© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Ueber die thermische Ausdehnung der Gemische von Alkohol und Wasser.

(Theodor Hoh.)

Ein im hiesigen physikalischen Kabinet des k. Lyceums befindliches Weingeistthermometer, auf dessen Skala ein mit dem Quecksilberthermometer übereinstimmender Gang und das Aushalten des Wassersiede-Punktes versprochen ist, was offenbar nur möglich erscheint, insofern man die in geschlossenen Thermometern stattfindenden Zustände berücksichtigt, worunter der im Innenraum herrschende Druck durch die mit steigender Wärme vermehrten Dünste die Thermal-Expansionen des hievon vornehmlich betroffenen Weingeistes und des Quecksilber in einem Grade vergleichbar machen dürfte, welcher bei gewöhnlicher Atmosphärenpressung in offenen Gefässen unerreichbar ist, gab Anlass zu folgender Untersuchung, von welcher einige Resultate schon in Poggendorffs Annalen der Physik veröffentlicht wurden. Die daselbst in die fünftletzte Zeile fallenden Zahlen 4 und 7.3 stehen in Folge eines Missverständnisses fälschlich für 0.7 und 1.8. Im Uebrigen ergab die genauere Beobachtung folgende Werthe. In Glasröhrchen von 150mm Länge und 6mm Höhlungs-Durchmesser, von 110mm hoch umgebendem Wasserbade erwärmt und von 10 zu 10°C verfolgt fand ich ausgehend von 3392.82 cub.mm Quecksilber bei 20°C

für 30°C	Ansteigung	um 0.3mm	Volummehrung	0.0025	(auf: 1)
„ 40 „	„	0.5 „	„	0.00416	„
„ 50 „	„	0.7 „	„	0.0058	„
„ 60 „	„	0.9 „	„	0.00749	„
„ 70 „	„	1.1 „	„	0.009	„
„ 80 „	„	1.3 „	„	0.0108	„
Unterschiede für je 10°C:		0.2 „	„	0.00167	im Mittel.

Aus der Gesammt-Vermehrung berechnet: 0.0001835. —

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Hauptschwierigkeit einer Vergleichung der den Temperatur-Unterschieden entsprechenden Volumveränderungen von Quecksilber und Alkohol-Wasser-Gemischen liegt darin, dass jenes innerhalb der beim gewöhnlichen Thermometergebrauch in Betracht kommenden Grade sich nahezu gleichförmig ausdehnt, während beim Alkohol eine der Wärmesteigerung proportionale Darstellung des Ausdehnungs-Ganges nur unter Herbeiziehung höherer Potenzen der Temperatur-Grade möglich ist. Hirn's und Kopp's unter complicirten Verhältnissen ausgeführte Arbeiten, welche zu Formeln führen, die dort, theoretisch zu, thatsächliche Verhältnisse übersteigenden, Temperaturen emporgehend, mit der vierten, hier mit der dritten Potenz von t abschliessen, geben von 10 zu 10°C verfolgt nachstehende Volumina des absoluten Alkohol, dessen Einheits-Volum bei 0 angenommen wird.

Temperatur.	Hirn.	Kopp.	d = H — K.
10°C	1.0085409837	1.01052	— 0.0019790163
20 „	1.0198039015	1.02128	— 0.0014760985
30 „	1.0344891271	1.03242	+ 0.0020691271
40 „	1.0533941272	1.04404	+ 0.0093541272
50 „	1.0774129597	1.05632	+ 0.0210929597
60 „	1.1075372592	1.06910	+ 0.0384372592
70 „	1.1448553367	1.08278	+ 0.0620753367
80 „	1.1915324401	1.09735	+ 0.0941824401
90 „	1.2459109486	1.11292	+ 0.1329909486
100 „	1.3123101740	1.21006	+ 0.1022501740

Vom dreissigsten Grad an macht sich die höhere Potenz von t so bemerkbar, dass die bis dahin stärkeren Volum-Zuwüchse Kopp's kleiner werden, als diejenigen Hirn's, und zwar immer bedeutender bis 90, wo gegen 100 ein Nachlass eintritt. —

Hirn's im 10. Bd. der IV. Reihe von Annales de chimie et de physique erschienene Untersuchungen schreiten weit über die Siede-Punkte der betrachteten Flüssigkeiten hinauf, was nur möglich war, insofern die dilatometrische Methode in einer den gegenseitigen Beziehungen von Druck und Verdunstung entsprechenden Weise modificirt wurde. Eine anschau-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

liche Beschreibung der hiezu geeigneten Veranstaltungen gibt Wüllner im III. Bd. seiner Experimental-Physik (3. Aufl. S. 75), worauf bei der weiten Verbreitung des Buches füglich verwiesen werden kann. Theoretisch ist wohl das Bedenken zulässig, es möchten unter den namhaft hohen Pressungen (beim Wasser 11.26m Quecksilber) die Ausdehnungen nach andren quantitativen Werthen und formalen Gesetzen einherschreiten, als in gewöhnlichen Verhältnissen: unter Benützung des Expansions-Coefficienten des Kupfers wurde indess der dessfalsige Einfluss des Druckes als verschwindend erkannt, mindestens für das Wasser; ob auch für den Alkohol, ist meines Wissens nicht direct sicher gestellt, doch ebenso wenig principiell bezweifelt worden. Jedenfalls leidet die wissenschaftliche Bedeutung von Hirn's Arbeit weder durch diese noch andre Einwürfe wesentlichen Schaden; daneben verdienen jedoch in praktischer Hinsicht Kopp's mit hoher Umsicht ausgeführte, im 72. Bd. von Poggendorff's Annalen beschriebene Forschungen nicht weniger Aufmerksamkeit, weil die Modalitäten des Versuches mehr den wirklichen Umständen sich anschliessen. Im Allgemeinen ist dies kein Kriterium besseren Erfolges, vielmehr wohl bekannt, dass oft im Bereich physikalischer Arbeiten an ein reines Resultat gerade nur dann zu denken ist, wenn unter Abschluss oder bewusster Beschränkung regelmässiger Bedingungen den mit diesen häufig verbundenen secundären Momenten der Einfluss verweigert und die Beobachtung unter anscheinend verwickelten, thatsächlich aber den Verlauf vereinfachenden Anordnungen gemacht wird. Trotzdem erscheint es immer werthvoll, wenn die Anwendbarkeit nach exakter Methode gewonnener Resultate unter normalen Umständen und mit den einfachsten Mitteln geprüft wird. —

Ausser den älteren Bestimmungen von Tralles über die Ausdehnung des Alkohol zwischen — 26.11 und + 37.22°C, welche er (schwerlich zutreffend) für eine absolut wasserfreie Flüssigkeit als gleichförmig und zu 0.000846 des Einheits-Volum für 1°C erklärt, während das Expansions-Gesetz des wasserhaltigen Weingeistes nicht allgemein hinstellbar oder doch höchst ver-

 © Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

wickelt sei; ferner der de Luc'schen Vergleichungs-Skalen zwischen Quecksilber- und Weingeist-Thermometern; endlich den von diesem und Biot untersuchten Expansions-Verhältnissen gleichtheiliger Gemenge von Alkohol und Wasser (Gehler's physikal. Wörterbuch, 1825, I. Bd. S. 617 u. ff.) enthalten die Phils. Transact. von 1794 über die Ausdehnung der Wasser- und Alkohol-Gemische 102 Tabellen, welche aus praktischen Rücksichten von der Londoner Societät veranlasst, durch Blagden und Gilpin hergestellt, von Tralles geprüft wurden. — Auf eine weitere Arbeit mich anlässlich meiner Veröffentlichung im Juniheft der Annalen hinzuweisen, hatte brieflich „ein Mitglied der k. Akademie der Wissenschaften zu Amsterdam" die Güte, wofür ich dem mir leider unbekannten Herrn hiemit aufrichtigen Dank sage. Im IX. Thl. der Schriften erwähnter Akademie veröffentlichte nämlich Herr von Baumhauer eine Abhandlung, welche von Grad zu Grad zwischen 0 und 30°C eine Tabelle der Dichtigkeiten von Procent zu Procent Alkoholgehalt gibt. Deren Berücksichtigung muss ich aus zeitlichen und localen Gründen für die nächste Bearbeitung des Gegenstandes aufschieben. — Von besondrem Interesse ist noch die Formel von Macquorn-Rankine (Poggd. Annalen, Ergaenz. Bd. III. 479.)

$$\log. V = Bt + \frac{C}{t} - A$$

worin log. V der decadische Logarithmus des veränderten Volums, bezogen auf das einheitliche Volum bei der Normaltemperatur 0°C, t die Temperatur vom absoluten Null-Punkt an gezählt, welcher (wohl etwas zu tief) bei — 274.6°C angenommen wird, A = 0.2615033, B = 0.0006941, C = 19.46729 ist. Es dürfte nicht unnütz sein, hieraus für folgende 10 Temperaturen die contrahirten und expandirten Volumina zu berechnen, um sie mit den aus Kopp's Formel erwachsenden Zahlen zu vergleichen.

Temperatur.	Macquorn.	Kopp.	d = M — K.
— 20°C	0.98085	0.97872	+ 0.00213
— 10 „	0.99015	0.98482	+ 0.00533
+ 10 „	1.01028	0.01052	— 0.00024

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Temperatur.	Macquorn.	Kopp.	d = M — K.
+ 20°C	1.02113	1.02128	— 0.00015
+ 30 „	1.03234	1.03242	— 0.00008
+ 40 „	1.04392	1.04404	— 0.00012
+ 50 „	1.05804	1.05632	+ 0.00172
+ 60 „	1.06794	1.06910	— 0.00116
+ 70 „	1.08915	1.08278	+ 0.00637
+ 80 „	1.09504	1.09735	— 0.00231

Hiebei fallen vier Unterschiede in positivem Sinne zu Gunsten der Rankine'schen Reihe, sechs zu Gunsten der Kopp'schen aus; jene sind aber grösser, so dass die Mitteldifferenz 0.001149 den Ueberschuss der ersten Ausdehnungs-Volumina über die zweiten ausdrückt. Ein wahrhaft durchschnittlicher Expansions-Coëfficient ist natürlich nicht auffindbar, weil gerade die Eigentümlichkeit des in beiden Formeln gegebenen Ausdehnungs-Gesetzes in der Ungleichförmigkeit der Volums-Aenderungen besteht; macht man indess bloss zur Ausführung eines Vergleiches die Fiktion des arithmetischen Mittels, so wäre der Ausdehnungs-Exponent des absoluten Alkohol nach Macquorn-Rankine: 0.001036, nach Kopp: 0.001078, also im letztren Fall nur um 0.000042 grösser; was unter ausdrücklicher Fernhaltung aller auf die absoluten Zahlenwerthe reflectirenden Folgerungen immerhin die gegenseitige Verträglichkeit der beiden Gesetze und Reihen beweist. —

Die Resultate meiner Beobachtungen sind nicht ohne Weiteres mit jenen vereinbar, denn einerseits wurden sie aus äusseren Gründen mit sehr beschränkten Mitteln angestellt und nicht unter + 20°C herabverfolgt, anderseits ist vornehmlich der Einfluss der allmäligen Wasserverdünnung des Weingeistes ins Auge gefasst worden. Ich beabsichtige im nächsten Winter unter voraussichtlich besseren Bedingungen eine tiefere und genauere Untersuchung der einschlägigen Verhältnisse und will vorerst nur wenige Angaben aus einem weitläufigen, theilweise zur eigenen Uebung und Belehrung gewonnenen, Materiale mittheilen. — Die Beobachtungen geschahen grösstentheils an den oben beschriebenen Glasröhrchen, doch in den Haupt-Versuchs-Reihen so, dass die Erwärm-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ung continuirlich war, indem das vertikal eingeklemmte Röhrchen bis 0.5cm unter dem den tiefsten Punkt des Hohlmeniscus vom Weingeist bezeichnenden Diamantstrich in 1 litre Wasser versenkt war. Letzteres befand sich in einem Blechgefäss und dieses stand auf einem Drahtring und Gitter über der mässig brennenden Flamme einer doppelzügigen Weingeistlampe; blieb auch daselbst stehen, bis die höchste, und dann nach abgelöschter Flamme wieder die tiefste Temperatur erreicht war. Ein Thermometer hing dicht neben der Proberöhre bis nah an den Boden des Erwärmungs-Gefässes, ein andres bis unter den Spiegel seines Inhaltes, ein drittes bis in dessen Mitte herab. Die an letzterem, von den übrigen wenig und bloss zeitweise abweichendem, Instrument abgelesene ansteigende und abfallende Temperatur durfte bei der Dünnwandigkeit und sonst geringfügigen Dimension des Röhrchen auch für seinen Inhalt angenommen werden, dessen Spiegel von 10 zu 10°C sowohl bei der Zu- als Abnahme des Volums mittels eines Zirkels über der einer Wärme von + 20°C entsprechenden Marke in seiner Lage gemessen und auf den Massstab übertragen wurde. Die zwei zusammengehörigen Werthe in der empor- und herabgehenden Reihe wichen gar nicht, oder so unerheblich ab, dass im letzteren Fall Beobachtungsfehler anzunehmen waren, als deren Grenze aus zahlreichen Versuchen bei den gegebenen Dimensionen 0.01mm erscheint.

Mit gleicher Erhitzungsart wurde in einer andren Versuchs-Reihe eine 45cm lange, 1qcm Querschnitt besitzende Eudiometer-Röhre benützt, in welcher mit Hilfe der nach Millimetern fortschreitenden Eintheilung die zu prüfende Mischung selbst unmittelbar vor dem Versuch hergestellt werden konnte. Endlich wurde mit dieser Röhre auch in der früher benützten Weise des Eingiessens des Erhitzungs-Mediums in einen Umfang-Cylinder experimentirt, doch mehr zur Control und Vergleichung, welche für diese Methode einen namhaften Entgang von Wärme constatirte. —

Alkohol vom specifischen Gewichte 0.791, in der Röhre von 6mm Durchmesser bei + 20°C 120mm hoch eingefüllt, steigt bei

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Temperatur.	um mm.	Unterschied für 10°.	Volum-Zunahme.
+ 30°C	0.65	0.65	0.000541
40	1.60	0.95	0.000791
50	2.55	0.95	0.000791
60	3.70	1.15	0.000958
70	4.98	1.28	0.000983
80	6.60	1.62	0.001350

Die Zahlen der letzten Columne sind berechnet, indem zuvörderst aus den in der dritten enthaltenen Höhen und dem constanten Querschnitt $3^2 \times 3.1415 = 28.2735$q.mm. das Zuwuchs-Volumen gewonnen, dann dieses mittels Division durch $3^2 \times 3.1415 \times 120 = 3392.82$cub mm. auf das Einheits-Volum reducirt, endlich unter der Annahme, dass innerhalb des gegebenen Temperatur-Intervalles die Ausdehnung unmerklich von der Gleichförmigkeit abweiche, durch Theilung mit 10 in den Expansions-Coefficienten des Alkohol für 1°C auf der besagten Temperaturstufe verwandelt wurde. Derselbe steigt mit der Temperatur, nähert sich erst auf der vorletzten Stufe den Rankine' und Kopp'schen Werthen, übertrifft sie auf der letzten, und ist im (streng natürlich unzulässigen) Mittel $\frac{0.005414}{6} = 0.000902$ zwischen den Grenzen von + 20 und + 80°C um 0.000134 niedriger, als der kleinere von jenen.

Daran reihe ich die unter gleichen Umständen gemachten Beobachtungen über die Ausdehnung des destillirten Wassers.

Temperatur.	mm.	Unterschiede für 10°.	Volum-Zunahme.
+ 30°C	0.4	0.4	0.000333
40	0.8	0.4	0.000333
50	1.2	0.4	0.000333
60	1.6	0.4	0.000333
70	2.3	0.7	0.000583
80	3.0	0.7	0.000583

Das Mittel aus den letzten Werthen: 0.000416 weicht von der desfallsigen bei Gehler (I. 612) gegebenen Zahl um 0.000022 in negativem Sinne ab.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Auf den einzelnen Stufen der verfolgten Ausdehnungen stehen die linearen Zuwüchse der Alkohol- und Wasser-Säulen in folgenden Verhältnissen:

+ 20 auf 30°C	6.5 : 4 = 1.625			
30 „ 40 „	16 : 8 = 2			
40 „ 50 „	25.5 : 12 = 2.125			
50 „ 60 „	37 : 16 = 2.312			
60 „ 70 „	49.8 : 23 = 2.165			
70 „ 80 „	66 : 30 = 2.200			

12.427 : 6 = 2.071

Selbst unter der, theoretisch verbotenen und praktisch unzutreffenden, Annahme eines gleichförmigen Verlaufes der einschlägigen Thatsachen wäre aus der nahezu die Wasser-Expansion ums doppelte übertreffenden Alkohol-Ausdehnung (für die mittleren Coëfficienten steht das Verhältniss $\frac{0.000902}{0.000416}$ = 2.178) und jener die Veränderung in den räumlichen Dimensionen der Alkohol-Wasser-Gemische schon wegen der bekannten Contraction der Volumina beim Zutritt der Verdünnungsflüssigkeit nicht berechenbar; immerhin aber sind die auf solchem Wege erhaltenen Zahlen den empirisch gewonnenen zur Seite stellbar.

Alkohol.	Wasser. vol.	30 beob.	30 ber.	40 beob.	40 ber.	50 beob.	50 ber.	60 beob.	60 ber.	70 beob.	70 ber.	80°C beob.	80°C ber.
I.	9 + 1,	0.6	0.64	1.7	1.5	3	2.4	4	3.6	5	4.8	5.8	6.4
II.	8 2,	0.6	0.62	1.6	1.5	2.5	2.4	3.2	3.4	4.8	4.7	5.5	6.2
III.	7 3,	0.5	0.6	1.5	1.46	2.4	2.3	3.2	3.3	4.5	4.5	5.7	5.9
IV.	6 4,	0.5	0.59	1.5	1.4	2.2	2.2	3	3.18	4.2	4.3	4.9	5.7
V.	5 5,	0.5	0.47	1.4	1.3	2.1	2.1	3	3	4.2	4.1	4.8	5.4
VI.	4 6,	0.4	0.5	1.2	1.2	2	1.9	3	2.8	4	3.8	4.9	5.06
VII.	3 7,	0.3	0.5	0.9	1.2	1.5	1.8	1.9	2.6	2.8	3.54	3.9	4.6
VIII.	2 8,	0.3	0.48	0.8	1.07	1.4	1.6	1.8	2.5	2.7	3.28	3.4	4.2
IX.	1 9,	0.2	0.45	0.5	0.95	0.9	1.4	1.1	1.9	1.8	2.8	2.9	3.7

Unterschiede in den Reihen: I—IX für die dekadischen Temperatur-Intervalle:

	30—20	40—30	50—40	60—50	70—60	80—70°C
I.	0.6	1.1	1.3	1	1	0.8mm
II.	0.6	1	0.9	0.7	1.6	0.7 „

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Unterschiede in den Reihen: I—IX für die dekadischen Temperatur-Intervalle:

	30—20	40—30	50—40	60—50	70—60	80—70°C
III.	0.5	1	0.9	0.8	1.3	1.2 „
IV.	0.5	1	0.7	0.8	1.2	0.7 „
V.	0.5	0.9	0.7	0.9	1.2	0.6 „
VI.	0.4	0.8	0.8	1	1	0.9 „
VII.	0.3	0.6	0.6	0.4	0.9	1.1 „
VIII.	0.3	0.5	0.6	0.4	0.9	0.7 „
IX.	0.2	0.3	0.4	0.2	0.7	1.1 „

Unterschiede auf den einzelnen Temperaturstufen für zwei nächste Reihen in mm:

	II—I	III—II	IV—III	V—IV	VI—V	VII—VI	VIII—VII	IX—VIII
30°C	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0	0.1
40 „	0.1	0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3
50 „	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.5	0.1	0.5
60 „	0.8	0	0.2	0	0	1.1	0.1	0.7
70 „	0.2	0.3	0.3	0	0.2	1.2	0.1	0.9
80 „	0.3	— 0.2	0.8	0.1	— 0.1	1.0	0.5	0.5

Die Abnahme der thermalen Volumen-Vermehrungen mit der allmäligen Wasser-Verdünnung, welche nur vereinzelte unbedeutende Abweichungen erfährt, wird noch deutlicher aus folgender Tabelle der Gesammt-Volumen-Zuwüchse von 20 bis 80°C für die Mischungen

I	0.045	Unterschiede:	0.001
II	0.044		0.002
III	0.042		0.002
IV	0.040		0.000
V	0.040		0.003
VI	0.037		0.002
VII	0.035		0.003
VIII	0.032		0.003
IX	0.029		

0.016 : 8 = 0.002

des Einheits-Volum für die allmälige Verminderung der Zuwüchse der Gesammt-Ausdehnung auf jede Verringerung des Alkohol-Gehaltes um 0.1 und entsprechende Steigerung des Wasser-Gehaltes um 0.1 des Volumens.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Dasselbe ergibt sich im Wesentlichen aus andren Untersuchungen, deren einer ich noch folgende Angaben entnehme. Käuflicher Weingeist vom specifischen Gewichte 0.895 wurde in den successiven Verhältnissen von 11 : 1 bis 1:11 mit destillirtem Wasser gemischt, und das Ansteigen der Mischungen in einer Röhre von 1q cm Querschnitt über die bei + 20°C eingehaltene Höhe von 12cm beobachtet.

Weingeist-Wasser vol.			30	40	50	60	70	80	90°C.	vol. Zuwuchs. cm.	prc.
I	11	+ 1	0.07	0.15	0.23	0.31	0.42	0.53	0.62	0.0517	92.6
II.	10	2	—	0.12	0.22	0.3	0.4	0.52	0.6	0.05	89.6
III.	9	3	—	0.1	0.2	0.3	0.4	0.43	0.6	0.05	89.6
IV	8	4	—	0.09	0.2	0.29	0.38	0.43	0.58	0.0483	86.5
V.	7	5	—	0.07	0.13	0.2	0.29	0.38	0.49	0.036	73.1
VI.	6	6	—	0.06	0.13	0.2	0.27	0.37	0.44	0.035	65.7
VII	5	7	—	0.06	0.12	0.16	0.25	0.36	0.4	0.033	59.6
VIII	4	8	—	0.04	0.07	0.14	0.22	0.29	0.4	0.033	59.6
IX	3	9	—	0.03	0.06	0.12	0.2	0.27	0.39	0.0325	58.2
X	2	10	—	—	0.05	0.12	0.2	0.27	0.36	0.030	53.9
XI	1	11	—	—	0.04	0.12	0.14	0.23	0.34	0.028	50.7

Die Zahlen der letzten senkrechten Reihe beziehen sich auf die Gesammt-Ausdehnung des unvermischten Weingeistes, welche von 20 bis 90°C zu 0.0558 des Einheits-Volum bei + 20°C gefunden wurde.

Endlich gewährt vielleicht einiges Interesse die Vergleichung von Zahlen, allerdings bloss relativen Werthes wegen mangelhafter Kenntniss der räumlichen Verhältnisse, dadurch erhalten, dass bei gleichen Volumtheilen das Wasser einmal mit Alkohol von 0.791, das andremal mit Weingeist von 0.895 specifischem Gewichte vermengt wurde.

	bei 30	40	50	60	70	80	90	100°C
Mit Alkohol-Zusatz:	1	3	6	7	8.9	16	18	20
„ Weingeist „	1	3	5	6.7	8.5	11	13	15
Unterschiede	0	0	1	0.3	0.4	5	5	5.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Nachtrag.

Alkohol vom specifischem Gewicht: 0.793
99.2 prc, Tralles.

in Glasröhre von 3mm Durchmesser der Lichtung bei 0°C 115mm hoch stehend, wovon die unteren 104mm vom wärmenden Wasserbade umgeben.

Wärme nach C.	Längs-Ausdehnung in mm	Abs. Volum-Zunahme von 10 zu 10°C; daneben relativer Zuwuchs. cub. mm.	
0	0	812.82	= 1
1	0.058	—	
2	0.116	—	
3	0.174	—	
4	0.232	—	
5	0.290	—	
6	0.348	—	
7	0.406	—	
8	0.464	—	
9	0.522	—	
10	0.580	4.099	0.005044
11	0.638	—	
12	0.696	—	
13	0.804	—	
14	0.912	—	
15	1.020	—	
16	1.128	—	
17	1.236	—	
18	1.344	—	
19	1.452	—	
20	1.560	6.927	0.008522
21	1.668	—	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

22	1.776	—	
23	1.884	—	
24	1.992	—	
25	2.100	—	
26	2.217	—	
27	2.334	—	
28	2.451	—	
29	2.568	—	
30	2.685	7.95	0.009780
31	2.802	—	
32	2.919	—	
33	3.036	—	
34	3.153	—	
35	3.270	—	
36	3.387	—	
37	3.504	—	
38	3.635	—	
39	3.766	—	
40	3.897	8.566	0.010538
41	4.028	—	
42	4.159	—	
43	4.290	—	
44	4.421	—	
45	4.552	—	
46	4.683	—	
47	4.814	—	
48	4.945	—	
49	5.076	—	
50	5.207	9.259	0.011391
51	5.339	—	
52	5.471	—	
53	5.603	—	
54	5.735	—	
55	5.867	—	
56	5.999	—	
57	6.131	—	
58	6.263	—	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

59	6.395	—	
60	6.527	9.325	0.011473
61	6.660	—	
62	6.793	—	
63	6.926	—	
64	7.059	—	
65	7.192	—	
66	7.325	—	
67	7.458	—	
68	7.591	—	
69	7.724	—	
70	7.857	9.458	0.011636
71	7.991	—	
72	8.125	—	
73	8.259	—	
74	8.393	—	
75	8.527	—	
76	8.661	—	
77	8.795	—	
78	8.929	—	
79	9.063	—	
80	9.197	9.507	0.011696
81	9.334	—	
82	9.471	—	
83	9.608	—	
84	9.745	—	
85	9.882	—	
86	10.019	—	
87	10.156	—	
88	10.293	—	
89	10.430	—	
90	10.567	9.665	0.011891
91	10.721	—	
92	10.875	—	
93	11.029	—	
94	11.183	—	
95	11.337	—	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

96	11.491	—	
97	11.645	—	
98	11.799	—	
99	11.953	—	
100	12.107	10.885	0.013391

Mittel-Expansions-Coëfficient: 0.00105362 für 1°C.

Mischung von 9 volum Theilen Alkohol und 1 Theil Wasser. (Alkohol von obiger Beschaffenheit, Wasser destillirt.)

Wärmen. C.	Längs-Ausdehnung in mm.	Abs. Volumzuwuchs.	Coeffc.
		cub. mm.	
0	0	812.82	= 1
10	0.5	3.534 „	0.004347
20	1.46	6.785 „	0.008347
30	2.544	7.662 „	0.009426
40	3.69	8.1 „	0.009965
50	4.85	8.2 „	0.010091
60	6.017	8.26 „	0.010162
70	7.217	8.551 „	0.010520
80	8.432	8.592 „	0.010570
90	9.648	8.595 „	0.010573
100	11.188	10.885 „	0.013391

Mittel-Expansions-Coefficient für 1°C: 0.00097392

8 Theile Alkohol + 2 Theile Wasser.

10	0.334	2.361 „	0.002904
20	1.235	6.368 „	0.007834
30	2.305	7.563 „	0.009304
40	3.435	7.987 „	0.009826
50	4.599	8.234 „	0.010130
60	5.764	8.240 „	0.010137
70	6.969	8.523 „	0.010486
80	8.175	8.524 „	0.010487
90	9.404	8.687 „	0.010687
100	10.905	10.672 „	0.013130
			0.00094925.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

7 Alkohol + 3 Wasser.

10	0.334	2.361	0.002904
20	1.1	5.414	0.006660
30	2.0	6.361	0.007825
40	3.1	7.775	0.009565
50	4.3	8.482	0.010435
60	5.5	8.484	0.010437
70	6.7	8.488	0.010442
80	7.91	8.542	0.010509
90	9.13	8.663	0.010658
100	10.5	9.895	0.012173
			0.00091608

6 Alkohol + 4 Wasser.

10	0.25	1.767	0.002173
20	1.01	4.372	0.006607
30	1.87	6.078	0.007478
40	2.87	7.068	0.008695
50	3.97	7.775	0.009565
60	5.17	8.482	0.010434
70	6.37	8.483	0.010436
80	7.57	8.484	0.010437
90	8.79	8.623	0.010608
100	10.1	9.259	0.011391
			0.00087824.

5 Alkohol + 5 Wasser.

10	0.166	1.173	0.001443
20	0.906	5.230	0.006434
30	1.756	6.008	0.007391
40	2.656	6.361	0.007826
50	3.656	7.068	0.008695
60	4.756	7.775	0.009565
70	5.956	8.482	0.010434
80	7.156	8.483	0.010436
90	8.466	8.552	0.010521
100	9.766	9.188	0.011304
			0.00084049.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

4 Alkohol + 6 Wasser.

10	0.09	0.636	0.000782
20	0.79	4.948	0.006086
30	1.59	5.654	0.006956
40	2.44	6.008	0.007391
50	3.34	6.361	0.007826
60	4.34	7.068	0.008695
70	5.44	7.775	0.009565
80	6.59	8.128	0.010000
90	7.79	8.422	0.010361
100	9.09	9.188	0.011304
			0.00078966.

3 Alkohol + 7 Wasser.

10	0.05	0.353	0.000434
20	0.75	4.948	0.006086
30	1.55	5.654	0.006956
40	2.35	5.654	0.006956
50	3.15	5.654	0.006956
60	4.05	6.361	0.007826
70	5.05	7.068	0.008695
80	6.15	7.775	0.009565
90	7.25	8.128	0.010000
100	8.50	8.835	0.010869
			0.00074343

2 Alkohol + 8 Wasser.

10	0.04	0.283	0.000347
20	0.7	4.665	0.005739
30	1.4	4.948	0.006086
40	2.15	5.301	0.006523
50	2.95	5.654	0.006956
60	3.85	6.361	0.007826
70	4.8	6.715	0.008261
80	5.8	7.068	0.008695
90	6.8	7.068	0.008695
100	8.0	8.422	0.010361
			0.00069489

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

1 Alkohol + 9 Wasser.

10	0.03	0.212	0.000261
20	0.63	4.241	0.005217
30	1.28	4.594	0.005652
40	1.98	4.948	0.006086
50	2.68	4.948	0.006086
60	3.48	5.654	0.006956
70	4.3	5.796	0.007130
80	5.2	6.361	0.007826
90	6.2	7.068	0.008695
100	7.4	8.422	0.010361
			0.00064270

Destillirtes Wasser, in Glasröhre von 3mm Durchmesser der Lichtung bei 0°C 114mm hoch stehend, wovon die unteren 107mm vom wärmenden Wasserbade umgeben.

Wärme nach C.	Längs-Ausdehnung in mm.	Abs. Volum-Zunahme von 10 zu 10°C. daneben: rel. Zuwuchs.	
		cub mm.	
0	0	805.752	= 1.
1	— 0.02	—	
2	— 0.04	—	
3	— 0.06	—	
4	— 0.08	—	
5	— 0.05	—	
6	— 0.01	—	
7	+ 0.08	—	
8	+ 0.11	—	
9	+ 0.15	—	
10	+ 0.2	1.414	0.001754
11	0.2225	—	
12	0.245	—	
13	0.2675	—	
14	0.29	—	
15	0.3125	—	
16	0.335	—	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

17	0.3575	—	
18	0.38	—	
19	0.4025	—	
20	0.425	1.590	0.001986
21	0.4515	—	
22	0.478	—	
23	0.5045	—	
24	0.531	—	
25	0.5575	—	
26	0.584	—	
27	0.6105	—	
28	0.637	—	
29	0.6635	—	
30	0.69	1.873	0.002324
31	0.723	—	
32	0.756	—	
33	0.789	—	
34	0.822	—	
35	0.855	—	
36	0.888	—	
37	0.921	—	
38	0.954	—	
39	0.987	—	
40	1.02	2.332	0.002894
41	1.058	—	
42	1.096	—	
43	1.134	—	
44	1.172	—	
45	1.21	—	
46	1.248	—	
47	1.286	—	
48	1.324	—	
49	1.362	—	
50	1.4	2.686	0.003333
51	1.45	—	
52	1.5	—	
53	1.55	—	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

54	1.6	—	
55	1.65	—	
56	1.7	—	
57	1.75	—	
58	1.8	—	
59	1.85	—	
60	1.9	3.534	0.004361
61	1.96	—	
62	2.02	—	
63	2.08	—	
64	2.14	—	
65	2.2	—	
66	2.26	—	
67	2.32	—	
68	2.38	—	
69	2.44	—	
70	2.5	4.241	0.005276
71	2.578	—	
72	2.656	—	
73	2.734	—	
74	2.812	—	
75	2.89	—	
76	2.968	—	
77	3.046	—	
78	3.124	—	
79	3.202	—	
80	3.28	5.513	0.006842
81	3.362	—	
82	3.444	—	
83	3.526	—	
84	3.608	—	
85	3.69	—	
86	3.772	—	
87	3.854	—	
88	3.936	—	
89	4.018	—	
90	4.1	5.796	0.007193

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

91	4.184	—	
92	4.268	—	
93	4.352	—	
94	4.436	—	
95	4.52	—	
96	4.604	—	
97	4.688	—	
98	4.772	—	
99	4.856	—	
100	4.94	5.937	0.007368

Mittel-Expansions-Coëfficient: 0.00043331 für 1°C.

Unterschiede der ansteigenden Coëfficienten von 10 zu 10°

0— 10 : 0.001754			
10— 20 : 0.001986	232		
20— 30 : 0.002324	338	1579 : 4 = 394(a)	
30— 40 : 0.002894	570		
40— 50 : 0.003333	439		
50— 60 : 0.004361	1028		
60— 70 : 0.005276	915	3509 : 3 = 1169(b)	
70— 80 : 0.006842	1566		
80— 90 : 0.007193	351	526 : 2 = 263(c)	
90—100 : 0.007368	175		

a : b : c = 1.5 : 4 : 1

Queksilber, in Glasröhre von 3mm Durchmesser der Lichtung bei 0°C 104mm hoch stehend, wovon 102mm vom wärmenden Wasserbad umgeben.

Wärme in °C.	Längs-Ausdehnung in mm.	Abs. Volum-Zunahme von 10 zu 10°C daneben rel. Zuwuchs. cub.mm.	
0	0	735.1	= 1
1	0.012	—	
2	0.024	—	
3	0.036	—	
4	0.048	—	
5	0.060	—	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

6	0.072	—	
7	0.084	—	
8	0.096	—	
9	0.108	—	
10	0.12	0.848	0.001153
11	0.135	—	
12	0.15	—	
13	0.165	—	
14	0.18	—	
15	0.195	—	
16	0.21	—	
17	0.225	—	
18	0.24	—	
19	0.255	—	
20	0.27	1.060	0.001442
21	0.285	—	
22	0.30	—	
23	0.315	—	
24	0.33	—	
25	0.345	—	
26	0.36	—	
27	0.375	—	
28	0.39	—	
29	0.405	—	
30	0.42	1.060	0.001442
31	0.435	—	
32	0.45	—	
33	0.465	—	
34	0.48	—	
35	0.495	—	
36	0.51	—	
37	0.525	—	
38	0.54	—	
39	0.555	—	
40	0.57	1.060	0.001442
41	0.59	—	
42	0.61	—	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

43	0.63	—	
44	0.65	—	
45	0.67	—	
46	0.69	—	
47	0.71	—	
48	0.73	—	
49	0.75	—	
50	0.77	1.414	0.001923
51	0.79	—	
52	0.81	—	
53	0.83	—	
54	0.85	—	
55	0.87	—	
56	0.89	—	
57	0.91	—	
58	0.93	—	
59	0.95	—	
60	0.97	1.414	0.001923
61	0.99	—	
62	1.01	—	
63	1.03	—	
64	1.05	—	
65	1.07	—	
66	1.09	—	
67	1.11	—	
68	1.13	—	
69	1.15	—	
70	1.17	1.414	0.001923
71	1.19	—	
72	1.21	—	
73	1.23	—	
74	1.25	—	
75	1.27	—	
76	1.29	—	
77	1.31	—	
78	1.33	—	
79	1.35	—	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

80	1.37	1.414	0.001923
81	1.391	—	
82	1.412	—	
83	1.433	—	
84	1.454	—	
85	1.475	—	
86	1.496	—	
87	1.517	—	
88	1.538	—	
89	1.559	—	
90	1.58	1.484	0.002019
91	1.6101	—	
92	1.6402	—	
93	1.6703	—	
94	1.7004	—	
95	1.7305	—	
96	1.7606	—	
97	1.7907	—	
98	1.8208	—	
99	1.8509	—	
100	1.881	2.127	0.002894

RECEIVED JUL 5 1877 DEPT. OF AGRICULTURE.

Mittel-Expansions-Coëfficient: 0.00018084 für 1°C.

Unterschiede der ansteigenden Coëfficienten von 10 zu 10°C

0— 10 : 0.001153		
10— 20 : 0.001442	289	
20— 30 : 0.001442	0	
30— 40 : 0.001442	0	
40— 50 : 0.001923	481	1741 : 9 =
50— 60 : 0.001923	0	0.000193
60— 70 : 0.001923	0	
70— 80 : 0.001923	0	
80— 90 : 0.002019	96	
90—100 : 0.002894	875	

0.00018084 : 0.0000193 = 100 : x

x = 10.6 prc.

vom Ausdehnungs-Coëfficienten für 1°C. —

 © Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Wirklich beobachtet bei dieser Arbeit, welche, nachdem der vorausgeschickte Text schon zum Druck abgegeben worden war, beim Vorschreiten desselben während des Januar und Februar 1877 zur nachträglichen Ergänzung der betreffenden Untersuchungen noch rechtzeitig fertig gestellt werden konnte, wurden alle Längs-Ausdehnungen der gegebenen Flüssigkeiten von 10 zu 10°C; und zwar sowohl mittels directer Ablesung des Standes, welchen jeweilig der tiefste Punkt des Hohlmeniskus (beim Quecksilber der Scheitel der, in den höheren Wärmegraden verflachten, Convexkuppe) einnahm, an der genau geprüften Millimetertheilung der Glasröhrchen, als auch durch Uebertragung der Erstreckung zwischen denselben Punkten und dem, von einem horizontal gespannten Platindraht markirten, Null- oder Ausgangs-Stande auf einen messingenen Massstab. Ein Kathetometer stand mir nicht zu Gebot; da indess die Messungen mit der Lupe geschahen und sonst keine Sorgfalt versäumt wurde, glaube ich die wesentlichen experimentalen Anforderungen der Wissenschaft erfüllt zu haben; wie denn auch die Abweichungen correspondirender Werthe aus zwei, oft vier Beobachtungs-Reihen bei ansteigender und abfallender Temperatur nie über die zweite Decimale sich erhoben, und daher mit Vertrauen zur Gewinnung von Mittelgrössen benützt werden konnten. Für jede Decade der Temperaturgrade wurde die allerdings nur angenähert richtige Annahme gleichförmiger Ausdehnung gemacht und danach die jeder Stufe zukommende Zahl berechnet. Doch fehlt auch hier die experimentelle Erprobung nicht ganz, indem aus jeder Gruppe zwei, drei oder vier Glieder verschiedentlicher Lage der, keine erhebliche Ausstellung ergebenden, unmittelbaren Beobachtung unterstellt wurden. Die abgeleiteten Werthe der absoluten Volumen-Zuwüchse und der relativen Expansions-Coëfficienten sind berechnet, indem dort die Unterschiede je zweier benachbarter Längs-Ansteigungen mit dem Querschnitt der Flüssigkeits-Cylinder 7.068q.mm. multiplicirt, hier die letzteren Grössen durch das Flüssigkeits-Volum bei 0°C (bei Alkohol und den Gemischen 812.82, für Wasser 805.752, Quecksilber: 735.1 cub.mm.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Bericht der naturforschenden Gesellschaft Bamberg

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: 11_1

Autor(en)/Author(s): Hoh Theodor

Artikel/Article: Über die thermische Ausdehnung der Gemische von Alkohol und Wasser. 77-100