht viel, als das Zinkgefäss mit einem Oelanstrich versehen wurde; auch dann erschien nach einiger Zeit die Vorwärtsbewegung des Fadens.

Nachdem das destillirte Wasser in ein Glasgefäss gefüllt war, hörte die freiwillige Vorwärtsbewegung des Fadens auf.

Das freiwillige Zurückgehen des Fadens geschah regelmässig. Geringe Aenderungen in der Grösse dieser Bewegung möchten auf Zuströmen von Luft zu dem Apparat zurückzuführen sein.

Für die Wahl des Materials, aus welchem die kleinen Gefässe, in welchem sich das zu untersuchende Wasser be-

findet, herzustellen sind, empfiehlt sich von vornherein Platin wegen seiner geringen specifischen Wärme, ganz abgesehen von seiner Indifferenz gegen Wasser. Indessen ist die dichte Löthung nach Einfüllen des Wassers schwierig. Kommt man mit dem Löthkolben oder der Stichflamme in die Nähe, so fängt das Wasser sofort an zu siedend und hindert einen ganz dichten Verschluss. Auch in ganz geübten Händen misslang die vollständige Dichtung in den meisten Fällen. Ich habe nur ein einziges Röllchen erhalten, welches vollständig dicht hielt. Die übrigen Gefässe nahmen sämmtlich im Verlaufe der mit ihnen angestellten Versuche etwas an Gewicht ab. Ein Beweis für das Dichthalten ist es übrigens nicht, wenn der Platincylinder nach der Löthung gewogen, derauf stark erhitzt und dann wieder gewogen, beide mal dasselbe Gewicht zeigt. Denn auch Cylinder, welche diese Probe aushielten, zeigten im Verlaufe der Versuche Gewichtsabnahmen. War die Leckage nur gering, so konnten regelmässige Controlwägungen nach und vor jeder Bestimmung den richtigen Wasserinhalt geben.

Ich nahm zur Controle der Bestimmungen mit den Platingerfässen noch Glasgefässe aus dünnwandigen Reagenzgläsern mit verdicktem Boden. Dieselben gebrauchten zu ihrer Erwärmung allerdings etwas mehr Wärme wie die Platingefässe; sie sind aber leichter herzustellen und leichter zuzuschmelzen. Ausserdem hat man bei ihnen nur Glas, während bei den Platingefässen noch die Löthungsmaterialien hinzukommen.

Bei fast allen Glasgefässen habe ich die Beobachtung gemacht, dass nach kurzem Gebrauche sich in dem Wasser weissflockige Gebilde zeigten, jedenfalls herrührend von dem Angriff des Glases durch das Wasser. Da sich dieser Niederschlag beim Stehenlassen des Wassers in Reagenzgläsern nicht bildet, so vermute ich, dass der Angriff des Glases durch plötzliche Temperaturänderungen, wie dieselben beim Gebrauche des Escalorimeters vorkommen, begünstigt wird.

IV. Beobachtungen.

Zur Temperaturbestimmung wurden zwei Thermometer benutzt, von denen das eine, in 0,2° getheilt, auf dem Normal-

aichungsamt in Berlin mit dem dort befindlichen Normalthermometer verglichen war, während das andere, in 0,1^o getheilt, von mir mit diesem Thermometer verglichen wurde. Der Nullpunkt wurde in der Regel, jedenfalls nach jeder erheblichen Erwärmung neu beobachtet, und zwar durch Eintauchen in geschabtes Eis. Die Reduction der Angaben des Quecksilberthermometers auf die des Luftthermometers geschah nach den in den Veröffentlichungen des Normalaichungsamtes angegebenen Daten.

Zur Bestimmung der von den Platin-, resp. Glaskapseln abgegebenen Wärme wurde die mittlere specifische Wärme grösserer Platin-, resp. Glasmengen besonders bestimmt.

Die im Folgenden aufgeführten Versuche sind mit drei Platinkapseln I, II, III und einer Glaskapsel IV angestellt. Die Platingefässe I und II verloren im Verlaufe der Versuche etwas Wasser, Gefäss III und IV nicht. Der Verlust wurde, wie schon früher erwähnt, durch Controlwägung berücksichtigt.

Gefäss I wog anfänglich 8,115 g, das Gewicht stieg auf 8,193 g und nahm dann ab bis 8,1654 g, leer wog das Gefäss 3,1724 g, also grösste Wassermenge:

| | | | |
|------------|---------------------|-----------|-------------------|
| | | 8,193 g | |
| | | 3,1724 „ | |
| | | <hr/> | |
| | | 5,0206 g | |
| Gefäss II | wog anfangs . . . | 8,2330 g | am Ende 8,1346 g. |
| „ II | leer | 3,4856 „ | |
| | | <hr/> | |
| | grösste Wassermenge | 4,7474 g | |
| Gefäss III | wog mit Wasser . | 9,0560 g | |
| „ III | „ ohne „ . | 3,3894 „ | |
| | | <hr/> | |
| | Wassermenge | 5,6666 g | |
| Gefäss IV | wog mit Wasser . | 9,8216 g | |
| „ IV | „ ohne „ . | 2,9768 „ | |
| | | <hr/> | |
| | Wassermenge | 6,8548 g. | |

Die Bestimmungen mit den verschiedenen Gefässen sind auf die in dem Glasgefässe Nr. IV enthaltene Menge von 6,8548 g reducirt.

Die im Folgenden angegebenen Versuchsergebnisse geben die Ablesungen s an der Capillaren und die daraus bestimmten Volumenänderungen in Cubikmillimetern entsprechend den abgeschmolzenen Eismengen.

Die Temperaturen sind die des Quecksilberthermometers.

In den nachfolgenden Tabellen bedeutet:

t die Temperatur des erwärmten Körpers,

d die Dauer des Versuches,

v die während d beobachtete, durch das Abschmelzen bewirkte Volumenänderung,

c_v die freiwillige Volumenänderung vor dem Versuche während einer Minute,

c_n dieselbe nach dem Versuche,

c das Mittel aus c_v und c_n ,

C die aus dieser freiwilligen Volumenänderung folgende Correction für die ganze Versuchsdauer,

$v - C$ ist danach die Volumenänderung, welche der von dem erwärmten Körper abgegebenen Wärme zu verdanken ist, also proportional der Wärmemenge, welche nothwendig ist, um den Körper von 0° auf t° zu erwärmen.

Vor dem Hineinwerfen des erwärmten Körpers wurde 10—20' lang die Bewegung des Fadens beobachtet, dann wurde der Versuch mindestens so lange gerechnet, bis die Bewegung des Fadens wieder stationär geworden war; darauf wurde c_n beobachtet aus der Bewegung in 10'. Die Correction ist negativ gerechnet, wenn dieselbe abgezogen werden muss.

A. Specifische Wärme des Platins.

Tabelle I.

Masse des erwärmten Platins $m = 6,3122$ g

| Numer des Versuchs | t | d | v | c_v | c_n | c | C | $v - C$ |
|--------------------------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|------------------|
| 1. | 8,99° | 78,75' | 25,51 s | -0,24 | -0,25 | -0,245 | -21,62 | 3,89 s = 1,43 mm |
| 2. | 14,85 | 20 | 9,5 | -0,12 | -0,07 | -0,095 | -1,90 | 7,6 = 2,722 " |
| 3. | 20,61 | 18 | 13,0 | -0,05 | -0,08 | -0,065 | -1,1 | 11,9 = 4,40 " |
| 4. | 22,84 | 21 | 13,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13,2 = 4,84 " |
| 5. | 27,45 | 20,5 | 22,7 | -0,18 | 0 | -0,09 | -1,8 | 20,9 = 7,58 " |
| 6. | 29,59 | 28 | 17,5 | +0,07 | 0 | +0,035 | +0,98 | 18,48 = 6,68 " |
| 7. | 34,53 | 17,5 | 23,9 | -0,13 | -0,10 | -0,115 | -2,0 | 21,9 = 7,94 " |

Für die Umrechnung in Cubikcentimeter ist zu beachten, dass die Ablesungen an verschiedenen Theilen der Scala gemacht wurden, sodass den einzelnen Scalentheilen in den verschiedenen Versuchen andere Reductionsfactoren zukamen.

Zusammenstellungen der aus den angeführten sieben Versuchen für jede Temperaturänderung um 1° berechnete Contraction γ :

Tabelle II.

| | | | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| $t = 8,99$ | 14,85 | 20,61 | 22,84 | 27,45 | 29,59 | 34,53 | |
| $\gamma = 0,159$ | 0,183 | 0,216 | 0,212 | 0,274 | 0,226 | 0,229 | Mittel 0,213 |

Hieraus berechnet sich für die drei angewandten Platingefässe der Wärmewerth γ für jeden Temperaturgrad auf:

| | | |
|-------------|--------------|----------------|
| γ | γ | γ |
| I 0,107 ccm | II 0,117 ccm | III 0,114 ccm. |

B. Specifische Wärme des Glases.

Die Beobachtungen wurden mit drei Glasstücken, b_1 , b_2 , b_3 gemacht. Zu den oben angegebenen Columnen kommt hier eine Columnen hinzu, welche das angewandte Glasstück enthält.

Tabelle III.

| Nummer des Versuchs | b | t | d | v | c_v | c_n | c | C | $d - C$ |
|---------------------------|-------|-------|------|-------|--------|--------|--------|-----------------|---------------|
| | | | emm | s | s | s | s | emm | emm |
| 1. | b_3 | 15,15 | 29,5 | 26,79 | -0,02 | 0 | -0,01 | - 0,3 | 74,03 = 26,68 |
| 2. | b_3 | 21,07 | 16,5 | 37,92 | -0,1 | -0,08 | -0,09 | - 1,485 = 0,54 | 37,38 |
| 3. | b_1 | 22,83 | 51 | 37,16 | -0,06 | -0,07 | -0,065 | - 3,32 = 1,21 | 35,95 |
| 4. | b_3 | 24,39 | 44,5 | 28,29 | +0,567 | +0,607 | +0,587 | +26,22 = +9,439 | 37,728 |
| 5. | b_1 | 28,43 | 37,4 | 47,09 | -0,09 | -0,13 | -0,11 | - 4,10 = -1,488 | 45,60 |
| 6. | b_1 | 30,20 | 45 | 43,72 | +0,30 | +0,22 | +0,26 | +11,75 = +4,25 | 47,97 |

Die folgende Tabelle enthält die aus dem Vorstehenden gezogene mittlere Contraction für 1° und in der dritten Columnen dieselben Zahlen reducirt auf das Glasstück b_1 , dessen Gewicht $m = 7,5852$ g war.

Tabelle IV.

| t | γ | γ red. auf b_1 | t | γ | γ red. auf b_1 |
|------------------|-----------|-------------------------|-------|-----------|-------------------------|
| 15,15 | 1,762 cmm | 1,594 cmm | 24,39 | 1,547 cmm | 1,538 cmm |
| 21,07 | 1,774 „ | 1,6054 „ | 28,43 | 1,604 „ | 1,604 „ |
| 22,83 | 1,5740 „ | 1,5740 „ | 30,20 | 1,588 „ | 1,588 „ |
| Mittel 1,586 cmm | | | | | |

Daraus folgt für die benutzte Glaskapsel der Wärmewerth γ für jeden Temperaturgrad:

$$\gamma = 0,623 \text{ ccm.}$$

Aus den für das Platin beobachteten Werthen geht eine sehr beträchtliche Zunahme der mittleren specifischen Wärme mit der Temperatur hervor. Eine Ausnahme in dem stetigen Anwachsen bildet der für die Temperatur $27,45^\circ$ beobachtete Werth. Derselbe scheint irrig zu sein. Da jedoch Unregelmässigkeiten bei der Beobachtung nicht nachzuweisen waren, musste er mit berücksichtigt werden. Die scheinbare Zunahme der specifischen Wärme, welche zum Theil auch darauf geschoben werden kann, dass bei den niedrigeren Temperaturen die Correction aus der freiwilligen Bewegung einen grösseren Einfluss hat, spielt bei den aus den Wärmewerthen der Platinkapsel zu berechnenden Correctionen eine so unbedeutende Rolle, dass sie gänzlich in dem Bereiche der Beobachtungsfehler liegt. Daher habe ich mich mit dem Mittel aus allen Beobachtungen begnügt.

C. Specifische Wärme des Wassers.

Zu den Columnen der vorigen Tabelle treten hinzu diejenige γ , welche den Wärmewerth des angewandten Gefässes und diejenige D , welche die aus den beobachteten Werthen abgeleiteten, für die Wassermenge in dem Gefässe N geltenden Werthe für die Contraction enthält. An Stelle der Columnen $d - C$ tritt die Columnen $d - C - \gamma$.

Tabelle V.

| Nr. | Nr der Kapsel | t | d | v | c_v | c_n | c | C | γ | $d - C - \gamma$ | D |
|-----|---------------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------------|---------|----------|------------------|-----|
| | | | | | s | s | s | s cmm | cmm | cmm | cmm |
| 1. | II | 1,60 32' | 7,91 | +0,02 | +0,02 | +0,02 | +0,64 = 0,23 | +0,18 | 7,50 | 10,86 | |
| 2. | I | 2,09 20 | 11,81 | +0,1 | +0,08 | +0,09 | +1,8 = 0,653 | +0,23 | 10,93 | 15,22 | |
| 3. | II | 2,14 28,5 | 10,60 | +0 | +0,04 | +0,02 | +0,57 = 0,21 | +0,27 | 10,12 | 14,66 | |

Die freiwillige Bewegung des Quecksilberfadens blieb bei allen Versuchen vor und nach denselben in der gleichen Weise sich ähnlich wie bei diesen drei Versuchen. Daher führe ich dieselbe nicht mehr getrennt auf, sondern begnüge

mich mit der Angabe der daraus folgenden ganzen Correction C .

| Nr. | Nr. der Kapsel | t | d | v | C | γ | $d - C - \gamma$ | D |
|-----|----------------|-------|------|--------|-------|----------|------------------|--------|
| | | | | emm | emm | emm | emm | emm |
| 4. | II | 2,29° | 19' | 12,48 | +0,1 | 0,28 | 12,10 | 17,54 |
| 5. | II | 2,52 | 25 | 13,83 | +0,07 | 0,31 | 13,45 | 19,50 |
| 6. | II | 2,58 | 19 | 14,25 | +0,09 | 0,32 | 13,84 | 19,96 |
| 7. | I | 3,20 | 41 | 17,75 | 0 | 0,36 | 17,39 | 23,88 |
| 8. | II | 3,96 | 32,5 | 18,17 | -0,04 | 0,50 | 17,61 | 25,96 |
| 9. | II | 4,86 | 26,5 | 26,32 | -0,16 | 0,61 | 25,87 | 38,15 |
| 10. | I | 4,96 | 26 | 27,44 | -0,10 | 0,57 | 26,97 | 37,02 |
| 11. | II | 5,8 | 42,7 | 30,43 | -0,18 | 0,72 | 29,89 | 44,07 |
| 12. | I | 6,22 | 22 | 33,68 | -0,06 | 0,70 | 33,04 | 45,36 |
| 13. | II | 6,43 | 17,5 | 33,47 | 0 | 0,79 | 32,68 | 47,37 |
| 14. | II | 6,87 | 22 | 36,79 | +0,04 | 0,85 | 35,90 | 52,07 |
| 15. | II | 7,37 | 20 | 40,71 | +0,1 | 0,91 | 39,79 | 57,74 |
| 16. | I | 7,62 | 48,5 | 43,81 | -0,15 | 0,86 | 43,10 | 59,18 |
| 17. | II | 7,66 | 49,2 | 40,82 | -0,22 | 0,90 | 40,14 | 59,19 |
| 18. | III | 9,71 | 39 | 63,34 | 0,08 | 1,18 | 62,12 | 75,15 |
| 19. | I | 11,12 | 25 | 66,98 | 0,2 | 1,28 | 65,63 | 91,02 |
| 20. | II | 11,44 | 20 | 66,43 | 0,12 | 1,43 | 64,88 | 93,90 |
| 21. | II | 12,12 | 31 | 70,95 | 0,6 | 1,51 | 68,84 | 99,40 |
| 22. | III | 12,89 | 35 | 83,67 | -0,07 | 1,59 | 82,15 | 99,38 |
| 23. | II | 13,61 | 40,2 | 72,55 | -0,47 | 1,70 | 71,32 | 105,16 |
| 24. | I | 13,84 | 56 | 77,25 | -0,5 | 1,58 | 75,72 | 103,96 |
| 25. | I | 14,54 | 39 | 78,12 | -0,03 | 1,67 | 76,48 | 105,00 |
| 26. | III | 15,11 | 32 | 98,24 | -0,03 | 1,86 | 96,41 | 116,63 |
| 27. | I | 15,21 | 35 | 88,42 | 0,37 | 1,74 | 86,31 | 118,47 |
| 28. | II | 16,00 | 54,5 | 87,38 | 0,28 | 2,00 | 85,10 | 124,09 |
| 29. | II | 16,67 | 28 | 92,73 | 0 | 2,08 | 90,65 | 132,35 |
| 30. | II | 17,81 | 20 | 102,33 | 0,02 | 2,21 | 100,10 | 145,89 |
| 31. | I | 18,12 | 33 | 112,07 | 0,27 | 2,07 | 109,73 | 150,49 |
| 32. | I | 19,20 | 34 | 116,43 | 0,1 | 2,20 | 114,13 | 159,24 |
| 33. | II | 19,61 | 34 | 107,98 | 0,3 | 2,46 | 105,49 | 155,62 |
| 34. | IV | 20,61 | 37 | 174,09 | -0,34 | 13,03 | 161,40 | 161,40 |
| 35. | III | 23,13 | 18 | 144,95 | -0,26 | 2,84 | 142,37 | 172,22 |
| 36. | II | 23,61 | 32,2 | 119,73 | 0,42 | 2,96 | 116,35 | 170,21 |
| 37. | IV | 24,13 | 62,5 | 202,39 | 0,5 | 13,25 | 186,64 | 186,64 |
| 38. | III | 24,43 | 50,0 | 174,90 | 0,31 | 3,01 | 171,58 | 207,56 |
| 39. | IV | 25,31 | 59,1 | 212,94 | -0,64 | 16,00 | 197,6 | 197,6 |
| 40. | I | 27,44 | 38 | 178,55 | 0,01 | 3,36 | 175,2 | 211,96 |
| 41. | IV | 28,54 | 26 | 240,30 | -0,19 | 18,04 | 222,46 | 222,46 |
| 42. | II | 28,83 | 46 | 160,68 | -0,08 | 3,61 | 157,15 | 230,36 |
| 43. | II | 29,23 | 30 | 157,47 | 0,03 | 3,68 | 153,76 | 224,5 |
| 44. | II | 29,82 | 45 | 163,13 | 0 | 3,74 | 159,39 | 232,79 |
| 45. | III | 29,26 | 55,2 | 198,87 | -0,17 | 3,59 | 195,45 | 236,46 |
| 46. | III | 30,18 | 33 | 196,76 | -0,34 | 3,71 | 193,39 | 233,94 |
| 47. | II | 30,23 | 35 | 165,19 | 0,45 | 3,79 | 160,95 | 236,44 |
| 48. | IV | 30,37 | 39 | 256,05 | -0,24 | 19,19 | 237,10 | 237,10 |
| 49. | IV | 31,85 | 39 | 272,83 | -0,07 | 20,12 | 252,78 | 252,78 |
| 50. | II | 31,63 | 46,9 | 171,89 | -0,42 | 3,97 | 167,50 | 245,56 |
| 51. | III | 31,99 | 30 | 210,07 | -0,06 | 3,89 | 206,24 | 249,48 |

Die in dieser Tabelle aufgeführten Zahlen zeigen keine ausserordentlich gute Uebereinstimmung; die Abweichungen derselben voneinander steigen, was zu erwarten ist, der absoluten Grösse nach mit der Temperatur. Weil den Zahlen die wünschenswerthe Genauigkeit fehlt, so sind die aus ihnen gezogenen Resultate nur als orientirende anzusehen. Die detaillirte Ausmittlung des Verlaufs der spec. Wärme muss einer weiteren Untersuchung, bei welcher für jeden Temperaturgrad mehrere Werthe, aus denen ein Mittel genommen werden kann, zu bestimmen sind, vorbehalten bleiben.

Es fällt in der Tabelle zunächst auf, dass die Versuche mit dem Glasgefässe fast durchweg geringere Werthe geben, als die mit den Platingefässen, nur von $25,31^{\circ}$ an schliessen sich die Beobachtungen mit beiden Gefässarten einander an.

Zwischen 20 und 23° scheint sich die spec. Wärme eigenthümlich zu verhalten, denn ein so geringer Fortschritt in der Contraction ist an keiner anderen Stelle zu finden.

Den Verlauf der spec. Wärme habe ich aus den aufgeführten Zahlen graphisch zu ermitteln gesucht, indem ich die einzelnen Beobachtungen auf Coordinatenpapier auftrug und mit der Hand die Curve durchlegte, welche sich den Beobachtungen am meisten anschmiegt unter der Voraussetzung, dass diese Curve einen stetigen Verlauf hat. Mehrere Versuche gaben stets denselben Curvenzug.

Aus dieser Curve wurden die zu den Temperaturen. $2, 3, 4^{\circ}$ etc. gehörigen Contractionen entnommen und dann eine Formel zur Darstellung derselben aufgesucht.

Ich gebe in der folgenden Tabelle VI diese Werthe, wie sie sich aus der Curve ergaben.

Die erste Columnne t enthält die Temperaturen, die zweite D die zugehörigen Contractionen, die dritte d die Differenzen der letzteren für je 1° , die vierte C die mittleren Contractionen für den Temperaturbereich von 0° bis zu der betreffenden Temperatur.

Die darauf folgende Tabelle enthält dieselben Werthe für den Fall, dass die Temperaturen nach dem Luftthermometer gemessen werden. Die Bedeutung der übrigen dieser Tabelle beigegebenen Columnen wird nachher angegeben.

Tabelle VI.

| <i>t</i> | <i>D</i> | <i>d</i> | <i>C</i> | <i>t</i> | <i>D</i> | <i>d</i> | <i>C</i> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2 | 13,75 | 8,25 | 6,88 | 16 | 125,0 | | 7,81 |
| 3 | 22 | 7,5 | 7,33 | 17 | 132,8 | 7,8 | 7,81 |
| 4 | 29,5 | 8,0 | 7,50 | 18 | 141,5 | 8,7 | 7,86 |
| 5 | 37,5 | 8,0 | 7,58 | 19 | 149,0 | 7,5 | 7,83 |
| 6 | 45,5 | 8,5 | 7,58 | 20 | 157,2 | 8,2 | 7,86 |
| 7 | 54 | 8,5 | 7,71 | 21 | 164,5 | 7,3 | 7,83 |
| 8 | 62,5 | 8,0 | 7,81 | 22 | 172,0 | 7,5 | 7,82 |
| 9 | 70,5 | 7,9 | 7,84 | 23 | 179,6 | 7,6 | 7,81 |
| 10 | 78,4 | 8,3 | 7,84 | 24 | 187,5 | 7,9 | 7,81 |
| 11 | 86,1 | 8,3 | 7,83 | 25 | 195,0 | 7,5 | 7,80 |
| 12 | 94,4 | 7,8 | 7,87 | 26 | 203,2 | 8,2 | 7,82 |
| 13 | 102,2 | 7,8 | 7,86 | 27 | 211,0 | 7,8 | 7,81 |
| 14 | 110,0 | 7,4 | 7,86 | 28 | 218,3 | 7,3 | 7,80 |
| 15 | 117,4 | 7,6 | 7,83 | 29 | 225,5 | 7,2 | 7,77 |
| 16 | 125,0 | | 7,81 | 30 | 233,5 | 8,0 | 7,78 |

Tabelle VII.

Temperaturen nach Angaben des Luftthermometers.

| <i>t</i> | <i>D</i> | <i>d</i> | <i>C</i> | <i>D</i> berechnet | δ Differenz der berech. 2. und 5. Colunne |
|----------|----------|----------|----------|-----------------------|---|
| 2 | 14,0 | 8,0 | 7,0 | 13,7 | -0,3 |
| 3 | 22,0 | 7,7 | 7,33 | 21,7 | -0,3 |
| 4 | 29,7 | 7,8 | 7,42 | 29,8 | +0,1 |
| 5 | 37,5 | 8,2 | 7,50 | 37,8 | +0,3 |
| 6 | 45,7 | 8,3 | 7,61 | 45,9 | +0,2 |
| 7 | 54,0 | 8,5 | 7,71 | 53,9 | -0,1 |
| 8 | 62,5 | 8,0 | 7,81 | 61,9 | -0,6 |
| 9 | 70,5 | 8,0 | 7,83 | 70,0 | +0,5 |
| 10 | 78,5 | 8,2 | 7,85 | 78,1 | -0,4 |
| 11 | 86,5 | 7,8 | 7,89 | 86,1 | -0,4 |
| 12 | 94,7 | 8,0 | 7,89 | 94,2 | -0,5 |
| 13 | 102,5 | 8,0 | 7,89 | 102,2 | -0,3 |
| 14 | 110,5 | 8,0 | 7,89 | 110,3 | -0,2 |
| 15 | 118,5 | 8,0 | 7,90 | 118,4 | -0,1 |
| 16 | 126,5 | 8,1 | 7,91 | 126,5 | +0,1 |
| 17 | 134,5 | 8,1 | 7,91 | 134,6 | +0,1 |
| 18 | 142,6 | 8,5 | 7,92 | 142,7 | +0,1 |
| 19 | 150,7 | 8,0 | 7,94 | 150,9 | +0,2 |
| 20 | 159,2 | 7,5 | 7,96 | 159,0 | -0,2 |
| 21 | 167,2 | 7,6 | 7,96 | 167,2 | +0,0 |
| 22 | 174,7 | 7,7 | 7,94 | 174,9 | +0,2 |
| 23 | 182,3 | 7,8 | 7,93 | 182,6 | +0,3 |
| 24 | 190,0 | | 7,92 | 190,3 | +0,3 |

| <i>t</i> | <i>D</i> | <i>d</i> | <i>C</i> | <i>D</i> berechn. | <i>δ</i> |
|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|
| 25 | 197,8 | | 7,91 | 198,0 | +0,2 |
| 26 | 205,7 | 7,9 | 7,91 | 205,7 | +0,0 |
| 27 | 213,2 | 7,5 | 7,89 | 213,4 | +0,2 |
| 28 | 221,0 | 7,8 | 7,89 | 221,1 | +0,1 |
| 29 | 228,7 | 7,7 | 7,88 | 228,8 | +0,1 |
| 30 | 236,5 | 7,8 | 7,88 | 236,5 | +0,0 |

Beide Tabellen stimmen darin überein, dass die mittlere spec. Wärme (welche durch die Contraction gemessen wird) erst zu und dann abnimmt. Bei Tabelle VII zeigt sich dieses am regelmässigsten. Das Maximum liegt verschieden, je nachdem die Temperatur nach dem Quecksilberthermometer oder nach dem Luftthermometer gemessen wurde. Bei ersterem liegt das Maximum etwa bei 12°, bei letzterem bei 20°.

Die Differenzen zwischen den Werthen *D* der Columnne 2 stimmen, wie die Columnne 3 „*d*“ zeigt, ziemlich überein, sie schwanken um einen Mittelwerth, der aber bei den niedrigen Temperaturen offenbar ein grösserer ist, wie bei den höheren. Es werden sich daher die Werthe *D* annähernd genau durch zwei Grade darstellen lassen, welche sich in dem Punkte kreuzen, wo das Maximum der mittleren spec. Wärme stattfindet. Ich habe eine complicirtere Darstellung nach der Formel $D = a(b - t)^c$ versucht, aber keine genauere Darstellung erhalten, als wenn ich den berechneten Werthen zu Grunde lege die beiden Formeln:

$$D = 14 + 8,063(t - 2) \text{ bis } 20^\circ,$$

$$D = 167 + 7,77(t - 21) \text{ von } 21^\circ \text{ an,}$$

und zwar für die Werthe, welche den Temperaturen des Luftthermometers entsprechen. In der Columnne „*D* berechnet“ finden sich diese berechneten Werthe, in der folgenden „*δ*“ die Differenzen gegen die Werthe *D* der zweiten Columnne. Diese Darstellung durch die angegebenen Formeln würde also bedeuten, dass die wahre spec. Wärme dc/dt annähernd als constant mit einem Wendepunkt bei 20° angesehen werden kann.

Die Angaben der Tabelle VII stimmen qualitativ vollkommen mit den von Rowland nach der Mischungsmethode

ermittelten Resultate, wie die folgende Vergleichstabelle zeigen wird. In der früher citirten Arbeit findet sich das Verhältniss der mittleren spec. Wärmen für verschiedene Temperaturintervalle berechnet. Ich berechne aus den Zahlen *D* der zweiten Columnne Tabelle VII dieselben Werthe.

Tabelle VIII.

| Temperaturintervall | Verhältniss der mittleren specifischen Wärmen nach | | Temperaturintervall | Verhältniss der mittleren specifischen Wärmen nach | |
|---------------------|--|--------|---------------------|--|--------|
| | Rowland | Neesen | | Rowland | Neesen |
| 0—18° | 1,0025 | 1,0099 | 0—16° | 1,0010 | 0,9959 |
| 18—27° | | | 16—24° | | |
| 0—17° | 1,0024 | 1,0079 | 0—21° | 1,0045 | 1,0358 |
| 17—29° | | | 21—28° | | |
| 0—18° | 1,0067 | 1,0111 | 20—24° | 0,9983 | 0,9794 |
| 18—30° | | | 24—29° | | |
| 0—17° | 1,0027 | 1,0001 | | | |
| 17—25° | | | | | |

Bis auf den Werth 0 — 21/21 — 28° ist der Verlauf dieser Verhältnisse nach beiden Reihen derselbe. Quantitativ ist allerdings ein grosser Unterschied vorhanden.

Zum Schluss gebe ich noch eine Zusammenstellung der direct beobachteten Contractionen aus Tabelle V und der nach den beiden Formeln p. 384 berechneten Werthe. Die Temperaturen sind auf das Luftthermometer bezogen. Daher etwas andere Werthe wie in Tabelle V.

Tabelle IX.

| Nr. | Nr. der Kapsel | <i>t</i> | <i>D</i> beob. | <i>D</i> ber. | Differenz δ |
|-----|----------------|----------|----------------|---------------|--------------------|
| 2. | II | 2,09 | 15,22 | 14,72 | — 0,5 |
| 3. | II | 2,14 | 14,66 | 15,13 | + 0,47 |
| 4. | II | 2,29 | 17,54 | 16,34 | — 1,2 |
| 5. | II | 2,52 | 19,50 | 18,19 | — 1,31 |
| 6. | II | 2,58 | 19,96 | 18,68 | — 1,28 |
| 7. | I | 3,19 | 23,88 | 23,59 | — 0,29 |
| 8. | II | 3,95 | 25,96 | 29,72 | + 3,76 |
| 9. | I | 4,85 | 38,15 | 36,97 | — 1,18 |
| 10. | I | 4,95 | 37,02 | 37,78 | + 0,56 |
| 11. | II | 5,79 | 44,07 | 44,56 | + 0,49 |
| 12. | I | 6,21 | 45,36 | 47,94 | + 2,58 |
| 13. | II | 6,41 | 47,37 | 49,56 | + 2,19 |

| Nr. | Nr. der Kapsel | t | D beob. | D ber. | Differenz δ |
|-----|-------------------|-------|-----------|----------|--------------------|
| 14. | II | 6,87 | 52,07 | 53,10 | + 1,03 |
| 15. | II | 7,35 | 57,74 | 57,14 | - 0,60 |
| 16. | I | 7,60 | 59,18 | 59,15 | - 0,03 |
| 17. | II | 7,64 | 59,19 | 59,47 | + 0,28 |
| 18. | III | 9,68 | 75,15 | 75,92 | + 0,77 |
| 19. | I | 11,08 | 91,02 | 87,21 | - 3,89 |
| 20. | II | 11,40 | 93,90 | 89,79 | - 4,11 |
| 21. | II | 12,07 | 99,40 | 95,19 | - 4,21 |
| 22. | I | 12,84 | 99,38 | 101,40 | + 2,02 |
| 23. | II | 13,56 | 105,16 | 107,20 | + 2,04 |
| 24. | I | 13,78 | 103,96 | 108,97 | + 5,01 |
| 25. | I | 14,48 | 105,00 | 114,62 | + 9,62 |
| 26. | III | 15,04 | 116,63 | 119,14 | + 2,49 |
| 27. | I | 15,14 | 118,47 | 119,95 | + 1,48 |
| 28. | II | 15,94 | 124,09 | 126,39 | + 2,3 |
| 29. | II | 16,55 | 132,35 | 131,31 | - 1,04 |
| 30. | II | 17,72 | 145,89 | 140,74 | - 5,15 |
| 31. | I | 18,03 | 150,49 | 143,24 | - 7,25 |
| 32. | I | 19,10 | 159,24 | 151,88 | - 7,36 |
| 33. | II | 19,51 | 155,62 | 155,18 | - 0,44 |
| 34. | IV | 20,50 | 161,40 | 163,16 | + 1,76 |
| 35. | II | 23,50 | 170,21 | 186,62 | + 16,41 |
| 36. | III | 23,02 | 172,22 | 182,69 | + 10,47 |
| 37. | IV | 24,02 | 186,64 | 190,46 | + 3,82 |
| 38. | III | 24,32 | 207,56 | 192,79 | - 14,77 |
| 39. | IV | 25,19 | 197,60 | 199,55 | + 1,95 |
| 40. | III | 27,32 | 211,96 | 216,10 | + 4,14 |
| 41. | IV | 28,42 | 222,46 | 224,64 | + 2,18 |
| 42. | II | 28,71 | 230,36 | 226,91 | - 3,45 |
| 43. | II | 29,11 | 224,50 | 230,02 | + 5,52 |
| 44. | I | 29,14 | 236,46 | 230,25 | - 6,21 |
| 45. | II | 29,70 | 232,79 | 234,59 | + 2,20 |
| 46. | III | 30,06 | 233,94 | 237,39 | + 3,45 |
| 47. | II | 30,12 | 236,44 | 237,86 | + 1,42 |
| 48. | IV | 30,75 | 237,10 | 238,86 | + 1,76 |

Aus dem Verlaufe der allerdings ziemlich bedeutenden Abweichungen ist zu erkennen, dass eine zusammengesetztere Formel, wie die lineare, die Beobachtungen besser darstellen würde. Indessen habe ich aus den directen Beobachtungen eine sich enger anschliessende Formel nicht aufgesucht, weil ich, wie früher schon erwähnt, diese Werthe nur als allgemein orientirende über den Verlauf der spec. Wärme des Wassers ansehe.

Die spec. Wärme wächst, soviel geht aus den angegebenen Zahlen hervor, nicht stetig mit der Temperatur, sondern nimmt nach einem anfänglichen Wachsthum ab. Sie scheint mit Fortschreiten der Temperatur zu pendeln.

Berlin, 16. December 1882.