

Bav. 2469 / 1866, 2

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften
zu München.

Jahrgang 1866. Band II.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1866.

In Commission bei G. Franz.

2

60 6

Herr Jolly legte eine Abhandlung des Herrn Dr. Recknagel vor:

„Ueber Volumenänderung des Weingeistes durch die Wärme.“

Es ist von mehrfachem Interesse, die Volumenänderungen kennen zu lernen, welche Weingeist durch Erniedrigung seiner Temperatur unter den Nullpunkt der Celsius'schen Thermometerscala erfährt. Denn erstlich ist man zur Zeit noch unsicher, was von den Angaben der Weingeistthermometer zu halten ist, die man zur Messung sehr tiefer Temperaturen verwendet, dann bedarf man in der Alkoholometrie das spezifische Gewicht des Weingeistes bis zu -25°C. ¹⁾, ohne dasselbe aus Messungen entnehmen zu können, welche bis zu dieser Temperatur hinabreichen. —

Die vorliegende Arbeit füllt diese Lücke in der Alkoholometrie aus und kann zugleich auch als ein Beitrag zur Thermometrie betrachtet werden, da durch dieselbe die Volumenänderungen ermittelt sind, welche Weingeist von 100 bis 30 Volumenprocenten innerhalb des Intervalls von $+47$ bis -39°C. erfährt und auch noch einige thermometrische Versuche zur Vergleichung des Quecksilberthermometers und Weingeistthermometers mit dem Luftthermometer unter 0° beigefügt sind. —

1) Vgl. Brix, der Alkoholometer etc. 3. Auflage. Berlin 1864. Vorwort p. V.

1. Messung der Temperatur.

Die Temperaturen sind über 0° mit dem Quecksilberthermometer gemessen, unter 0° wurden dieselben grösstentheils durch das Luftthermometer, einige zwischen 0° und -25° durch das Quecksilberthermometer, viele durch beide Thermometer zugleich bestimmt.

Die Einrichtung des Luftthermometers ist im Allgemeinen dieselbe geblieben, wie sie zur Vergleichung dieses Thermometers mit dem Quecksilberthermometer verwendet worden war und in Pogg. Annalen Bd. CXXIII. S. 115 ff. beschrieben ist; nur das (constant erhaltene) Volumen (V) der Luft musste dieses Mal aus Rücksicht auf Raumersparniss kleiner genommen werden, und betrug in einem cylindrischen Gefässe von ungefähr 12 Centimeter Länge 30,9538 CC.

Der Raum (v), welcher der Temperatur der Umgebung ausgesetzt bleiben musste und durch eine Capillare von sehr engem Kaliber mit V in Verbindung stand, fasste 0,2664 CC. also 0,008606 des ganzen Volumens.

Dieses Verhältniss $\left(\frac{v}{V}\right)$ ist noch hinreichend klein, um einen Fehler der Messung im Betrage von $0,01^{\circ}$ erst dann herein zu bringen, wenn man sich über die Temperatur der Luft in (v) um mehr als einen Grad irrt.

Es konnte aber ein so günstiges Verhältniss nur dadurch hergestellt werden, dass die Glasröhre, an deren oberem Ende sich der Raum (v) befindet, enger genommen wurde, als die mit ihr communicirende Messröhre. Die Differenz der Capillardepression wurde für ein von der verwendeten Röhre abgebrochenes Stück im Mittel aus

3 Messungen gleich $0,80^{\text{mm}}$ gefunden²⁾). Diese Grösse ist von jeder über dem Niveau der Spitze in (v) gemessenen Quecksilbersäule abgezogen worden.

Zum Trocknen des Gefässes (V) und zur Befreiung der Luft von beigemischtem Wasserdampfe wurde dasselbe Verfahren angewendet, welches sich schon bei früheren Versuchen bewährt hatte. Man besitzt überdies in der Kenntniss der zwischen 0° und 100° C. zusammengehörigen Temperaturangaben des Luftthermometers und eines normalen Quecksilberthermometers ein hinreichend empfindliches Mittel, zu prüfen, ob man mit trockner Luft arbeitet oder nicht, indem man sich leicht überzeugen kann, dass nach schlechtem Austrocknen die Temperaturangaben des Luftthermometers — mit dem normalen Ausdehnungscoefficienten 0,003668 gerechnet — merklich höher ausfallen, als man nach der Pogg. Annal. a. a. O. S. 131 gegebenen Tabelle erwarten darf. Eine solche Probe findet man in Nr. 67 und 68 der Tafel 1 eingetragen. Sie war hier besonders erwünscht, da zur Bestimmung des Ausdehnungscoefficienten der Luft zwischen 0° und 100° und zugleich zur Messung tiefer Temperaturen die Scala des Apparates nicht würde ausgereicht haben.

Die Gleichung, aus welcher die Temperaturangaben (T) des Luftthermometers gerechnet sind, ist

$$(H_0 + h_0) \left(1 + \frac{v}{V} \frac{1 + \beta t_0}{1 + \alpha t_0} \right) = (H + h) \left(\frac{1 + \beta T}{1 + \alpha T} + \frac{v}{V} \frac{1 + \beta t}{1 + \alpha t} \right)$$

2) Diese Messung kann mit dem Apparate selbst ausgeführt werden, indem man den horizontalen Faden eines Fernrohrs fest auf das Ende des tiefer stehenden Meniskus, die Spitze der Scala zuerst auf das Ende des höher stehenden Meniskus und, nach dessen Entfernung auf den horizontalen Faden des Fernrohrs einstellt. Die Differenz der 2 Scalablesungen ist die Differenz der Capillardpression.

worin H_0 und H die auf Quecksilber von 0° reducirten Barometerstände sind, welche bei Messung der Temperaturen 0° und T° beobachtet werden, h_0 und h die entsprechenden, ebenso reducirten Höhen der Quecksilbersäulen über dem Niveau der Spitze bedeuten. t_0 und t sind die zu den Temperaturen 0 und T des Bades gehörigen Temperaturen der Umgebung, endlich β und α die Ausdehnungscoefficienten des Glases und der Luft, von denen der erstere aus der Gleichung

$$100\beta = 0,002531 + 0,0000023t$$

gerechnet und der letztere constant gleich 0.003668 angenommen wurde.

Es wäre bei diesen Versuchen, die der Dauerhaftigkeit der tiefen Temperaturen wegen im Winter in einem ungeheizten Lokale angestellt werden mussten, oft mit zeitraubenden Umständlichkeiten oder Gefahren für die Genauigkeit verbunden gewesen, den Nullpunkt des Luftthermometers stets direkt durch Umhüllung des Ballons V mit Eis oder Schnee zu bestimmen, es wurde daher häufig der Werth der linken Seite obiger Gleichung (des Nullpunkts) dadurch ermittelt, dass die rechte Seite nach Einsetzung irgend einer bekannten, durch Vergleichung mit einem Quecksilberthermometer von bekanntem und constantem Nullpunkte ermittelten nahe an 0 liegenden Temperatur (T) und der als zugehörig beobachteten Spannungen etc. berechnet wurde.

Was die Ableitung der Formel, den Einfluss der Fehlerquellen und die Genauigkeit der Messung mit der hier verwendeten von Hrn. Prof. Jolly angegebenen Construction des Luftthermometers betrifft, darf ich auf den schon citirten Aufsatz verweisen.

Die verwendeten Quecksilberthermometer sind die nämlichen Scalenthermometer, welche früher zwischen 0° und 100° mit dem Luftthermometer waren verglichen worden,

so dass die Reduction ihrer Angaben auf die des Luftthermometers nach der a. a. O. gegebenen Tabelle unbedenklich vorgenommen werden durfte. Während das Therm. Nr. I. nur bis -5°C . hinabreichte, konnte mit Nr. II. bis -28°C . gemessen werden, und es schien mit Rücksicht auf das praktische Bedürfniss der Alkoholometrie zweckmässig, dieses Instrument zugleich mit dem Luftthermometer soweit als möglich zu verwenden.

2. Herstellung der Dilatometer.

Um den zu untersuchenden Weingeist herzustellen, wurde ein Alkohol, der nahezu absolut war, ($99\frac{1}{3}$ Vol %) mit Wasser so vermischt, dass beiläufig Mischungen von 10 zu 10 Volumenprocenten entstanden. Zur Aufnahme derselben wurden Dilatometer in folgender Weise construirt.

Auf Thermometerrohren, welche bei einer vorläufigen Untersuchung sich nahe cylindrisch gezeigt hatten, wurde eine Theilung aufgeätzt (ungefähr 40 Theilstriche auf 30^{mm} Länge), dann das Kaliber und damit zugleich die Theilung durch eingelassene Quecksilberfäden mehrmals sorgfältig untersucht, und für jede Röhre, welche nicht rein cylindrisch erschien, eine Tabelle von Correcturen zur Reduction auf ein als normal angenommenes Kaliber entworfen.

Um ferner den kubischen Inhalt eines Theilstrichs zu bestimmen, wurden die eingelassenen Quecksilberfäden gewogen und das gefundene Gewicht des Fadens durch die Anzahl der auf normales Kaliber reducirten Theilstriche und durch das ($= 13,596$ angenommene) spezifische Gewicht des Quecksilbers dividirt. Um hierin genau zu verfahren, wurde der gefundene Quotient noch mit

$$\frac{1 + \gamma t}{1 + \beta t}$$

(γ Ausdehnungscoefficient des Quecksilbers, β des Glases) multipliziert, wenn Röhre und Quecksilber bei Messung der

Fadenlänge die Temperatur t hatten. So wurde beispielsweise für den Theilstrich des Dilatometers Nr. 4 durch Wägung von 3 Fäden erhalten

$$\begin{array}{rcl}
 & \text{cc} & \\
 & 0,00019384 & \\
 & 0,00019384 & \\
 & \underline{0,00019391} & \\
 \text{Mittel} & 0,00019386 & (\text{kleinstes Kaliber})
 \end{array}$$

Für das Dilatometer Nr. 3

$$\begin{array}{rcl}
 & 0,00058414 & \\
 & \underline{0,00058464} & \\
 \text{Mittel} & 0,00058431^3 & (\text{grösstes Kaliber})
 \end{array}$$

Gegen die Verwendung der so erhaltenen Inhaltsbestimmungen konnte das Bedenken erhoben werden, ob Flüssigkeiten, welche, wie Weingeist, Glas benetzen, wegen ihres engeren Anschmiegens an die Wände und der von der Theorie der capillaren Erscheinungen angenommenen Verdichtung an denselben, in einer engen Glasröhre nicht eine kleinere Anzahl von Längentheilstreichen ausfüllen als ein ausserhalb gleich grosses Volumen Quecksilber.

Obwohl kaum bezweifelt werden darf, dass ein solcher Unterschied vorhanden ist, so scheint er doch nicht so bedeutend, dass er in einem zur Untersuchung desselben mit dem Apparate Nr. 3 angestellten Versuche hervortreten konnte. Es wurde nämlich durch zwei aufeinanderfolgende Wägungen dieses Apparates das Gewicht einer 122,1 Theilstreiche der Röhre füllenden Wassersäule bestimmt und gleich $0,0713^{\text{gr}}$ gefunden, während die Rechnung mit dem

3) Das Mittel ist hier mit doppeltem Gewichte des ersten Resultats genommen, weil dabei ein Faden von doppelter Länge verwendet war.

durch Wägung von Quecksilberfäden bestimmten Inhalte des Theilstrichs

$$122,1 \cdot 0,00058431 = 0,07134^{\text{gr}}$$

als Gewicht jener Wassersäule ergibt. Auf dieses Resultat hin wurden die auf angegebene Weise gewonnenen Raumbestimmungen als unbedenklich angenommen.

An die getheilten Röhren wurden cylindrische Glasgefäße von 0,7 bis 2,5 CC. Inhalt angeblasen. Zur Ermittlung ihres cub. Inhaltes wurden die Apparate mit luftfreiem Wasser gefüllt und der Theilstrich notirt, bei welchem die Wassersäule endigte, wenn der ganze Apparat die Temperatur des schmelzenden Schnees angenommen hatte. Durch Wägung des gefüllten und dann des sorgfältig ausgetrockneten Dilatometers wurde das Gewicht des Wassers erhalten, mit welchem dasselbe gefüllt war. Um nun von der so gefundenen Anzahl von Grammes auf die Anzahl der Cubikcentimeter überzugehen, welche der Apparat fasst, hat man zu beachten, dass das Gewicht von 1 CC Wasser im Maximum seiner Dichte und im luftleeren Raume einem Gramme gleich ist. Man hat folglich die für Wasser von 0° gefundene Anzahl von Grammes noch durch 0,99987 (Dichte des Wassers bei 0°) zu dividiren und dazu die Gewichts-differenz der von dem Wasser einerseits und von den Messinggewichten andererseits verdrängten Luft zu addiren. So wurde beispielsweise für das bei 0°C. mit Wasser bis zum Theilstriche 216,6 gefüllte Dilatometer Nr. 4 gefunden:

Gewicht	Bar.	Temp.
^{gr} 13,5648	^{mm} 722,7	10°C ,
leer wog es		
^{gr} 12,8325	720,0	^o 7,4 .

Das spezifische Gewicht des Glases zu 2,5, das des

Messings zu 8 angenommen, und das der Luft aus der Formel

$$0,001293 \frac{B}{760 (1 + 0,003668 t)}$$

berechnet; erhält man für das Gewicht im leeren Raume

a) des leeren Apparates

$$12,8325 + 12,8325 \cdot 0,0011927 \left(\frac{1}{2,5} - \frac{1}{8} \right)$$

b) des gefüllten Apparates

$$12,8325 + 12,8325 \cdot 0,0011864 \left(\frac{1}{2,5} - \frac{1}{8} \right) \\ + 0,7323 + 0,7323 \cdot 0,0011864 \left(1 - \frac{1}{8} \right)$$

also durch Subtraktion für das Gewicht des Wassers im leeren Raume:

$$0,7323^{\text{gr}} + 0,00074^{\text{gr}}$$

und endlich durch Reduction auf die grösste Dichte

$$\frac{0,73304}{0,99987} = 0,73313^{\text{gr}}$$

oder ebensoviele Cubikcentimeter für den Inhalt des Dilatometers bei 0° C. bis zum Theilstriche 216,6.

Nachdem die verwendeten 14 Dilatometer in dieser Weise bestimmt waren, wurden sie mit den verschiedenen Weingeistsorten gefüllt. Es schien wünschenswerth, den Weingeist von der Luft zu befreien, die er absorbirt hielt, ohne dabei seine procentische Zusammensetzung bedeutend zu ändern. Es wurde desshalb über das offene Ende der Röhre mittelst eines Stückchens Kautschukschlauch ein Trichter gestülpt und in diesen der für den Apparat bestimmte Weingeist geschüttet; nachdem dann durch wiederholtes Erwärmen in einem Wasserbade Luft aus dem Apparate ausgetrieben war, und dieser sich grösstentheils mit Weingeist gefüllt hatte, wurde die Temperatur des Bades bis zum Siedepunkte des Weingeists erhöht. Während nun die ausgekochte Luft entweicht, condensiren sich die Wein-

geistdämpfe entweder schon in der Röhre oder in der Flüssigkeit des Trichters, so dass bei Vollendung der Füllung das Destillationsprodukt zum Theil wieder mit dem Zurückgebliebenen vereinigt wird. Vollständige Erhaltung des Procentgehaltes würde dabei natürlich nur dann erreicht, wenn die Condensation vollständig wäre, und der Trichter genau die Menge des in den Apparat einzufüllenden Weingeists enthielte. Eine solche Genauigkeit ist hier nicht nöthig, da das spezifische Gewicht des eingefüllten Weingeists, welches im Apparate selbst bestimmt werden kann, zur Charakterisirung der untersuchten Mischung ausreicht.

Um nun dieses spezifische Gewicht für die Temperatur 0°C. zu ermitteln, wurden die gefüllten Dilatometer in schmelzenden Schnee gebracht und nach Notirung des Theilstrichs, bei welchem die Weingeistsäule endigte, gewogen. Da man aus den früheren Wägungen bereits den Inhalt des Reservoirs, der Theilstriche und das Gewicht des leeren Apparates kennt, so findet man leicht durch Rechnung das Gewicht des Wassers, welches im Maximum seiner Dichte einen gleich grossen Raum einnimmt wie der Weingeist von 0°C.

Es wog z. B. das Dilatometer Nr. 4, mit Weingeist von 0°C. bis zum Theilstrich 158,3 gefüllt, beim Barometerst. von 718,5^{mm} und 7°C. 13,4471.

Es wiegt also der Weingeist im luftleeren Raume

$$0,6146^{\text{gr}} + 0,00075^{\text{gr}} = 0,61535^{\text{gr}}.$$

Wasser, welches im Maximum seiner Dichte den gleichen Raum einnimmt, wiegt

$$0,72183^{\text{gr}},$$

so dass als spezifisches Gewicht des Weingeistes im Dilatometer Nr. 4 erhalten wird:

$$\frac{0,61535}{0,72183} = 0,8525.$$

Es folgt hier eine Zusammenstellung, in welcher für jedes Dilatometer angegeben ist:

- 1) Der kubische Inhalt (m) eines Theilstrichs der Röhre.
- 2) Das Volumen (M) des im Dilatometer befindlichen Weingeistes bei 0°C.
- 3) Das Verhältniss $\frac{m}{M}$, d. i. der Bruchtheil des ganzen Volumens, den ein Theilstrich ausmacht.
- 4) Das spezifische Gewicht des Weingeists bei 0°C.
- 5) Die Volumenprocente, welche diesem spez. Gewichte noch von Baumhauer und van Moorsel ⁴⁾ entsprechen.

Nr.	1. (m) CC.	2. (M) CC.	3. $\left(\frac{m}{M}\right)$	4. spez. Gew.	5. Volum- Proc.
1	0,00029392	0,66846	0,00044030	0,8100	99,3
2	0,00030337	0,65661	0,00046202	0,8089	99,5
3	0,00058431	2,61782	0,00022321	0,8106	99,1
4	0,00019386	0,72183	0,00026855	0,8525	88,2
5	0,00020478	1,00135	0,00020450	0,8530	88,1
6	0,00043357	1,09750	0,00039505	0,8762	79,85
7	0,00019517	0,68249	0,00028597	0,8762	79,85
8	0,00021551	0,99528	0,00021651	0,9061	68,1
9	0,00033474	0,98320	0,00034046	0,9099	66,5
10	0,00024564	0,71924	0,00034153	0,9440	50,3
11	0,00041740	1,59382	0,00026189	0,9603	40,0
12	0,00020618	0,71263	0,00028932	0,9604	40,0
13	0,00023861	0,71477	0,00033383	0,9710	30,0
14	0,00023658	0,70869	0,00033383	0,9710	30,0

4) E. H. von Baumhauer: Verhandeling over de digtheid, de uitzetting van Alkohl en van Mengsels van Alkohl en water. Amsterdam 1860. — Hätte ich mich hierin nach den Tafeln von Tralles gerichtet, so wären die Angaben der Volumenprocente hie und da um 0,1 (einmal um 0,2) verschieden ausgefallen, was für den vorliegenden Zweck — Ermittlung des Einflusses der Temperatur — indifferent gewesen wäre, weil Weingeistsorten, deren Stärke nur um 0,1 Vol. proc. verschieden ist, sich nicht merklich verschieden ausdehnen.

Methode der Versuche.

Die Temperaturen unter 0° , für welche das Volumen des Weingeists bestimmt werden sollte, mussten künstlich hergestellt werden. Bis zu -22° genügte eine Mischung von Kochsalz und Schnee, die tieferen Temperaturen wurden durch Vermengen von Schnee mit krystallisirtem Chlorcalcium erzeugt⁵⁾. Da beide Mischungen einen mehr oder weniger steifen Brei bilden, dessen Temperatur bald in fortgesetztem Steigen begriffen ist, so eigneten sie sich nicht zur unmittelbaren Umgebung des Luftthermometers und der Dilatometer; es wurde vielmehr die Kältemischung selbst in ein dickwandiges Glasgefäß von etwa 20 Centimeter Durchmesser gebracht, welches noch durch eine 4—5 Cent. dicke Hülle von Flaumfedern vor der Wärme der Umgebung geschützt war. In der Mitte dieses Gefäßes hieng ein Cylinder von dünnem Messingblech, dessen Inhalt durch Uebergiessen von Kältemischung mit Weingeist erhalten, dünnflüssig und anfangs einige Grade wärmer war als die Kältemischung, die ihn umgab. Das Luftthermometer, welches auf einem in vertikaler Richtung beweglichen Tischblatt aufgestellt war, wurde soweit herabgelassen, dass das Luftreservoir V etwa 3 Cent. unter das Niveau der Flüssigkeit im Messingcylinder einsank. Auf diesen passte ein Deckel von Messingblech, in welchem ausser Oeffnungen, um die Capillare des Luftthermometers und die 2 Stiele eines kreisringförmigen Rührers durchzulassen, noch 6 Röhrchen angebracht waren, in denen spiralförmig eingebogene

11) Mischungen von Schnee mit verdünnter Schwefelsäure, welche einigemal versucht wurden, zeigten sich weniger vortheilhaft, da ihre Temperatur rascher steigt, und auch noch andere Unbequemlichkeiten entstehen wie Gefahren der Beschädigung u. s. w.

Metallblättchen federnd die Dilatometer und Quecksilberthermometer fest hielten. Nachdem dieser Deckel aufgesetzt war, wurde der Rührer in Bewegung gesetzt und dabei durch ein Fernrohr das Ende der Weingeistsäulen in den Dilatometern beobachtet. Durch Einwirkung der äusseren Kältemischung auf die etwas wärmere Flüssigkeit im Messingcylinder muss diese weiter erkalten und endlich ein Minimum der Temperatur herbeigeführt werden, dessen Eintritt sich an den Dilatometern durch Beharrlichkeit des Volumens bemerkbar macht. Standen diese sämtlich einige Minuten unverändert, so wurde ihr Stand notirt, das Luftthermometer eingestellt, das Barometer abgelesen, und die Beobachtung wurde als vollendet angesehen, wenn nicht etwa fortdauernder Stillstand der Weingeistsäulchen oder sehr langsame Aenderung derselben noch zu weiteren Einstellungen einlud. Im letzteren Falle werden die sämtlichen um ein Minimum herum gemachten Einstellungen zu einer Beobachtung vereinigt.

Sobald eine Beobachtung beendet war, wurde zur Erzeugung eines neuen Minimums aus dem Messingcylinder ein Theil seines Inhalts herausgenommen und durch wärmere Flüssigkeit ersetzt, bis die Temperatur des Bades wieder um einige Grade höher war als die äussere Kältemischung...

Ueber 0° hat es keine Schwierigkeit, durch Regulirung einer Gasflamme ein Wasserbad, so lange als man will, auf hinreichend constanter Temperatur zu erhalten.

Rechnung des Volumens.

Sei k das Volumen des Reservoirs eines Dilatometers bis zum Theilstrich 0 bei 0° C,

m der von 2 Theilstrichen begrenzte Raum der Röhre bei 0° C,

a die Anzahl der Theilstriche, welche der Weingeist bei 0° C. ausfällt,

b die Anzahl der Theilstriche, welche der Weingeist bei $t^0\text{C.}$ ausfüllt, so ist erstlich

$k + ma$ (in obiger Zusammenstellung mit M bezeichnet)

Das Volumen des Weingeists bei 0^0C. , ferner

$$(K + mb)(1 + \beta t)$$

Das Volumen des Weingeists bei $t^0\text{C.}$, worin β den kub. Ausdehnungscoefficienten des Glases bezeichnet. Misst man, wie dies in der Folge geschieht, alle beobachteten Volumina durch das Volumen des Weingeists bei 0^0 so ist das Volumen bei t^0 :

$$\frac{(K + mb)(1 + \beta t)}{K + ma}$$

Dieser Quotient lässt sich umwandeln in folgendes Aggregat, worin wieder M für $k + ma$ gesetzt ist:

$$1 + \left[\frac{m}{M} (b-a) + \beta t + \frac{m}{M} (b-a) \beta t \right]$$

Die Glieder in der Klammer sind nach der Grösse ihres Einflusses geordnet: das erste gibt den Inhalt der durch Ausdehnung gefüllten oder durch Zusammenziehung entleerten Theilstriche (die scheinbare Volumenänderung), das zweite gibt die Aenderung des unsere Volumeneinheit einschliessenden Glases, das dritte endlich (Produkt der beiden ersten) berücksichtigt die Aenderung des Kalibers der Röhre. —

Correcturen.

Man überzeugt sich leicht, dass zwischen Weingeist und Glas die Adhäsion in solchem Masse wirkt, dass man bei einem dilatometrischen Verfahren wie das beschriebene ohne Berücksichtigung derselben die Zuverlässigkeit der 4. Dezimale des Volumens nicht gewinnen kann. Erwärmt man ein Dilatometer, bis die Flüssigkeit nahe an dem offenen Ende der Röhre steht und bringt dann dieses unter Queck-

silber, so dringt beim Erkalten der Flüssigkeit ein Quecksilberfaden in die Röhre ein, und schiebt, indem er, durch eine Luftschichte getrennt, der zurückweichenden Flüssigkeit nachzieht, das an der Röhrenwand hangen Gebliebene vor sich her. Es geschieht dies zwar nicht so vollständig, dass ein zweiter Faden, den man nach dem ersten eintreten lässt, nicht auch noch ein wenig Flüssigkeit vor sich herschöbe; aber man gewinnt doch mit dem ersten Faden schon den bei weitem grössten Theil des ganzen Betrags, der auf mehrere Theilstriche anwachsen kann.

Es ist also zweckmässig, jedes Dilatometer durch ein oder wenn man grössere Genauigkeit wünscht, durch zwei solche Quecksilbersäulchen zu schliessen, welche zugleich als Stöpsel den Weingeist gegen das Verdunsten schützen und die Menge der hangen gebliebenen Flüssigkeit angeben, welche man dann zu dem um sie zu klein gewordenen Volumen addirt⁶⁾. Leider ist dieses Verfahren, auf welches mich aufmerksam zu machen, Hr. Prof. Jolly die Güte hatte, nicht gleich im Anfang der Untersuchung angewendet worden, und ich musste, um die Correctur wegen der Adhäsion auch für die früheren Resultate zu finden, besondere Versuche anstellen. Dabei zeigte sich, dass die Menge der hangen bleibenden Flüssigkeit rasch mit der Abkühlungsgeschwindigkeit zunimmt, und da diese, wenn die Abkühlung des nämlichen Dilatometers stets in dem nämlichen Medium vor sich geht, nur von der Temperaturdifferenz des Dilatometers und des Mediums abhängig ist, so wurde zur Darstellung der Versuche mit hinreichender Annäherung gesetzt

$$A = \text{const. } D^2$$

wobei A (der Bequemlichkeit wegen) das Verhältniss des

6) Vollständig auf den Weingeist aufsitzende Quecksilberfäden zeigten sich weniger zweckmässig.

hängen Gebliebenen zu M, D aber die genannte Temperaturdifferenz bezeichnet.

Die Constante war für die verschiedenen Dilatometer verschieden, sie hatte den grössten Werth in Nr. 3 nämlich
0,000000257,

den kleinsten in Nr. 13 und 14, nämlich
0,000000080.

Für D wurde bei Berechnung der Correctur A die Differenz zwischen der Temperatur der Umgebung und der beobachteten (tieferen) Temperatur eingesetzt. Da solche Differenzen bis zu 40° vorkommen, so beträgt der grösste Werth, der sich für A ergab, 4 Einheiten der 4. Dezimale des Volumens.

Die Beobachtungsergebnisse.

Man findet die nach der oben gegebenen Formel gerechneten und, wo es nöthig war, wegen der Adhäsion corrigirten Ergebnisse aller einzelnen Einstellungen in Tafel I. in 3 Abtheilungen zusammengestellt. Die erste Abtheilung enthält jene Versuche, bei welchen die Temperatur mit dem Luftthermometer gemessen ist sammt den Elementen zur Berechnung dieser Temperatur. Die Einstellungen sind in 5 Reihen aufgeführt, deren jede mit einer anderen Füllung des Luftthermometers erhalten wurde.

In der zweiten und dritten Abtheilung sind die Messungen verzeichnet, bei welchen das Quecksilberthermometer allein verwendet worden ist.

In jeder Abtheilung sind die Einstellungen nach der Zeit geordnet, in der sie gemacht wurden.

Die Tafel II. enthält, ebenfalls in 3 Abtheilungen, die Beobachtungen, mit dem Citate der Einstellungen, aus denen sie erhalten wurden. Die Beobachtungen sind nach der Temperatur geordnet. In der 2. und 3. Abtheilung dieser Tafel sind die nicht beobachteten Temperaturangaben

des Luftthermometers so eingetragen, wie sie, den beobachteten Angaben des Quecksilberthermometers entsprechend, aus folgender Tabelle entnommen werden.

Luftthermometer.	Quecksilbertherm. (directe Ablesung)
+ 50	50,20
+ 40	40,20
+ 30	30,18
+ 20	20,14
+ 10	10,08
0	0
— 10	—10,05
— 20	—20,09
— 25	—25,11

Der Theil dieser Tabelle, welcher sich auf Temperaturen über 0 bezieht, ist meiner früheren Arbeit entnommen⁷⁾, die Reductionen unter 0 sind als Resultat der in der 1. Abtheilung der Tafel II. aufgeführten Vergleichen des Quecksilberthermometers Nr. II. mit dem Luftthermometer anzusehen⁸⁾.

7) Pogg. Annalen. Bd. 123. S. 131.

8) Auf dieses Resultat glaube ich desshalb kein besonderes Gewicht legen zu dürfen, weil erstlich nur ein einziges Instrument verglichen wurde und dieses nicht unter günstigen Umständen. Denn es musste bei den tieferen Temperaturen das Quecksilber-Reservoir zu nahe an der Oberfläche des Bades bleiben, und auch vollständiges Eintauchen bis zum abzulesenden Theilstrich fand nicht immer statt. Beide Einflüsse dürften dahin gewirkt haben, dass die Temperaturangaben des Quecksilberthermometers zu hoch ausgefallen sind. Man wird die Differenzen bei -20° und -25° vielleicht um $0,1^{\circ}$ grösser nachweisen können, als die in der Tabelle verzeichneten.

Interpolation.

Man erkennt aus den Beobachtungsergebnissen ohne Mühe, dass Weingeist sich ebensowenig gleichförmig ausdehnt als die übrigen Flüssigkeiten, dass also, wenn man sein Volumen bei der Temperatur T (des Luftthermometers) mit V_T bezeichnet und

$$V_T = V_0 (1 + wT)$$

setzt, unter w (Ausdehnungscoefficient) nicht eine constante, sondern vielmehr eine mit der Temperatur wachsende Grösse zu verstehen ist.

Die nächst einfache Annahme ist, w als eine lineare Function der Temperatur zu denken (oder die Reihe, welche w als Function der Temperatur giebt, auf die zwei ersten Glieder zu beschränken) somit

$$w = a + bT$$

zu setzen. Diese Annahme reicht hin, diejenigen meiner Beobachtungen, welche sich auf Weingeist von mehr als 50 Proc. beziehen von der Temp. $T = -39$ bis höchstens gegen $+20^\circ$ hin darzustellen. Darüber hinaus und bei den geringeren Procentgehalten allgemein findet man die Veränderungen des Ausdehnungscoefficienten so beschleunigt, dass Formeln mit mehr Constanten zu ihrer Darstellung erforderlich schienen und gesetzt wurde:

$$w = a + bT + cT^2.$$

Man findet die zur Rechnung der Volumina V_T verwendeten Formeln in folgender Tabelle zusammengestellt.

Volumen- Procente.	V_T		Grenze.	V_T	
	Für die tieferen Temperaturen.			Für die höheren Temperaturen.	
99,3	$1+0,001033T+0,00000145T^2$		+27*	$1+0,001012T+0,00000220T^2$	
88,15	$1+0,000971T+0,00000177T^2$		0	$1+0,000371T+0,00000177T^2+0,00000000825T^3$	
79,85	$1+0,000928T+0,00000187T^2$		0	$1+0,000928T+0,00000192T^2+0,00000000430T^3$	
68,1	$1+0,000865T+0,00000183T^2$		0	$1+0,000865T+0,00000183T^2+0,00000000500T^3$	
66,5	$1+0,000854T+0,00000180T^2$		0	$1+0,000854T+0,00000200T^2+0,00000000360T^3$	
50,3	$1+0,000745T+0,00000168T^2+0,00000000400T^3$		0	$1+0,000745T+0,00000185T^2+0,00000000730T^3$	
40,0	$1+0,000624T+0,00000218T^2+0,00000000424T^3$		+46	— — — — —	
30,0*)	$1+0,000355T+0,00000297T^2+0,00000001250T^3$		+18	$1+0,0002928T+0,00001079T^2-0,0000000118T^3$	

*) Erstarrt bei ungefahr -32°C .

Mit Hilfe dieser Formeln sind die Fehler abgeleitet, welche man in Tafel II. neben den beobachteten Werthen in Einheiten der 5. Decimale des Volumens eingetragen findet.

Die Summe der positiven Fehler ist

in Abtheilung 1:	0,00891
„ „ 2:	0,00161
„ „ 3:	0,00327
	<u>+0,01379</u>

Die Summe der negativen Fehler

in Abtheilung 1:	0,00789
„ „ 2:	0,00168
„ „ 3:	0,00332
	<u>-0,01289</u>

Die Quadratsumme aller Fehler ist:

in Abtheilung 1	bei 171 Fehlern	0,0000029485
„ „ 2	„ 38	„ 0,0000005033
„ „ 3	„ 82	„ 0,0000012811
	<u>bei 291 Fehlern</u>	<u>0,0000047329</u>

woraus sich als mittlerer Fehler berechnet

in Abtheilung 1:	0,000131
„ „ 2:	0,000115
„ „ 3:	0,000125
und im Allgemeinen	<u>±0,000128.</u>

Daraus ergibt sich

$$\pm 0,000084 (= q)$$

als wahrscheinlicher Fehler einer Beobachtung.

Es liegen zwischen 0 und q	181 Fehler (soll 146)
„ 0 „ $2q$	250 „ („ 239)
„ 0 „ $3q$	274 „ („ 278)
„ 0 „ $4q$	280 „ („ 289)
„ 0 „ $5q$	290 „ („ 291).

Aus dieser Zusammenstellung sieht man, dass die Constanten der Formeln den Forderungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung nicht ganz so angepasst sind, wie man dies durch Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate erreichen würde. So liegen z. B. zwischen dem vierfachen und fünffachen Betrage des wahrscheinlichen Fehlers noch 10 Fehler, während die Theorie nur 2 gestattet. Hätte man nun diese grossen Fehler vermindern wollen, so hätte man sich dafür Reihen mittelgrosser Fehler von gleichem Vorzeichen müssen gefallen lassen, welche bei Beobachtungen, die bei nahe gleicher Temperatur, aber zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen angestellt werden, offenbar weit unwahrscheinlicher sind, als ein vereinzelter grosser Fehler, der sich leicht aus einem Versehen in Abzählung der durch Ueberzüge von niedergeschlagenem Wasser oder Eis häufig undeutlichen Theilstriche erklärt. Um nun auch wahrscheinliche Werthe für das Volumen nicht wirklich untersuchter, aber zwischen untersuchten liegender Procentgehalte zu gewinnen, habe ich ein graphisches Verfahren angewendet. Es seien nämlich bei 0°C. die Volumina verschiedener Procentgehalte gleich gross, so sind bei einer beliebigen anderen Temperatur (t) die Volumina ungleich, weil die Wärme auf verschieden starken Weingeist verschieden starken Einfluss übt. Diese Volumina sind also Functionen des Procentgehaltes, und es lässt sich für jede Temperatur t eine Curve construiren, welche die Procente zu Abscissen, die zugehörigen Volumina zu Ordinaten hat. Eine solche Curve ist für jeden zwischen -40 und $+40$ liegenden durch 5 theilbaren Grad der Celsius'schen Scala construirt worden, indem zu den untersuchten Procentgehalten die aus oben stehenden Formeln berechneten Volumina als Ordinaten aufgetragen und deren Endpunkte durch eine Linie von continuirlichem Zuge verbunden wurden. Die Papierbogen, auf

welchen diese Constructionen ausgeführt wurden, waren in kleine Quadrate von etwa $1,5^{\text{mm}}$ Seite getheilt, drei solche Seiten wurden für ein Volumenprocent, eine für jede Einheit der 4. Dezimale des Volumens in Anspruch genommen.

Die Tafel III. enthält die Volumina, wie sie diesen Curven entnommen sind, von 5 zu 5 Graden des Luftthermometers, der Bequemlichkeit wegen das Volumen bei $0^{\circ}\text{C.} = 10000$ gesetzt.

Ein beigefügtes Täfelchen giebt die Reductionen, welche man mit ihren Vorzeichen an dem Volumen anzubringen hat, wenn man unter den vorgesetzten Temperaturen Angaben eines Celsius'schen Quecksilberthermometers verstehen will. Will man die Réaumur'sche Scala substituiren, so darf man nur nach vorgenommener Reduction mittelst des Täfelchens in der Colonne der Temperaturen von 0 aufwärts und abwärts statt der 8 ersten durch 5 theilbaren Zahlen die 8 ersten durch 4 theilbaren einsetzen.

Vergleichung mit früheren Arbeiten.

Die Tafel IV. enthält eine Zusammenstellung meiner Resultate mit denen Gilpins (1790)⁹⁾, und denen der Herren von Baumhauer und van Moorsel (1860) zwischen 0° und $+30^{\circ}\text{C.}$, auf welches Intervall die letzteren Untersuchungen sich beschränken.

9) Da ich mir die Philosophical Transactions von 1790 nicht verschaffen konnte, habe ich zu dieser Zusammenstellung die Volumina so benutzt, wie sie H. von Baumhauer zum Vergleiche mit seinen eigenen Resultaten auf seinem Curvenblatte eingetragen hat.

Tafel IV.

Volum.-Proc.	Volumen bei 5°C.			Volumen bei 10°C.			Volumen bei 15°C.			Volumen bei 20°C.			Volumen bei 25°C.			Volumen bei 30°C.		
	Gilpin	Baumhauer	Recknagel	Gilpin	Baumhauer	Recknagel	Gilpin	Baumhauer	Recknagel	Gilpin	Baumhauer	Recknagel	Gilpin	Baumhauer	Recknagel	Gilpin	Baumhauer	Recknagel
100	—	10051	10052	—	10103	10104	—	10156	10157	—	10210	10212	—	10265	10266	—	10321	10322
90	10049	49	49	10039	099	099	10151	150	150	10203	201	203	10257	253	255	10312	306	310
80	47	47	47	94	94	94	143	142	143	192	191	193	244	240	243	298	291	295
70	44	44	44	89	89	89	135	134	135	182	180	182	231	227	229	280	275	279
60	40	41	41	83	83	83	126	126	126	170	169	170	216	213	215	262	258	261
50	37	37	38	75	76	76	115	115	115	156	155	156	197	195	197	240	236	239
40	31	31	32	64	63	64	97	96	98	132	130	133	168	165	169	206	202	207
30	20	21	20	44	43	42	68	67	65	94	93	91	123	121	121	152	150	152

Die Vergleichung zeigt, dass die Ergebnisse meiner Versuche zwischen 0 und $+30^{\circ}$ im Allgemeinen wenig von den beiden verglichenen abweichen und da, wo diese selbst erheblich auseinandergehen, zwischen beiden liegen. — Dabei ist indessen nicht zu verkennen, dass sie sich im Ganzen näher an die älteren Resultate Gilpins als an diejenigen der HH. von Baumhauer und van Moorsel anschliessen. Da Gilpin bei seinen Versuchen über die Abhängigkeit des spezifischen Gewichts des Weingeists von der Temperatur meines Wissens nicht dilatometrisch (wie H. von Baumhauer) sondern direct aräometrisch verfahren ist, so dürfte vielleicht die Uebereinstimmung meiner Resultate mit jenen der Rücksicht auf die Adhäsion der Flüssigkeit an den Röhrenwänden zuzuschreiben sein. Wie dem nun sein mag, die Uebereinstimmung über 0° scheint das Vertrauen zu rechtfertigen, dass auch unter 0° diese dilatometrisch gewonnenen Resultate nur unbedeutend von solchen abweichen, welche man durch ein correctes aräometrisches Verfahren erhalten würde, dass somit diese Arbeit für die praktische Alkoholometrie als eine Ergänzung der Gilpin'schen betrachtet werden darf.

Anwendung auf Alkoholometrie.

Sei S_n das spezifische Gewicht eines Weingeists bei der als normal angenommenen Temperatur von $n^{\circ}R$, S_t das spezifische Gewicht desselben Weingeists bei der Temperatur $t^{\circ}R$, ferner V_n und V_t die Volumina einer bestimmten Gewichtsmenge dieses Weingeists bei den Temperaturen n° und t° , so gilt die Gleichung:

$$S_t = S_n \frac{V_n}{V_t}.$$

Will man nun eine Tafel berechnen, welche für jedes in der Praxis vorkommende t das zugehörige S_t giebt, so

hat man ausser dem aus Tafel III. zu entnehmenden $\frac{V_n}{V_t}$ noch die Kenntniss des S_n nöthig, für alle Procentgehalte, auf welche die Tafel sich erstrecken soll. In Deutschland, wo man für die Alkoholometrie grösstentheils die Arbeit Gilpins zu Grunde legt, ist die Temperatur von

$$60^{\circ}\text{F.} = 15\frac{5}{9}^{\circ}\text{C.} = 12\frac{4}{9}^{\circ}\text{R.}$$

als normal angenommen, und Hr. Brix giebt a. a. O. S. 6 die specifischen Gewichte, welche nach Tralles (Gilpin) den einzelnen Procentgehalten bei dieser Normaltemperatur zukommen, auf das Gewicht der Volumeneinheit Wasser bei $12\frac{4}{9}^{\circ}\text{R.}$ als Einheit bezogen. Mit Hilfe dieser Daten ist die Tafel V. für jeden ganzen Grad eines Réaumur'schen Quecksilberthermometers zwischen -20° und $+30^{\circ}$ und für jedes ganze Volumenprocent von 100 bis 30 berechnet worden. Sie enthält demnach die wirklichen specifischen Gewichte. Wollte man sie aber so, wie sie ist, zur Alkoholometrie benützen, so würde man ungenau verfahren, weil das Aräometer, dessen Volumen sich ebenfalls mit der Temperatur ändert, nicht immer das wirkliche specifische Gewicht der Flüssigkeit geben kann, in welche es eingetaucht wird. Es sei z. B. das Aräometer von Glas und so eingerichtet, dass es für die Normaltemperatur von $12\frac{4}{9}^{\circ}\text{R.}$ die specifischen Gewichte bis auf 4 Stellen an giebt. Dieses Aräometer zeige, in Weingeist von $12\frac{4}{9}^{\circ}\text{R.}$ gesenkt, das specifische Gewicht 0,9655 an, so sagt die Tafel V., dass dieser Weingeist 30 Proc. Alkohol enthält. Erwärmt man dann denselben Weingeist auf 28°R. , so würde das Aräometer, wenn sein Volumen dasselbe geblieben wäre, ein specifisches Gewicht 0,9546 anzeigen; da es aber selbst durch die Erwärmung an Volumen zugenommen hat, so sinkt es weniger tief ein, zeigt also das grössere specifische Gewicht

$$0,9551 = 0,9546 \frac{1 + \beta' 28}{1 + \beta' 12\frac{4}{9}}$$

an, wobei β' den cub. Ausdehnungscoefficienten des Glases für 1°R. bezeichnet. Es hat demnach Weingeist von 30 Proc. bei +28°R., mit einem Aräometer aus Glas untersucht, ein scheinbares spez. Gewicht 0,9551, während sein wirkliches spez. Gewicht 0,9546 ist.

Ein der Tafel V. beigegebenes Täfelchen enthält die Reductionen, welche man an dem scheinbaren spez. Gewichte, wie es ein Aräometer aus Glas giebt, anbringen muss, um das wahre spez. Gewicht zu finden.

Die zur Messung des Procentgehaltes an Alkohol üblichen Spindeln oder Alkoholometer sind in der Regel so eingerichtet, dass man an ihnen nicht das spez. Gewicht des Weingeists, sondern, wenn dieser die Normaltemperatur hat, unmittelbar seinen Procentgehalt abliest. Hat der Weingeist die Normaltemperatur nicht, so liest man zwar am Alkoholometer einen unrichtigen Procentgehalt ab, (einen geringeren, wenn die Temperatur unter der Normaltemperatur ist, ausserdem einen höheren) kann aber, wenn man dazu noch die Temperatur des Weingeists kennt, aus Tafel V. den wahren Procentgehalt finden. Man nimmt nämlich aus dieser Tafel dasjenige spez. Gewicht, welches der abgelesene (unrichtige) Procentgehalt bei der Normaltemperatur (12 $\frac{4}{9}$ °R.) hat, fügt dazu aus dem Hilfstäfelchen die Reduction, welche zu der abgelesenen Temperatur und dem abgelesenen¹⁰⁾ Procentgehalte gehört und sucht das so erhaltene wahre spez. Gewicht des untersuchten Weingeists in der Horizontal-colonne, vor welcher die abgelesene Temperatur steht. Die Ueberschrift der Vertikal-colonne, in der man es findet, giebt den wahren Procentgehalt des Weingeists.

10) Diese Ungenauigkeit ist ohne Einfluss.

Es zeige z. B. das Alkoholometer bei -10° R. einen Procentgehalt 50 an; Weingeist von 50 Proc. hat nach Tafel V. bei $12\frac{4}{9}^{\circ}$ R. das spez. Gewicht 0,9343, die Hilfstafel giebt für 50 Proc. und -10° die Reduction $+7$, also ist $0,9343 + 0,0007 = 0,9350$ das wahre spez. Gewicht des Weingeists, welches bei -10° einem Weingeist von 59,8 Proc. zukommt.

Man kann auf diese Weise Tafeln construiren, welche von den Ablesungen am Alkoholometer unmittelbar auf den wahren Procentgehalt führen. Eine solche Tafel hat die preussische Normal-Eichungs-Commission herausgegeben¹¹⁾, welche zu den von einem gläsernen Alkoholometer bei Temperaturen zwischen -20° und $+30^{\circ}$ R. angezeigten scheinbaren Spiritusstärken die wahren Stärken giebt. Diese Tafel ist so eingerichtet, dass in einer Vertikalcolonne alle jene Procentgehalte stehen, welche bei den neben beigesetzten Temperaturen das nämliche spez. Gewicht haben, welches der im Titel der Vertikalcolonne stehende Procentgehalt bei der Normaltemperatur besitzt.

Es folgt hier eine Zusammenstellung einiger aus dieser Tafel entnommenen Zahlen mit denen, welche gleichbedeutend aus Tafel V. hergestellt werden.

11) Brix a. a. O. S. 19 ff.

Temperatur nach Réaumur.	Zu den vom Alkoholometer angegebenen Proc.							
	90%		80%		50%		40%	
	gehören als wahre Procente nach							
	Brix.	R.	Brix.	R.	Brix.	R.	Brix.	R.
—20°	98,3	98,6	90,5	90,8	63,6	63,9	55,3	55,3
—10	96,0	96,4	87,5	87,7	59,7	59,7	50,8	50,8
0	93,7	93,7	84,4	84,4	55,6	55,5	46,1	46,0
+10	90,8	90,8	80,9	80,9	51,1	51,0	41,1	41,2
+20	87,6	87,6	77,2	77,2	46,5	46,4	36,2	36,1
+30	83,9	84,1	73,1	73,2	41,6	41,6	31,2	31,2

Man bemerkt, dass die Differenzen im Allgemeinen sehr unbedeutend sind. In den tieferen Temperaturen, wo sich die Zahlen der Brix'schen Tafel nicht mehr auf Versuche stützen, kann man durch Anwendung der Tafel V. eine Verbesserung von 0,3 bis 0,4 Vol.-Procenten erzielen.

Anwendung auf Thermometrie.

Man habe ein Weingeistthermometer so construirt, dass es zwischen 0° und $+t^{\circ}$ mit dem Luftthermometer übereinstimmt.

Es sei V_t das Volumen des Weingeists bei t^0 ,
 G_t „ „ „ „ „ t^0 ,
 und beide Volumina bei 0^0 seien = 1; so ist

$$\frac{(V_t - 1) - G_t - 1}{t} = \frac{V_t - G_t}{t}$$

das Volumen des Weingeists, welches einen Grad des Weingeistthermometers ausfüllt.

Seien, ferner V und G die Volumina des Weingeists
[1866, II, 3.] 24

und des Glases bei irgend einer Temperaturangabe T des Luftthermometers, so ist

$$\frac{(V-1) - (G-1)}{\frac{V_t - G_t}{t}} = t \frac{V-G}{V_t - G_t}$$

die Anzahl der Grade, welche man am Weingeistthermometer abliest ¹²⁾, wenn das Luftthermometer die Temperatur T zeigt.

Es folgt hier eine Tabelle, welche die Angaben eines Weingeistthermometers enthält, wie sie zwischen 0 und -80°C. den Temperaturangaben des Luftthermometers dann entsprechen, wenn beide Instrumente bei 0° und $+15^{\circ}\text{C.}$ übereinstimmen, und das Weingeistthermometer einmal mit absolutem Alkohol, das zweite Mal mit 90 procentigem Weingeist gefüllt ist.

Temperatur- angabe des Luftthermo- meters nach Celsius.	Weingeist- thermometer mit absol. Alkoh.	Differenz — (L.-W.)	Weingeist- thermometer mit 90 Procent Weingeist.	Differenz. — (L.-W.)
+ 15	+ 15	—	+ 15	—
0	0	—	0	—
— 10	— 9,6	0,4	— 9,5	0,5
— 20	19,1	0,9	18,8	1,2
— 30	28,2	1,8	27,7	2,3
— 40	37,0	3,0	36,2	3,8
— 50	45,6	4,4	44,4	5,6
— 60	53,9	6,1	52,3	7,7
— 70	61,9	8,1	59,9	10,1
— 80	— 69,5	10,5	67,2	12,8

12) Genau genommen, wird man unter 0° etwas tiefere Temperaturen ablesen, weil die Thermometerröhre sich mit zusammenzieht. Die Differenz beträgt aber (bei $t = 15^{\circ}\text{C.}$), bei -40° etwa 0,1, bei -80° nur 0,2. Vgl. oben die Rechnung des Volumens.

Die Volumina G des Glases sind mittelst des Ausdehnungskoefficienten β gerechnet, wie ihn die schon oben citirte Formel giebt.

Die Volumina V des Weingeists sind bis -40° aus Tafel III. genommen, unter -40° sind sie aus den Formeln

$$(100\%) V = 10000 + 10,4T + 0,015T^2$$

$$(90\%) V = 10000 + 9,8T + 0,016T^2$$

gerechnet, deren Constanten aus dem für 0 , -20° und -40° bekannten Volumen bestimmt sind.

Fertigt man nun ein Weingeistthermometer an, welches bei 0° und $+15^\circ\text{C.}$ mit dem Luftthermometer übereinstimmt und vergleicht seine Angaben mit denen des Luftthermometers unter 0° , so wird man wegen der Adhäsion des Weingeists an den Wänden der Thermometerröhre kleinere Differenzen zwischen den Angaben der beiden Thermometer beobachten als die in der Tabelle verzeichneten, und zwar wird die Abweichung der Beobachtung von der Tabelle um so grösser sein, je rascher die Zusammensetzung des Weingeists erfolgt ist.

Mit einem Weingeistthermometer, welches mit $99\frac{1}{3}$ procentigem Weingeist gefüllt war, habe ich folgende Vergleichungsergebnisse erhalten:

Lufttherm.	Weingeisttherm.	Differenzen		Einfluss der — (L-M) Adhäsion
		Beob.	Ber.	
1) $-40,1^\circ\text{C.}$	$-38,8^\circ$	1,3	3,0	1,7
2) $-41,5$	$-39,9$	1,6	3,2	1,6
3) $-79,0^*)$	$-72,9$	6,1	10,5	4,4

*) In fester Kohlensäure.

Oben wurde zur Berechnung der Adhäsion die Gleichung verwendet

$$A = \text{Const. } D^2,$$

worin D die Differenz zwischen der Temperatur des Weingeists und der des Bades vor dem Beginne der Abkühlung des ersteren bezeichnet. Diese Differenz war im ersten Versuche 46° , im zweiten $47,5^\circ$, im dritten 92° .

Die beiden ersten Versuche lassen sich verwenden, die Constante zu bestimmen, welche man $= 0,00075$ findet (A in Celsius'schen Graden ausgedrückt).

Damit kann man berechnen, wie gross der Einfluss der Adhäsion wäre, wenn bei 92° Temperaturdifferenz die Abkühlung in einer Flüssigkeit vor sich gienge, und findet $6,3^\circ$. In der flockigen Masse der festen Kohlensäure geht die Abkühlung jedenfalls weniger rasch vor sich; also ist auch die Adhäsion geringer als die eben berechnete, was mit dem aus Vergleichung der Tabelle mit dem dritten Versuche abgeleiteten Werthe derselben von $4,4^\circ$ übereinstimmt.

Man zieht aus dieser Controle also mit einiger Wahrscheinlichkeit den Schluss, dass die äusserste (bei -80°) in der Tabelle eingetragene Differenz ($10,5^\circ$) um weniger als 2° von der Wahrheit abweicht.

Aus diesen Versuchen geht ferner hervor, dass die Flüssigkeitsmenge, welche in den Thermometerröhren beim Zusammenziehen des Weingeists hängen bleibt, so bedeutend sein kann, dass bei Vernachlässigung derselben die Messung um viele Grade unsicher wird. Hat man sich aber durch vorläufige Versuche ihre Grösse verschafft (also etwa die Constante der obigen Gleichung bestimmt), so wird man die von dem Einflusse der Adhäsion befreite Messung nach der gegebenen Tabelle mit hinreichender Annäherung auf das normale Temperaturmass reduciren.

Tafel I.

I.

Abtheilung.

a.

Nr. der Einstellung.	Auf 0° C. reduc. Baro- meterstand. H ^{mm}	Auf 0° C. red. Höhe über dem Niveau. h ^{mm}	Temperatur der Umgebung. τ°	Temperatur- angabe des Luftthermo- meters. T°	Temperatur- angabe des Quecksilber- thermometers t°	Beobachtete Abnahme der Volumeneinheit durch die Temperaturerniedrigung von 0° bis T°.													
						Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	Nr. 6.	Nr. 7.	Nr. 8.	Nr. 9.	Nr. 10.	Nr. 11.	Nr. 12.	Nr. 13.	Nr. 14.
						Spec.-G. = 0.8100.	Spec.-G. = 0.8089.	Spec.-G. = 0.8106.	Spec.-G. = 0.8525.	Spec.-G. = 0.8530.	Spec.-G. = 0.8762.	Spec.-G. = 0.8762.	Spec.-G. = 0.9061.	Spec.-G. = 0.9099.	Spec.-G. = 0.9440.	Spec.-G. = 0.9603.	Spec.-G. = 0.9604.	Spec.-G. = 0.9710.	Spec.-G. = 0.9710.
(I. A b t h e i l u n g) 1. R e i h e.																			
1	719,04	107,16	+2,0	—33,71	—	0.03284	0.03343	.	0.03128	0.03117									
2	"	115,91	"	—31,30	—	0.03114	0.03109	.	0.02885	0.02883									
3	719,90	132,91	"	—26,06	—	0.02606	0.02593	.	—	0.02413									
4	"	132,11	+3,0	—26,04	—	0.02598	0.02579	.	—	0.02397									
5	720,30	144,16	"	—22,65	—	0.02268	0.02264	.	0.02104	0.02095									
6	"	144,16	"	—22,65	—	0.02276	0.02271	.	0.02107	0.02099									
7	722,92	115,36	+1,6	—30,30	—	.	.	.	.	.	0.02646	0.02649	.	.	.	0.01706	0.01703		
8	"	115,31	+0,6	—30,26	—	.	.	.	.	.	0.02646	0.02643	.	.	.	0.01706	0.01706		
9	722,87	114,46	"	—30,58	—	.	.	.	.	.	0.02666	0.02666	.	.	.	0.01728	0.01717		
10	"	114,46	"	—30,58	—	.	.	.	.	.	0.02662	0.02663	.	.	.	0.01728	0.01715		
11	722,84	128,91	+1,0	—26,36	—	.	.	.	.	.	0.02330	0.02331	.	.	.	0.01518	0.01525		
12	"	142,01	"	—22,53	—	.	.	.	.	.	0.01992	0.01997	.	.	.	0.01307	0.01303		
13	"	142,11	"	—22,50	—	.	.	.	.	.	0.01990	0.01993	.	.	.	0.01307	0.01301		
14	722,25	220,37	"	—	+0,30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
15	"	220,22	"	—	+0,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
16	722,15	145,06	—0,4	—21,82	—21,81	.	.	.	0.02030	0.02029	.	.	.	.	.	.	.		
17	722,08	144,91	"	—21,88	—21,91	.	.	.	0.02033	0.02033	.	.	.	.	.	.	.		
18	"	144,91	—0,2	—21,88	—22,03	.	.	.	0.02033	0.02033	.	.	.	.	.	.	.		
19	722,02	144,66	"	—21,97	—22,07	.	.	.	0.02035	0.02037	.	.	.	.	.	.	.		
20	"	144,76	—0,1	—21,94	—22,07	.	.	.	0.02037	0.02039	.	.	.	.	.	.	.		
21	721,95	144,69	0	—21,98	—22,07	.	.	.	0.02036	0.02039	.	.	.	.	.	.	.		
22	722,50	142,36	+1,0	—22,52	—22,53	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01299	0.01300		
23	722,60	141,26	"	—22,84	—22,99	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01319	0.01319		
24	722,57	141,11	+1,1	—22,89	—22,99	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01321	0.01320		
25	722,47	140,91	+1,0	—22,98	—22,99	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01324	0.01323		
26	722,47	141,06	"	—22,94	—22,99	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01325	0.01325		
27	722,46	140,81	+0,9	—22,98	—22,99	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01325	0.01325		
28	722,36	140,81	"	—23,01	—22,99	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01327	0.01325		
29	722,35	141,06	+1,0	—22,97	—22,99	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01324	0.01323		
30	722,29	144,26	+1,5	—22,05	—22,16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01278	0.01277		
31	722,17	137,01	—1,5	—24,20	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01396	0.01392		
32	"	137,16	"	—24,16	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01391	0.01389		
33	722,13	150,56	0	—20,23	—	.	.	.	.	.	.	0.01803	0.01688	.	.	.	.		
34	"	150,64	"	—20,21	—	.	.	.	.	.	.	0.01803	0.01686	.	.	.	.		
35	722,43	155,32	—0,4	—18,76	—	.	.	.	.	.	.	0.01682	0.01565	.	.	.	.		
36	721,63	149,69	0	—20,61	—20,74	0.02090	0.02088	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
37	"	149,41	"	—20,69	—20,79	0.02094	0.02088	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
38	721,58	149,41	"	—20,71	—20,80	0.02092	0.02085	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
39	721,50	155,01	+0,2	—19,09	—19,24	.	.	.	.	.	0.01699	0.01715	.	.	.	.	.		

Tafel I.

I.
Abtheilung.

b.

Nr. der Einstellung.	Auf 0° C. reduc. Baro- meterstand. H ^{mm}	Auf 0° C. red. Höhe über dem Niveau. h ^{mm}	Temperatur der Umgebung. τ°	Temperatur- angabe des Luftthermo- meters. T°	Temperatur- angabe des Quecksilber- thermometers t°	Beobachtete Abnahme der Volumeneinheit durch die Temperaturerniedrigung von 0° bis T°.													
						Nr. 1. Spec.-G. = 0.8100.	Nr. 2. Spec.-G. = 0.8089.	Nr. 3. Spec.-G. = 0.8106.	Nr. 4. Spec.-G. = 0.8525.	Nr. 5. Spec.-G. = 0.8530.	Nr. 6. Spec.-G. = 0.8762.	Nr. 7. Spec.-G. = 0.8762.	Nr. 8. Spec.-G. = 0.9061.	Nr. 9. Spec.-G. = 0.9099.	Nr. 10. Spec.-G. = 0.9440.	Nr. 11. Spec.-G. = 0.9603.	Nr. 12. Spec.-G. = 0.9604.	Nr. 13. Spec.-G. = 0.9710.	Nr. 14. Spec.-G. = 0.9710.
(1. A b t h e i l u n g) 2. R e i h e.																			
40	720,78	220,07	−0,2	—	+ 0,05														
41	721,00	219,37	−0,4	—	− 0,10														
42	721,77	145,06	−1,0	−21,97	−22,07	0.02217	0.02215												
43	„	144,54	„	−22,12	−22,21	0.02230	0.02223												
44	„	144,36	„	−22,17	−22,26	0.02232	0.02225												
45	721,64	144,39	−0,8	−22,18	−22,28	0.02232	0.02225												
46	721,40	146,66	+0,6	−21,61	−21,66	.	.		.	.	0.01917	0.01921							
47	720,84	147,29	−0,5	−21,54	—	.	.	.	0.02018	0.02018									
48	720,48	154,81	−0,4	−19,50	—	.	.	.	0.01828	0.01825									
49	720,23	171,16	0	−14,76	—	.	.	.	0.01394	0.01396									
50	722,25	101,46	−1,0	−34,42	—	0.03414	0.03365	.	0.03150	0.03158									
51	722,20	104,44	−1,1	−33,73	—	0.03328	0.03322	.	0.03075	0.03078									
52	722,17	120,91	−1,4	−29,03	—	0.02878	0.02871	.	0.02655	0.02659									
53	„	121,49	„	−28,86	—	0.02860	0.02853	.	0.02649	0.02651									
54	725,25	138,59	−1,0	−22,83	—	.	.	.	.	.	0.02016	.	0.01885	.	.	.	0.01314		
55	„	138,39	„	−22,89	—	.	.	.	.	.	0.02016	.	0.01886	.	.	.	0.01318		
56	725,24	122,39	−0,5	−27,57	−27,61	.	.	.	.	.	0.02415	.	0.02257	.	.	.	0.01561		
57	„	122,61	„	−27,51	−27,59	.	.	.	.	.	0.02409	.	0.02248	.	.	.	0.01559		
58	725,95	131,66	−1,4	−24,65	—	.	.	.	.	.	.	0.02190	0.02039	.	.	0.01419	0.01413		
59	725,91	118,56	−0,9	−28,52	—	.	.	.	.	.	.	0.02512	0.02326	.	.	0.01625	0.01619		
60	725,33	105,79	−1,5	−32,40	—	0.03231	.	.	0.02980	.	.	.	0.02839	.	.	.	.		
61	725,52	115,11	„	−29,62	—	0.02924	.	.	—	.	.	.	0.02604	.	.	.	.		
62	725,61	121,04	−1,2	−27,87	—	0.02783	.	.	0.02573	.	.	.	0.02455	.	.	.	.		
63	725,40	126,86	−1,5	−26,21	—	0.02614	.	.	0.02423	.	.	.	0.02310	.	.	.	.		
64	725,18	132,61	−1,0	−24,60	—	0.02460	.	.	0.02277	.	.	.	0.02175	.	.	.	.		
65	725,06	138,91	„	−22,78	—	0.02288	.	.	0.02115	.	.	.	0.02022	.	.	.	.		
(1. A b t h e i l u n g) 3. R e i h e.																			
66	715,95	218,55	+6,6	—	+ 0,87														
67	728,45	304,17	+5,2	+30,09	+30,36														
68	728,51	299,33	„	+28,66	+28,90														
69	728,81	139,21	+5,4	−18,85	−18,77	.	.	0.01891	.	.	.	.	.	0.01548	0.01326				
70	728,87	138,59	+5,6	−19,03	−19,17	.	.	0.01917	.	.	.	.	.	0.01553	0.01359				
71	„	138,21	„	−19,14	−19,24	.	.	0.01922	.	.	.	.	.	0.01560	0.01368				
72	728,91	152,48	+6,0	−14,89	−14,99	.	.	0.01521	.	.	.	.	.	0.01239	0.01084				
73	729,20	162,96	„	−11,70	−11,77	.	.	0.01196	.	.	.	.	.	0.00944	0.00831				
74	727,36	73,70	+4,5	−38,83	—	.	.	0.03824	.	.	.	.	0.03109	0.03093	0.02682				
75	„	73,97	„	−38,75	—	.	.	0.03809	.	.	.	.	0.03105	0.03088	0.02677				

Tafel I.

I.
Abtheilung.

c.

Nr. der Einstellung.	Auf 0° C. reduc. Baro- meterstand. H ^{mm}	Auf 0° C. red. Höhe über dem Niveau. h ^{mm}	Temperatur der Umgebung. t°	Temperatur- angabe des Luftthermo- meters. T°	Temperatur- angabe des Quecksilber- thermometers t°	Beobachtete Abnahme der Volumeneinheit durch die Temperaturerniedrigung von 0° bis T°.													
						Nr. 1. Spec.-G. = 0.8100.	Nr. 2. Spec.-G. = 0.8089.	Nr. 3. Spec.-G. = 0.8106.	Nr. 4. Spec.-G. = 0.8525.	Nr. 5. Spec.-G. = 0.8530.	Nr. 6. Spec.-G. = 0.8762.	Nr. 7. Spec.-G. = 0.8762.	Nr. 8. Spec.-G. = 0.9061.	Nr. 9. Spec.-G. = 0.9099.	Nr. 10. Spec.-G. = 0.9440.	Nr. 11. Spec.-G. = 0.9603.	Nr. 12. Spec.-G. = 0.9604.	Nr. 13. Spec.-G. = 0.9710.	Nr. 14. Spec.-G. = 0.9710.
76	727,36	74,12	+4,5	—38,71	—	.	.	0.03796	.	.	.	.	0.03096	0.03073	0.02663				
77	727,30	74,52	"	—38,61	—	.	.	0.03765	.	.	.	.	0.03059	0.03058	0.02651				
78	"	81,77	"	—36,46	—	.	.	0.03568	.	.	.	.	0.02893	0.02879	0.02508				
79	"	82,44	"	—36,26	—	.	.	0.03551	.	.	.	.	0.02886	0.02868	0.02498				
80	726,95	96,57	"	—32,29	—	.	.	0.03172	.	.	.	.	0.02575	0.02562	0.02232				
81	726,65	109,54	"	—28,55	—	.	.	0.02817	.	.	.	.	0.02296	0.02285	0.01991				
82	726,55	109,39	"	—28,62	—	.	.	0.02826	.	.	.	.	0.02305	0.02292	0.01997				
83	726,25	121,88	"	—25,01	—	.	.	0.02478	.	.	.	.	0.02017	0.02006	0.01754				
84	725,40	218,13	"	—	+3,22	.	.												
85	726,64	78,87	+3,4	—37,61	—	.	.	0.03689	0.03391	.	0.03218	.	.	.	.	.	0.02065		
86	"	80,07	"	—37,26	—	.	.	0.03647	0.03353	.	0.03170	.	.	.	.	.	0.02048		
87	"	88,45	"	—34,77	—	.	.	0.03407	0.03138	.	0.02974	.	.	.	.	.	0.01915		
88	"	92,31	"	—33,63	—	.	.	0.03304	0.03043	.	0.02892	.	.	.	.	.	0.01861		
89	"	93,06	"	—33,41	—	.	.	0.03283	0.03024	.	0.02880	.	.	.	.	.	0.01853		
90	725,62	124,50	+4,0	—24,41	—	.	0.02418	.	0.02255	.	.	0.02149	.	.	0.01720				
91	"	124,60	"	—24,38	—	.	0.02415	.	0.02249	.	.	0.02141	.	.	0.01718				
92	725,52	125,10	"	—24,27	—	.	0.02399	.	0.02237	.	.	0.02119	.	.	0.01705				
93	725,47	133,32	"	—21,84	—	.	0.02176	.	0.02023	.	.	0.01923	.	.	0.01547				
94	725,37	133,57	"	—21,80	—	.	0.02169	.	0.02013	.	.	0.01920	.	.	0.01545				
95	724,97	141,69	"	—19,51	—19,41	.	0.01949	.	—	.	.	0.01730	.	.	0.01390				
96	724,87	142,31	"	—19,36	—19,39	.	0.01931	.	—	.	.	0.01717	.	.	0.01376				
97	717,54	214,16	+5,2	—	0	.													
(1. Abtheilung) 4. Reihe.																			
98	718,09	144,34	+5,0	—22,18	—22,16	0.02223	0.02223	.	.	.	.	0.01960	.	.	0.01573				
99	716,43	211,95	+5,6	—	— 2,76	.													
100	712,17	103,53	+4,5	—35,93	—	.	0.03500	.	0.03229	.	0.03104	0.03090	.	.	0.02463				
101	712,22	102,31	"	—36,28	—	.	0.03524	.	0.03281	.	0.03120	0.03113	.	.	0.02483				
102	"	102,23	"	—36,30	—	.	0.03565	.	0.03302	.	0.03120	0.03130	.	.	0.02508				
103	712,27	102,08	"	—36,33	—	.	0.03570	.	0.03308	.	0.03120	0.03136	.	.	0.02513				
104	712,07	103,28	"	—36,03	—	.	0.03527	.	0.03210	.	0.03085	0.03102	.	.	0.02491				
105	711,72	116,82	"	—32,15	—	.	0.03173	.	0.02936	.	0.02782	0.02790	.	.	0.02224				
106	711,45	116,77	"	—32,25	—	.	0.03173	.	0.02942	.	0.02784	0.02790	.	.	0.02227				
107	"	116,82	"	—32,24	—	.	0.03164	.	0.02934	.	0.02774	0.02784	.	.	0.02224				
108	711,30	129,82	"	—28,45	—	.	0.02813	.	0.02612	.	0.02477	0.02479	.	.	0.01981				
109	"	129,57	"	—28,52	—	.	0.02821	.	0.02620	.	0.02483	0.02483	.	.	0.01988				
110	706,71	152,82	+2,5	—23,01	—22,99	.	.	.	.	.	0.02029	0.02040	.	0.01869					

Tafel I.

I.
Abtheilung.

d.

Nr. der Einstellung.	Auf 0° C. reduc. Baro- meterstand. H ^{mm}	Auf 0° C. red. Höhe über dem Niveau. h ^{mm}	Temperatur der Umgebung. t°	Temperatur- angabe des Luftthermo- meters. T°	Temperatur- angabe des Quecksilber- thermometers t°	Beobachtete Abnahme der Volumeneinheit durch die Temperaturerniedrigung von 0° bis T°.													
						Nr. 1. Spec.-G. = 0.8100.	Nr. 2. Spec.-G. = 0.8089.	Nr. 3. Spec.-G. = 0.8106.	Nr. 4. Spec.-G. = 0.8525.	Nr. 5. Spec.-G. = 0.8530.	Nr. 6. Spec.-G. = 0.8762.	Nr. 7. Spec.-G. = 0.8762.	Nr. 8. Spec.-G. = 0.9061.	Nr. 9. Spec.-G. = 0.9099.	Nr. 10. Spec.-G. = 0.9440.	Nr. 11. Spec.-G. = 0.9603.	Nr. 12. Spec.-G. = 0.9604.	Nr. 13. Spec.-G. = 0.9710.	Nr. 14. Spec.-G. = 0.9710.
111	706,71	153,04	+2,5	—22,94	—22,97	.	.	.	.	.	0.02025	0.02028	.	0.01867					
112	706,76	153,09	„	—22,91	—22,94	.	.	.	.	.	0.02023	0.02028	.	0.01866					
113	„	153,04	„	—22,93	—22,99	.	.	.	.	.	0.02023	0.02028	.	0.01865					
114	705,17	164,53	+3,0	—20,03	—20,03	.	.	.	.	.	0.01772	0.01770	.	0.01629					
115	„	164,83	„	—19,94	—19,96	.	.	.	.	.	0.01758	0.01765	.	0.01625					
116	705,02	168,65	„	—18,86	—18,88	.	.	.	.	.	0.01674	0.01675	.	0.01546					
117	„	168,37	„	—18,94	—18,95	.	.	.	.	.	0.01676	0.01677	.	0.01549					
118	705,97	231,41	+1,0	—	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
119	706,44	230,16	„	—	— 0,30	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
(1. Abtheilung) 5. Reihe.																			
120	718,99	248,64	+0,5	—	— 0,71	.	.	0.02255	0.02108	.	.	0.01994	0.01864				0.01625		
121	„	172,33	+1,0	—22,43	—22,53	.	.	0.02264	0.02117	.	.	0.02006	0.01873				0.01637		
122	719,04	171,81	„	—22,60	—22,53	.	.	0.02266	0.02118	.	.	0.02007	0.01873				0.01431		
123	„	171,81	„	—22,60	—22,58	.	.	0.02263	0.02113	.	.	0.02001	0.01867				0.01430		
124	719,09	171,81	„	—22,58	—22,53	.	.	0.02262	0.02104	.	.	0.02001	0.01864				0.01424		
125	„	171,81	„	—22,58	—22,53	.	.	.	.	.	.	.	.				.		
126	720,58	148,76	+5,0	—28,75	—	.	.	0.02873	0.02680	.	.	0.02517	0.02365	.	.	.	.		
127	720,63	147,68	„	—29,05	—	.	.	0.02508	0.02350	.	.	0.02218	0.02078	.	.	.	.		
128	720,72	161,32	„	—25,14	—	.	.	0.02507	0.02348	.	.	0.02215	0.02075	.	.	.	.		
129	„	161,52	„	—25,08	—	.	.	0.02492	0.02334	.	.	0.02206	0.02067	.	.	.	.		
130	„	162,05	„	—24,93	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
131	700,49	273,22	+4,5	—	+ 1,01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
132	698,69	189,99	+5,0	—23,23	—	0.02337	0.02325	.	.	.	.	0.02095	0.01911	.	.	.	0.01332	.	0.00750
133	698,79	190,32	„	—23,10	—	0.02324	0.02318	.	.	.	.	0.02087	0.01907	.	.	.	0.01331	.	0.00747
134	„	190,32	„	—23,10	—	0.02322	0.02318	.	.	.	.	0.02085	0.01905	.	.	.	0.01329	.	0.00747
135	698,39	193,54	„	—22,30	—	0.02246	0.02240	.	.	.	.	0.01987	0.01839	.	.	.	0.01284	.	0.00724
136	„	193,54	„	—22,30	—	0.02246	0.02240	.	.	.	.	0.01987	0.01841	.	.	.	0.01284	.	0.00726
137	698,29	193,54	„	—22,33	—	0.02246	0.02240	.	.	.	.	0.01987	0.01841	.	.	.	0.01284	.	0.00726
138	„	193,94	„	—22,21	—	0.02244	0.02237	.	.	.	.	0.01987	0.01839	.	.	.	0.01284	.	0.00724
139	„	193,94	„	—22,21	—	0.02240	0.02237	.	.	.	.	0.01987	0.01838	.	.	.	0.01283	.	0.00724
140	„	193,94	„	—22,21	—	0.02236	0.02232	.	.	.	.	0.01986	0.01832	.	.	.	0.01280	.	0.00724
141	„	194,12	„	—22,16	—	0.02236	0.02230	.	.	.	.	0.01984	0.01830	.	.	.	0.01280	.	0.00723
142	698,24	194,24	+5,2	—22,14	—	0.02233	0.02225	.	.	.	.	0.01981	0.01829	.	.	.	0.01276	.	0.00723
143	698,49	203,45	„	—19,34	—19,50	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01128	0.00654	0.00649
144	698,84	202,25	„	—19,70	—19,75	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01144	0.00657	0.00652

Tafel I.

II.
Abtheilung.

Nr. der Ablesung.	Temperatur- angabe des Quecksilber- thermometers t°	Beobachtete Abnahme der Volumeneinheit durch die Temperaturerniedrigung von 0° bis t°.													
		Nr. 1. Spec.-G. = 0.8100.	Nr. 2. Spec.-G. = 0.8089.	Nr. 3. Spec.-G. = 0.8106.	Nr. 4. Spec.-G. = 0.8525.	Nr. 5. Spec.-G. = 0.8530.	Nr. 6. Spec.-G. = 0.8762.	Nr. 7. Spec.-G. = 0.8762.	Nr. 8. Spec.-G. = 0.9061.	Nr. 9. Spec.-G. = 0.9099.	Nr. 10. Spec.-G. = 0.9440.	Nr. 11. Spec.-G. = 0.9603.	Nr. 12. Spec.-G. = 0.9604.	Nr. 13. Spec.-G. = 0.9710.	Nr. 14. Spec.-G. = 0.9710.
1	—13,79	.	.	.	0.01294	0.01293									
2	—18,23	0,01825	0.01822	.											
3	—18,41	.	.	.	0.01716	0.01713	.	.	.	.	.	0.01066	0.01059		
4	— 6,71	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.00249	0.00247
5	—15,93	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.00933	0.00911	0.00551	0.00556
6	—24,99	.	.	0.02487	.	.	.	.	.	0.02041	0.01760				
7	—22,80	.	.	0.02262	.	.	.	.	.	0.01861	0.01616				
8	—21,72	.	.	0.02160	.	.	.	.	.	0.01770	0.01540				
9	—21,83	.	.	0.02163	.	.	.	.	.	0.01774	0.01547				
10	—20,71	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01696	0.01474				
11	—19,31	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01579	0.01374				
12	—19,56	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01588	0.01382				
13	—19,63	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01591	0.01385				
14	—19,65	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01591	0.01386				
15	—18,62	0.01865	.	.	.	0.01734	.	.	0.01533						
16	—18,87	0.01889	.	.	.	0.01755	.	.	0.01555						
17	—19,08	0.01905	.	.	.	0.01767	.	.	0.01568						
18	—19,17	0.01907	.	.	.	0.01773	.	.	0.01572						
19	—19,24	0.01917	.	.	.	0.01778	.	.	0.01575						
20	—17,19	0.01727	.	.	.	0.01607	.	.	0.01422						
21	—15,86	0.01596	.	.	.	0.01485	.	.	0.01314						
22	—16,74	0.01686	.	.	.	0.01570	.	.	0.01386						
23	—18,87	.	.	0.01867	.	.	.	.	.	0.01553	0.01338				
24	—18,96	.	.	0.01871	.	.	.	.	.	0.01558	0.01340				

Tafel I.

III.
Abtheilung.

a.

Nr. der Ablesung.	Temperatur- angabe des Quecksilber- thermometers t°		Beobachtete Zunahme der Volumeneinheit durch die Temperaturerhöhung von 0° bis t°.													
	Nr. I.	Nr. II.	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	Nr. 6.	Nr. 7.	Nr. 8.	Nr. 9.	Nr. 10.	Nr. 11.	Nr. 12.	Nr. 13.	Nr. 14.
			Spec.-G. = 0.8100.	Spec.-G. = 0.8089.	Spec.-G. = 0.8106.	Spec.-G. = 0.8525.	Spec.-G. = 0.8530.	Spec.-G. = 0.8762.	Spec.-G. = 0.8762.	Spec.-G. = 0.9061.	Spec.-G. = 0.9099.	Spec.-G. = 0.9440.	Spec.-G. = 0.9603.	Spec.-G. = 0.9604.	Spec.-G. = 0.9710.	Spec.-G. = 0.9710.
1	+ 8,88	.	0.00903	0.00905												
2	+ 8,94	.	0.00906	0.00910												
3	+15,17	.	0.01585	0,01592												
4	+15,17	.	0.01581	0.01588												
5	+15,22	.	0.01590	0.01606												
6	+15,24	.	0.01594	0.01610												
7	+15,24	.	0.01594	0.01610												
8	+28,04	.	0.02985	0.02992												
9	+28,20	.	0.02996	0.03006												
10	+28,20	.	0.02994	0.03006												
11	+28,06	.	0.02994	0.03001												
12	+28,09	.	0.02998	0.03001												
13	+ 8,21	.	.	.	.	0.00758	0.00765									
14	+17,81	.	.	.	.	0.01775	0.01778									
15	+28,74	.	.	.	.	0.02918	0.02911									
16	+28,79	.	.	.	.	0.02925	0.02916									
17	+ 6,67	.	0.00699	0.00699	.	.	.									
18	+15,63	.	0.01640	0.01641	.	.	.									
19	+ 8,96	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.00323	0.00329
20	+15,17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.00691	0.00680
21	+15,19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.00693	0.00683
22	+15,17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.00693	0.00683
23	+15,17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	0.00683
24	+28,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01396	0.01403
25	+28,02	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01396	0.01403
26	+28,07	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01403	0.01406
27	+ 6,69	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.00427	0.00423	0.00281	0.00279
28	—	+ 2,97	0.00304	.	.	.	0.00291	.	.	0.00285	.	.	.	.	.	.
29	—	2,76	0.00283	.	.	.	0.00278	.	.	0.00275	.	.	.	.	.	.
30	—	32,07	.	.	0.03460	0.03314	.	.	0.03180	0.02947	.	.	.	.	.	.
31	—	32,32	.	.	0.03480	0.03323	.	.	0.03188	0.02961	.	.	.	.	.	.
32	—	32,37	.	.	0.03486	0.03330	.	.	0.03189	0.02964	.	.	.	.	.	.
33	+29,33	29,36	0.03140	0.03134	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01482	0.01480
34	30,12	30,11	0.03225	0.03219	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01528	0.01524
35	—	30,16	0.03227	0.03223	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01531	0.01527
36	30,18	30,18	0.03232	0.03228	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01535	0.01531
37	30,16	30,16	0.03227	0.03226	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01533	0.01527
38	30,24	30,23	.	.	.	.	.	.	0.02963	0.02753	.	0.02427	0.02079	0.02063	.	.
39	30,24	30,25	.	.	.	.	.	.	0.02964	0.02754	.	0.02427	0.02079	0.02063	.	.
40	—	31,08	.	.	0.03337	0.03191	0.03183	.	.	.	0.02839	.	.	.	.	.

Tafel I.

III. Abtheilung.

b.

Nr. der Ablesung.	Temperatur- angabe des Quecksilber- thermometers t°		Beobachtete Zunahme der Volumeneinheit durch die Temperaturerhöhung von 0° bis t°.													
	Nr. I.	Nr. II.	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	Nr. 6.	Nr. 7.	Nr. 8.	Nr. 9.	Nr. 10.	Nr. 11.	Nr. 12.	Nr. 13.	Nr. 14.
			Spec.-G. = 0.8100.	Spec.-G. = 0.8089.	Spec.-G. = 0.8106.	Spec.-G. = 0.8525.	Spec.-G. = 0.8530.	Spec.-G. = 0.8762.	Spec.-G. = 0.8762.	Spec.-G. = 0.9061.	Spec.-G. = 0.9099.	Spec.-G. = 0.9440.	Spec.-G. = 0.9603.	Spec.-G. = 0.9604.	Spec.-G. = 0.9710.	Spec.-G. = 0.9710.
41	—	+31,07	.	.	0.03335	0.03188	0.03183	.	.	.	0.02836					
42	—	31,06	.	.	0.03335	0.03184	0.03180	.	.	.	0.02836					
43	+46,25	46,30	.	.	0.05126	.	.	.	0.04726	0.04425	0.04395					
44	46,20	46,28	.	.	0.05124	.	.	.	0.04727	0.04424	0.04393					
45	—	38,30	0.04171	0.04180	.	.	.	.	0.03848	.	.	.	.	.	0.02017	0.02012
46	38,22	38,28	0.04169	0.04178	.	.	.	.	0.03847	.	.	.	.	.	0.02014	0.02012
47	38,22	38,28	.	.	.	.	.	.	0.03847	.	.	0.03142	.	0.02695	0.02017	
48	—	38,28	.	.	.	.	.	.	0.03845	.	.	0.03142	.	0.02695	0.02017	
49	17,87	17,95	0.01887	0.01893	.	.	.	.	.	0.01595	.	.	.	.	0.00791	0.00788
50	16,42	16,38	0.01723	0.01715	.	.	.	.	.	0.01455	.	.	.	.	0.00714	0.00710
51	16,59	16,55	0.01737	0.01733	.	.	.	.	.	0.01472	.	.	.	.	0.00724	0.00714
52	16,53	16,55	.	.	0.01742	.	.	.	0.01589	.	.	0.01293	.	.		
53	16,58	16,55	.	.	0.01747	.	.	.	0.01589	.	.	0.01293	.	.		
54	16,48	16,48	.	.	0.01737	0.01653	.	.	.	.	0.01463	.	0.01092	.		
55	16,48	16,50	.	.	0.01736	0.01652	.	.	.	.	0.01463	.	0.01093	.		
56	16,51	16,55	.	.	0.01738	0.01653	.	.	.	.	0.01466	.	0.01093	.		
57	16,53	16,55	.	.	0.01738	0.01653	.	.	.	.	0.01465	.	0.01093	.		
58	—	25,96	.	0.02770	0.02775	.	0.02676	.	.	.	.	.	0.01777	.		
59	26,00	25,96	.	0.02770	0.02776	.	0.02676	.	.	.	.	.	0.01777	.		
60	46,05	46,07	.	.	0.05106	.	0.04932	.	0.04695	0.04385	.	.	0.03366	.		
61	46,07	46,07	.	.	0.05109	.	0.04932	.	0.04695	0.04384	.	.	0.03366	.		
62	46,02	46,07	.	.	0.05104	.	0.04932	.	0.04695	0.04377	.	.	0.03364	.		
63	46,05	46,07	.	.	0.05106	.	0.04932	.	0.04695	0.04383	.	.	0.03363	.		
64	46,10	46,07	.	.	0.05118	.	0.04932	.	0.04695	0.04389	.	.	0.03368	.		
65	17,57	17,63	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.01380	0.01162	0.01167		
66	28,77	28,75	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.02311	.	0.01967	0.01443	
67	28,77	28,75	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.02312	.	0.01967	0.01444	
68	28,74	28,73	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.02314	.	0.01967	0.01443	
69	39,58	39,64	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.03271	0.02822	0.02807	0.02128	
70	39,48	39,50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.03261	0.02815	0.02799	0.02128	
71	—	39,46	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.03254	0.02810	0.02797	0.02124	
72	39,43	39,44	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.03250	0.02808	0.02797	0.02122	
73	12,76	12,79	.	.	0.01342	.	.	.	.	.	.	.	.	0.00835	.	
74	12,93	12,93	.	.	0.01356	.	.	.	.	.	.	.	.	0.00843	.	
75	23,07	23,15	.	.	0.02458	.	.	.	.	.	.	0.01812	.	0.01562	0.01107	
76	23,05	23,13	.	.	0.02458	.	.	.	.	.	.	0.01810	.	.	0.01106	
77	—	19,20	.	.	.	.	.	.	.	0.01722	.	.	.	.	.	
78	—	20,99	.	.	.	.	.	.	.	0.01888	.	.	.	.	.	
79	—	28,95	.	.	.	.	.	.	.	0.02656	.	.	.	.	.	
80	—	37,95	.	.	.	.	.	.	.	0.03550	.	.	.	.	.	
81	—	41,72	.	.	.	.	.	.	.	0.03928	.	.	.	.	.	

T a f e l II.

a.

Nr. der Beobachtung.	Nri. der Versuche, aus denen die Beobachtung entstanden	Mittlere Temperatur- angabe des Lufttherm. T° C	Mittlere Temperatur- angabe des Quecksilbth. t° C.	Beobachtete Mittelwerthe des Volumens bei der Temperatur T° C (das Volumen bei 0° als Einheit genommen) nebst den Beobachtungsfehlern in Einheiten der 5. Decimale.														
				Nr. 1, 2 u. 3 Vol. o/o 99,3	R—B	Nr. 4 u. 5 88,15	R—B	Nr. 6 u. 7 79,85.	R—B	Nr. 8 68,1	R—B	Nr. 9 66,5	R—B	Nr. 10 50,3	R—B	Nr. 11 u. 12 40,0	R—B	Nr. 13 u. 14 30,0
1. A b t h e i l u n g.																		
1	74—77	—38,72	.	0.96202	+15	—	.	—	.	0.96908	+16	0.96922	+42	0.97332	+15	—	.	.
2	85—86	—37,43	.	0.96332	+ 5	0.96628	—14	0.96806	—18	—	.	—	.	—	.	0.97944	+ 3	.
3	78—79	—36,36	.	0.96441	— 5	—	.	—	.	0.97111	—17	0.97127	+ 7	0.97497	0	—	.	.
4	100—104	—36,17	.	0.96463	— 9	0.96735	—15	0.96888	0	—	.	—	.	0.97508	+ 2	—	.	.
5	87	—34,77	.	0.96593	—10	0.96862	—24	0.97026	—27	—	.	—	.	—	.	0.98085	—13	.
6	50	—34,42	.	0.96611	+ 5	0.96846	+22	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	.
7	51	—33,73	.	0.96675	+ 5	0.96924	+ 4	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	.
8	1	—33,71	.	0.96686	— 3	0.96878	+52	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	.
9	88—89	—33,52	.	0.96707	— 7	0.96967	—22	0.97114	—15	—	.	—	.	—	.	0.98143	— 6	.
10	60	—32,40	.	0.96769	+36	0.97020	+20	0.97161	+35	0.97369	+19	—	.	—	.	—	.	.
11	80	—32,29	.	0.96828	—13	—	.	—	.	0.97425	—28	0.97438	— 7	0.97768	— 5	—	.	.
12	105—107	—32,21	.	0.96830	— 8	0.07063	— 7	0.97216	—11	—	.	—	.	0.97775	— 6	—	.	.
13	2	—31,30	.	0.96889	+18	0.97116	+18	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	.
14	7—10	—30,43	.	—	.	—	.	0.97345	+ 4	—	.	—	.	—	.	0.98286	+ 2	.
15	61	—29,62	.	0.97076	— 9	—	.	0.97396	+19	0.97579	+19	—	.	—	.	—	.	.
16	127	—29,05	.	0.97127	— 6	0.97320	+ 8	0.97493	—21	0.97635	+ 5	—	.	—	.	0.98363	— 2	.
17	52—53	—28,94	.	0.97134	— 2	0.97347	— 9	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	.
18	126	—28,75	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	0.98375	+ 1	.
19	81—82	—28,58	.	0.97178	—12	—	.	—	.	0.97699	—22	0.97712	— 5	0.98006	— 4	—	.	.
20	59	—28,52	.	—	.	—	.	0.97488	+17	0.97674	+ 8	—	.	—	.	0.98378	+ 9	.
21	108—109	—28,51	.	0.97183	—10	0.97384	— 8	0.97519	—13	—	.	—	.	0.98016	— 9	—	.	.
22	62	—27,87	.	0.97217	+17	0.97427	+ 4	0.97545	+14	0.97724	+ 4	—	.	—	.	—	.	.
23	56—57	—27,54	—27,60	—	.	—	.	0.97588	— 2	0.98748	+ 8	—	.	—	.	0.98440	— 2	.
24	11	—26,36	.	—	.	—	.	0.97669	+15	—	.	—	.	—	.	0.98478	+20	.
25	63	—26,21	.	0.97386	+ 7	0.97577	— 1	0.97690	+ 6	0.97858	— 1	—	.	—	.	—	.	.
26	3—4	—26,05	.	0.97406	+ 1	0.97595	— 4	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	.
27	128—130	—25,05	.	0.97498	+ 6	0.97656	+22	0.97787	+ 5	0.97927	+20	—	.	—	.	0.98572	— 5	.
28	83	—25,01	.	0.97522	—14	—	.	—	.	0.97983	—32	0.97994	—16	0.98246	— 9	—	.	.
29	58	—24,65	.	—	.	—	.	0.97810	+16	0.97961	+16	—	.	—	.	0.98584	+ 4	.
30	64	—24,60	.	0.97540	+ 7	0.97723	— 5	0.97825	+ 5	0.97982	— 1	—	.	—	.	—	.	.
31	90—92	—24,35	.	0.97589	—18	0.97753	—12	0.97864	—13	—	.	—	.	0.98286	— 5	—	.	.
32	31—32	—24,18	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	0.98608	+ 4	0.99225
33	132—134	—23,14	.	0.97676	+11	—	.	0.97911	+42	0.98092	+ 3	—	.	—	.	0.98669	— 1	0.99222
34	110—113	—22,95	—22,97	—	.	—	.	0.97972	— 4	—	.	0.98133	+ 3	—	.	—	.	.
35	22—29	—22,89	—22,93	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	0.98680	+ 1	—
36	54—55	—22,86	.	—	.	—	.	0.97984	— 7	0.98114	+ 2	—	.	—	.	0.98684	— 1	—
37	65	—22,78	.	0.97712	+10	0.97885	— 5	0.97978	+ 5	0.98129	— 7	—	.	—	.	—	.	.
38	5—6	—22,65	.	0.97731	+ 3	0.97899	— 8	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	.
39	121—125	—22,56	—22,54	0.97738	+ 5	0.97888	+11	0.97998	+ 3	0.98132	+ 8	—	.	—	.	—	.	.
40	12—13	—22,51	—	—	.	—	.	0.98007	— 2	—	.	—	.	—	.	0.98696	+ 4	—

T a f e l II.

b.

Nr. der Beobachtung.	Nri. der Versuche, aus denen die Beobachtung entstanden	Mittlere Temperatur- angabe des Lufttherm. To C	Mittlere Temperatur- angabe des Quecksilbth. to C.	Beobachtete Mittelwerthe des Volumens bei der Temperatur T°C (das Volumen bei 0° als Einheit genommen) nebst den Beobachtungsfehlern in Einheiten der 5. Decimale.															
				Nr. 1, 2 u. 3 Vol. % 99,3	R—B	Nr. 4 u. 5 88,15	R—B	Nr. 6 u. 7 79,85.	R—B	Nr. 8 68,1	R—B	Nr. 9 66,5	R—B	Nr. 10 50,3	R—B	Nr. 11 u. 12 40,0	R—B	Nr. 13 u. 14 30,0	R—B
41	135—142	—22,23	—	0.97762	+11	—	.	0.98014	+15	0.98164	+ 2	—	.	—	.	0.98718	— 2	0.99276	— 2
42	98	—22,18	—22,16	0.97777	+ 3	—	.	0.98040	— 6	—	.	—	.	0.98427	0	—	.	—	.
43	42—45	—22,11	—22,21	0.97775	+12	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.
44	30	—22,05	—22,16	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	0.98722	+ 3	—	.
45	16—21	—21,91	—21,99	—	.	0.97966	— 8	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.
46	93—94	—21,82	—	0.97828	—13	0.97982	—17	0.98078	—14	—	.	—	.	9.98454	— 3	—	.	—	.
47	46	—21,61	—21,66	—	.	—	.	0.98081	+ 1	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.
48	47	—21,54	—	—	.	0.97982	+ 8	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.
49	36—38	—20,66	—20,78	0.97911	+17	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.
50	33—34	—20,22	—	—	.	—	.	0.98197	+ 3	0.98318	+12	—	.	—	.	—	.	0.99329	+ 1
51	114—115	—19,98	—19,99	—	.	—	.	0.98234	—13	—	.	0.98373	— 7	—	.	—	.	—	.
52	143—144	—19,52	—19,62	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	—	.	0.98864	— 2	0.99347	+ 3
53	48	—19,50	—	—	.	0.98173	+ 1	—	.	—	.	—	.	—	.	.	.	—	.
54	95—96	—19,43	—19,40	0.98060	—12	—	.	0.98276	— 8	—	.	—	.	0.98617	— 4	.	.	—	.
55	39	—19,09	—19,24	0 —	.	—	.	0.98293	+ 3	—	.	—	.	—	.	.	.	—	.
56	69—71	—19,01	—19,06	0.98090	— 2	—	.	—	.	—	.	0.98446	— 4	0.98649	— 6	.	.	—	.
57	116—117	—18,90	—18,91	—	.	—	.	0.98324	—11	—	.	0.98453	— 3	—	.	.	.	—	.
58	35	—18,76	—	—	.	—	.	0.98318	+ 7	0.98435	+ 5	—	.	—	.	.	.	0.99374	— 2
59	72	—14,89	—14,99	0.98479	+14	—	.	—	.	—	.	0.98761	+ 8	0.98916	+11	.	.	—	.
60	49	—14,76	—	—	.	0.98605	+ 1	—	.	—	.	—	.	—	.	.	.	—	.
61	73	—11,70	—11,77	0.98804	+ 7	—	.	—	.	—	.	0.99056	—30	0.99172	—21	.	.	—	.

2. A b t h e i l u n g.

1	6	(Berechnet)	—24,88	—24,99	0.97513	+ 6	.	.	.	.	.	0.97959	+29	0.98240	+ 5				
2	7		—22,70	—22,80	0.97738	— 8	.	.	.	.	.	0.98139	+15	0.98284	+ 8				
3	8— 9		—21,68	—21,77	0.97839	—10	.	.	.	.	.	0.98228	+ 6	0.98457	+ 4				
4	10		—20,69	—20,71	—	.	.	.	.	.	.	0.98304	+12	0.08526	+ 6				
5	11—14		—19,45	—19,54	—	.	.	.	.	.	.	0.98413	— 5	0.98618	— 6				
6	17—19		—19,07	—19,16	0.98046	+37	0.98227	—14	.	0.98428	—12	—	.	—	.				
7	23—24		—18,82	—18,91	0.98131	—24	—	.	.	—	.	0.98445	+12	0.98661	— 6				
8	15—16		—18,65	—18,74	0.98123	+ 1	0.98256	— 6	.	0.98456	— 7	.	.	.	.				
9	3		—18,32	—18,41	—	.	0.98286	— 6	.	—	.	.	.	.	.	0.98938	—11		
10	2		—18,14	—18,23	0.98177	— 3	—	.	.	—	.	.	.	.	.	—	.		
11	20		—17,11	—17,19	0.98273	+ 2	0.98393	— 3	.	0.98578	— 5	.	.	.	.	—	.		
12	22		—16,66	—16,74	0.99314	+ 5	0.98430	+ 2	.	0.98614	— 5	.	.	.	.	—	.		
13	5		—15,85	—15,93	—	.	—	.	.	—	.	.	.	.	.	0.99078	—19	0.99447	+10
14	21		—15,79	—15,86	0.98404	+ 1	0.98515	— 4	.	0.98686	— 7	.	.	.	.	—	.	—	.
15	1		—13,73	—13,79	—	.	0.98707	— 7	.	—	.	.	.	.	.	—	.	—	.
16	4		— 6,68	— 6,71	—	.	—	.	.	—	.	.	.	.	.	—	.	0.99752	0

T a f e l II.

c.

Nro. der Beobachtung.	Nri. der Ablesungen	Beobachtete mittlere Tem- peraturangb. der Quecksilb- Thermomet. to C	Berechnete Temperatur- Angabe des Lufttherm. T° C.	Beobachtete Mittelwerthe des Volumens bei der Temperatur T° C (das Volumen bei 0° als Einheit genommen) nebst den Beobachtungsfehlern in Einheiten der 5. Decimale.															
				Nr. 1, 2 u. 3 Vol o/o 99,3	R—B	Nr. 4 u. 5 88,15	R—B	Nr. 6 u. 7 79,85.	R—B	Nr. 8 68,1	R—B	Nr. 9 66,5	R—B	Nr. 10 50,3	R—B	Nr. 11 u. 12 40,0	R—B	Nr. 13 u. 14 30,0	R—B
3. A b t h e i l u n g.																			
1	28—29	+ 2,86	+ 2,84	1.00293	+ 3	1.00284	— 7	.	.	1.00280	—33	.	.	.	.	—	.	—	.
2	17	+ 6,67	+ 6,62	1.00699	— 7	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.	—	.
3	27	+ 6,69	+ 6,64	—	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.00425	— 1	1.00280	— 6
4	13	+ 8,21	+ 8,13	—	.	1.00761	+40	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.	—	.
5	1—2	+ 8,91	+ 8,84	1.00906	+21	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.	—	.
6	19	+ 8,96	+ 8,89	—	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.	1.00326	+38
7	73—74	+12,85	+12,75	1.01349	— 6	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.00839	— 7*	—	.
8	20—23	+15,17	+15,06	—	.	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.	1.00687	—36
9	3—7	+15,21	+15,10	1.01595	0	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.	—	.
10	18	+15,63	+15,52	1.01640	0	—	.	.	.	.	.	.	.	.	.	—	.	—	.
11	50—51	+16,48	+16,36	1.01727	+ 4	—	.	.	.	1.01463	+ 4	.	.	.	.	—	.	1.00715	0
12	54—57	+16,51	+16,39	1.01737	— 3	1.01653	—10	.	.	.	.	.	.	.	.	1.01093	+17	—	.
13	52—53	+16,55	+16,43	1.01744	— 5	—	.	1.01589	—10	.	.	.	.	1.01293	—16	—	.	—	.
14	65	+17,60	+17,48	—	.	—	.	.	.	.	.	.	.	1.01380	—18	1.01164	— 4	—	.
15	14	+17,81	+17,68	—	.	1.01776	+ 1	.	.	.	.	.	.	—	.	—	.	—	.
16	49	+17,91	+17,78	1.01890	— 5	—	.	.	.	1.01595	+ 4	.	.	—	.	—	.	1.00789	— 1
17	77	+19,20	+19,06	—	.	—	.	.	.	1.01722	— 3	.	.	—	.	—	.	—	.
18	78	+20,99	+20,85	—	.	—	.	.	.	1.01888	0	.	.	—	.	—	.	—	.
19	75—76	+23,10	+22,95	1.02458	— 7	—	.	.	.	—	.	.	.	1.01811	+ 5	1.01562	—10	1.01106	— 8
20	58—59	+25,97	+25,81	1.02773	— 5	1.02676	—38	.	.	—	.	.	.	—	.	1.01777	—14	—	.
21	24—26	+28,03	+27,86	—	.	—	.	.	.	—	.	.	.	—	.	—	.	1.01401	— 3
22	8—12	+28,16	+27,99	1.02997	+ 6	—	.	.	.	—	.	.	.	—	.	—	.	—	.
23	66—68	+28,75	+28,58	—	.	—	.	.	.	—	.	.	.	1.02312	—14	1.01967	+ 5	1.01443	0
24	15—16	+28,76	+28,59	—	.	1.02917	+23	.	.	—	.	.	.	—	.	—	.	—	.
25	79	+28,95	+28,77	—	.	—	.	.	.	1.02656	— 3	.	.	—	.	—	.	—	.
26	33	+29,35	+29,17	1.03137	+ 2	—	.	.	.	—	.	.	.	—	.	—	.	1.01481	— 2
27	34—37	+30,15	+29,97	1.03226	+ 5	—	.	.	.	—	.	.	.	—	.	—	.	1.01529	0
28	38—39	+30,24	+30,06	—	.	—	.	1.02963	+12	1.02775	+ 5	.	.	1.02427	— 1	1.02071	+13	—	.
29	40—42	+31,07	+30,89	1.03336	0	1.03185	+ 8	—	.	—	.	.	.	1.02837	+ 2	—	.	—	.
30	30—32	+32,25	+32,07	1.03475	— 4	1.03322	+ 2	1.03186	+ 2	1.02979	0	.	.	—	.	—	.	—	.
31	80	+37,95	+37,75	—	.	—	.	—	.	1.03550	+ 4	.	.	—	.	—	.	—	.
32	47—48	+38,26	+38,06	—	.	—	.	1.03846	—12	—	.	.	.	1.03142	+ 2	1.02695	+19	1.02017	+10
33	45—46	+38,27	+38,07	1.04174	— 1	—	.	1.03847	—12	—	.	.	.	—	.	—	.	1.02014	+14
34	69—72	+39,50	+39,30	—	.	—	.	—	.	—	.	.	.	1.03259	— 1	1.02807	+ 8	1.02125	—24
35	81	+41,72	+41,52	—	.	—	.	—	.	1.03928	+16	.	.	—	.	—	.	—	.
36	60—64	+46,06	+45,86	1.05109	— 4	1.04932	— 3	1.04695	+ 6	1.04384	+17	.	.	—	.	1.03365	— 3	—	.
37	43—44	+46,26	+46,06	1.05125	+ 3	—	.	1.04726	— 5	1.04424	— 1	1.04394	0	—	.	—	.	—	.

Volumen des Weingeistes zwischen -40°C und $+40^{\circ}\text{C}$ (das Volumen bei 0° gleich 10000 gesetzt).

Luft- Thermometer	100 %	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30
-40°C	9608	9622	9635	9647	9658	9669	9679	9689	9700	9712	9727	9735	9744	9754	9767	9783					
-35	9655	9667	9678	9688	9698	9707	9716	9726	9735	9746	9759	9766	9773	9782	9793	9807					
-30	9702	9712	9721	9730	9738	9746	9754	9762	9770	9780	9791	9797	9804	9812	9821	9831					
-25	9750	9758	9765	9773	9780	9786	9793	9799	9806	9814	9824	9829	9835	9842	9849	9857	9865	9875	9888	9903	9920
-20	9798	9805	9811	9816	9822	9827	9832	9838	9844	9850	9858	9862	9866	9872	9877	9884	9891	9899	9909	9920	9934
-15	9848	9852	9857	9861	9865	9869	9873	9877	9881	9886	9892	9895	9898	9902	9906	9911	9916	9923	9930	9938	9949
-10	9898	9901	9904	9906	9909	9912	9914	9917	9920	9923	9927	9929	9931	9934	9936	9940	9943	9948	9952	9958	9964
-5	9949	9950	9951	9953	9954	9956	9957	9958	9960	9961	9963	9964	9965	9967	9968	9969	9971	9973	9975	9978	9981
0	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
$+5$	10052	10051	10049	10048	10047	10046	10044	10043	10041	10039	10038	10037	10035	10034	10033	10032	10030	10028	10026	10023	10020
$+10$	10105	10103	10100	10098	10095	10093	10090	10087	10084	10080	10077	10075	10072	10070	10068	10065	10061	10057	10053	10047	10042
$+15$	10158	10155	10151	10148	10144	10140	10136	10131	10127	10122	10116	10113	10110	10107	10103	10099	10093	10087	10081	10073	10065
$+20$	10213	10209	10204	10199	10194	10189	10183	10177	10171	10164	10157	10153	10149	10144	10139	10134	10127	10120	10112	10102	10092
$+25$	10268	10263	10257	10251	10245	10238	10231	10224	10216	10208	10198	10194	10189	10183	10177	10170	10162	10154	10144	10134	10122
$+30$	10324	10318	10312	10305	10297	10289	10281	10272	10263	10253	10241	10236	10230	10223	10216	10208	10199	10189	10178	10166	10153
$+35$	10382	10375	10368	10360	10351	10341	10331	10322	10311	10299	10285	10279	10272	10264	10256	10247	10237	10225	10213	10199	10184
$+40^{\circ}\text{C}$	10441	10433	10425	10416	10405	10394	10383	10372	10360	10346	10331	10324	10316	10307	10298	10287	10274	10260	10246	10231	10214

[1866. II. 3.]

26***

pag. 397—400.

Zu Tafel III.

Täfelchen zur Reduction der Volumina auf die Angaben des Quecksilberthermometers.

Cels.	100 %	90	80	70	60	50	40	30
-25°	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+0
-20	1	1	1	1	1	1	1	0
-15	1	1	1	1	1	1	0	0
-10	1	0	0	0	0	0	0	0
-5	0	0	0	0	0	0	0	0
0	—	—	—	—	—	—	—	—
$+5$	0	0	0	0	0	0	0	0
$+10$	—1	—1	—1	—1	—1	—1	—1	—0
$+15$	1	1	1	1	1	1	1	0
$+20$	1	1	1	1	1	1	1	1
$+25$	2	2	2	2	1	1	1	1
$+30$	2	2	2	2	2	2	1	1
$+35$	2	2	2	2	2	2	1	1
$+40$	2	2	2	2	2	2	1	1

Temperatur nach Réaumur.	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	Temperatur nach Réaumur.	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
— 20	8282	8331	8377	8420	8461	8500	8537	8573	8607	8640	8672	8704	8736	8766	8796	8826	8855	8883	8911	8938	8964	8991	9017	9043	9069	9094	9119	9143	9167	9191	9215	9238	9261	9284	9307	9329	9351	9372	9393	9414	9435	— 20	9455	9475	9495	9514	9534	9553	9571	9589	9606	9623	9639	9654	9668	9682	9696	9709	9722	9734	9745	9755	9764	9772	9780	9786	9790	9794	9797	9799	9799	9799
19	8272	8321	8367	8410	8451	8490	8527	8563	8597	8630	8662	8694	8726	8756	8786	8817	8846	8874	8902	8929	8955	8982	9008	9034	9060	9085	9110	9134	9158	9182	9206	9229	9252	9275	9298	9320	9342	9363	9384	9405	9426	19	9446	9467	9487	9506	9526	9545	9563	9581	9598	9615	9631	9646	9661	9675	9689	9702	9715	9728	9739	9749	9758	9766	9774	9780	9785	9789	9793	9795	9796	9796
18	8262	8311	8357	8400	8441	8480	8517	8553	8587	8620	8652	8684	8716	8746	8776	8807	8836	8864	8892	8919	8945	8972	8998	9024	9050	9075	9100	9124	9149	9173	9197	9220	9243	9266	9289	9311	9333	9354	9375	9396	9417	18	9437	9458	9478	9497	9517	9536	9554	9572	9590	9607	9623	9638	9653	9667	9681	9695	9708	9721	9732	9742	9751	9760	9768	9774	9779	9784	9788	9791	9792	9792
17	8252	8301	8347	8390	8431	8470	8507	8543	8577	8610	8642	8675	8706	8736	8766	8797	8826	8854	8882	8909	8936	8963	8989	9015	9041	9066	9091	9115	9140	9164	9188	9211	9234	9257	9280	9302	9324	9345	9366	9387	9408	17	9428	9449	9469	9489	9509	9528	9546	9564	9582	9599	9615	9630	9645	9660	9674	9688	9701	9714	9725	9735	9745	9754	9762	9768	9774	9779	9784	9787	9789	9789
16	8241	8290	8336	8379	8420	8459	8496	8532	8566	8599	8632	8664	8696	8726	8756	8787	8816	8844	8872	8899	8926	8953	8979	9005	9031	9056	9081	9105	9130	9154	9178	9201	9224	9247	9270	9292	9314	9335	9356	9378	9399	16	9419	9440	9460	9480	9500	9519	9537	9555	9573	9590	9606	9622	9637	9652	9666	9680	9694	9707	9718	9728	9738	9747	9755	9762	9768	9774	9779	9783	9785	9785
15	8231	8280	8326	8369	8410	8449	8486	8522	8556	8589	8622	8654	8686	8717	8747	8777	8806	8835	8863	8890	8917	8944	8970	8996	9022	9047	9072	9096	9121	9145	9169	9192	9215	9238	9261	9283	9305	9327	9348	9369	9390	15	9410	9431	9451	9472	9492	9511	9529	9548	9565	9582	9598	9614	9630	9645	9659	9673	9687	9700	9712	9722	9732	9741	9749	9757	9763	9769	9774	9779	9781	9782
14	8221	8270	8316	8359	8400	8439	8476	8512	8546	8579	8612	8644	8676	8707	8737	8767	8796	8825	8853	8880	8907	8934	8960	8986	9012	9037	9062	9086	9111	9135	9159	9183	9206	9229	9252	9274	9296	9318	9339	9360	9381	14	9401	9422	9442	9463	9483	9502	9520	9539	9557	9574	9590	9606	9622	9637	9651	9666	9180	9693	9705	9715	9726	9735	9743	9751	9757	9764	9769	9774	9777	9778
13	8211	8260	8306	8349	8390	8429	8466	8502	8536	8569	8602	8634	8666	8697	8727	8757	8786	8815	8843	8870	8897	8924	8950	8976	9002	9027	9052	9077	9102	9126	9150	9174	9197	9220	9243	9265	9287	9309	9330	9351	9372	13	9392	9413	9433	9454	9474	9493	9512	9531	9549	9566	9582	9598	9614	9629	9644	9659	9673	9686	9698	9709	9720	9729	9737	9745	9752	9759	9764	9770	9773	9775
12	8200	8249	8295	8339	8380	8419	8456	8491	8525	8558	8591	8624	8656	8687	8717	8747	8776	8805	8833	8860	8887	8914	8940	8966	8992	9017	9042	9067	9092	9116	9140	9164	9187	9210	9233	9255	9277	9299	9321	9342	9363	12	9383	9404	9424	9445	9465	9484	9503	9522	9540	9557	9574	9590	9606	9621	9636	9651	9665	9679	9691	9702	9713	9722	9731	9739	9746	9753	9759	9765	9769	9771
11	8190	8239	8285	8329	8370	8409	8446	8481	8515	8548	8581	8614	8646	8677	8708	8738	8767	8796	8824	8851	8878	8905	8931	8957	8983	9008	9033	9058	9083	9107	9131	9155	9178	9201	9224	9246	9268	9290	9312	9333	9354	11	9375	9396	9416	9437	9457	9476	9495	9514	9532	9549	9566	9582	9598	9614	9629	9644	9658	9672	9684	9695	9707	9716	9725	9733	9741	9748	9754	9761	9765	9768
10	8179	8228	8274	8318	8360	8399	8436	8471	8505	8538	8571	8604	8636	8667	8698	8728	8757	8786	8814	8841	8868	8895	8921	8947	8973	8998	9023	9048	9073	9098	9122	9146	9169	9192	9215	9237	9259	9281	9303	9324	9345	10	9366	9387	9407	9428	9448	9467	9486	9505	9523	9541	9558	9574	9590	9606	9621	9636	9651	9664	9677	9688	9700	9710	9719	9727	9735	9742	9749	9756	9760	9764
9	8169	8218	8264	8308	8350	8389	8426	8461	8495	8528	8561	8594	8626	8657	8688	8718	8747	8776	8804	8831	8858	8885	8912	8938	8964	8989	9014	9039	9064	9089	9113	9137	9160	9183	9206	9228	9250	9272	9294	9315	9336	9	9357	9378	9398	9419	9439	9459	9478	9497	9515	9533	9550	9566	9582	9598	9613	9628	9643	9657	9670	9681	9693	9704	9713	9721	9729	9737	9744	9751	9756	9760
8	8158	8207	8253	8297	8339	8378	8415	8450	8484	8518	8551	8584	8616	8647	8678	8708	8737	8766	8794	8821	8848	8875	8902	8928	8954	8979	9004	9029	9054	9079	9103	9127	9150	9173	9196	9218	9240	9262	9284	9306	9327	8	9348	9369	9389	9410	9430	9450	9469	9488	9506	9524	9541	9558	9574	9590	9605	9620	9635	9649	9662	9674	9686	9697	9706	9715	9723	9731	9739	9746	9751	9756
7	8148	8197	8243	8287	8329	8368	8405	8440	8474	8508	8541	8574	8606	8637	8668	8698	8727	8756	8784	8811	8838	8865	8892	8918	8944	8970	8995	9020	9045	9070	9094	9118	9141	9164	9187	9209	9231	9253	9275	9297	9318	7	9339	9360	9380	9401	9421	9441	9460	9479	9498	9516	9533	9550	9566	9582	9597	9612	9628	9643	9656	9667	9679	9691	9700	9709	9718	9726	9734	9741	9747	9752
6	8138	8187	8233	8277	8319	8358	8395	8430	8464	8498	8531	8564	8596	8627	8658	8688	8717	8746	8774	8801	8828	8855	8882	8908	8934	8960	8985	9010	9035	9060	9084	9108	9131	9154	9177	9199	9222	9244	9266	9288	9309	6	9330	9351	9371	9392	9412	9432	9451	9470	9489	9507	9524	9541	9558	9574	9589	9604	9620	9634	9648	9660	9672	9684	9694	9703	9712	9720	9729	9736	9742	9748
5	8128	8177	8223	8267	8309	8348	8385	8420	8454	8488	8521	8554	8586	8617	8648	8678	8707	8736	8764	8791	8818	8845	8872	8898	8924	8950	8975	9000	9025	9050	9074	9098	9121	9144	9167	9190	9213	9235	9257	9279	9300	5	9321	9342	9362	9383	9403	9423	9442	9461	9480	9498	9516	9533	9550	9566	9581	9596	9612	9627	9641	9653	9665	9677	9688	9697	9706	9715	9724	9731	9738	9744
4	8117	8166	8212	8256	8298	8337	8374	8409	8444	8478	8511	8544	8576	8607	8638	8667	8696	8725	8753	8781	8808	8835	8862	8888	8914	8940	8965	8990	9015	9040	9064	9088	9111	9134	9157	9180	9203	9225	9247	9269	9290	4	9311	9332	9353	9373	9394	9414	9433	9452	9471	9489	9507	9524	9541	9557	9573	9588	9604	9619	9633	9646	9658	9670	9681	9690	9700	9709	9718	9726	9733	9739
3	8107	8156	8202	8246	8288	8327	8364	8399	8434	8468	8501	8534	8566	8597	8628	8657	8686	8715	8743	8771	8798	8825	8852	8878	8904	8930	8955	8981	9006	9031	9055	9079	9102	9125	9148	9171	9194	9216	9238	9260	9281	3	9302	9323	9344	9364	9385	9405	9425	9444	9463	9481	9499	9516	9533	9549	9565	9580	9596	9611	9626	9639	9651	9663	9675	9684	9694	9703	9712			