PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE. BAND XLIV.

I. Ueber die Compressibilität von Schwefelkohlenstoff, Benzol, Aethyläther und einigen Alkohole; von W. C. Röntgen.

(Hierzu Taf. 1 Fig. 1–2.)

Die folgende Abhandlung enthält die Resultate von Versuchen, welche ich in den Jahren 1888 und 1889 im hiesigen physikalischen Institut angestellt habe. Zwischen ihr und der gemeinschaftlich mit Hrn. Zehnder veröffentlichten Arbeit: „Ueber den Einfluss des Druckes auf die Brechungsexponenten von Schwefelkohlenstoff etc.“ (Vgl. p. 24) besteht ein leicht erkennbarer Zusammenhang; beide Untersuchungen wurden gleichzeitig und mit denselben Flüssigkeiten ausgeführt.

Die zur Bestimmung der Compressibilität angewandte Methode, sowie die benutzten Apparate sind ausführlich in früheren Abhandlungen beschrieben¹⁾; ich kann mich deshalb auf die Mittheilung der inzwischen vorgenommenen Aenderungen beschränken.

Wegen der bedeutend grösseren Compressibilität der jetzt untersuchten Flüssigkeiten musste die Calibrirung der Capillare des Piézometers I auf eine grössere Strecke ausgedehnt werden. Hr. Dr. Schneider hatte die Güte, in den Weihnachtsferien 1888 von Mainz hierher zu kommen und die Calibrirung auszuführen: für diese Förderung der Arbeit sage ich dem genannten Herrn meinen besten Dank.

1) Röntgen u. Schneider, Wied. Ann. 29. p. 165. 1886; 31. p. 1000. 1887; 33. p. 644. 1888; 34. p. 531. 1888.

H. v. Helmholtz

Druck v. F. A. Brockhaus, Leipzig.

Für die Capillare des Piëzometers I ergibt sich unter Annahme des Normalquerschnittes jener Capillare zu 0,003 555 qcm folgende

Correctionstabelle.

Theilstriche	Correction	Theilstriche	Correction
0	+0,279	15	+0,023
1	+0,258	16	+0,012
2	+0,227	17	+0,007
3	+0,207	18	±0,000
4	+0,188	19	−0,003
5	+0,169	20	−0,009
6	+0,150	21	−0,012
7	+0,136	22	−0,014
8	+0,118	23	−0,013
9	+0,103	24	−0,014
10	+0,090	25	−0,010
11	+0,074	26	−0,011
12	+0,063	27	−0,005
13	+0,048	28	±0,000
14	+0,035		

Die Correctionen für die zwischenliegenden Millimeterstriche wurden durch lineare Interpolation erhalten. Die Correctionstabelle für die Capillare von Piëzometer II findet man Wied. Ann. 29. p. 174. 1886.

Das Piëzometer II war bei den im Folgenden beschriebenen Versuchen stets mit Wasser gefüllt und Piëzometer I diente zur Aufnahme der anderen Flüssigkeiten.

Zum Dichten der Piëzometer wurde, wo es anging z. B. bei Wasser und Amylalkohol, wie früher, Hahnfett verwendet; bei den übrigen Flüssigkeiten eine sehr verdünnte Gummilösung. Da immer nur Spuren dieser Dichtungsmittel genommen wurden, ist eine merkliche Verunreinigung der betreffenden Flüssigkeiten nicht zu befürchten.

Durch Vorveruche belehrt habe ich als erreichbares Ziel für die Genauigkeit der Resultate der neuen Compressibilitätsversuche den Werth 0,5 Proc. des Endresultates festgesetzt. Dieses Ziel dürfte wohl immer erreicht sein, und es ist sogar sehr wahrscheinlich, dass die Fehler einzelner Resultate noch kleiner sind.

Dass ich mir dieses Ziel nicht weiter gesteckt habe, ist hauptsächlich einer Fehlerquelle zuzuschreiben, die bei den

früheren Versuchen mit verdünnten Lösungen keine so grosse Rolle spielte, wohl aber bei der Bestimmung der scheinbaren Compressibilität des Wassers und ebenso bei den folgenden Versuchen. Ich meine die Erscheinung, dass beim Comprimiren der Flüssigkeiten an der Wand der Capillare des Piézometers eine Schicht hängen bleibt, um deren Volumen die durch Compression erzeugte Volumenverminderung der Flüssigkeit zu gross erscheint. Der Betrag dieses Fehlers ist nicht leicht genau festzustellen, namentlich bei den Flüssigkeiten, die zu der vorliegenden Arbeit benutzt wurden.

Auf folgendem Wege habe ich die Grösse dieses Fehlers zu bestimmen versucht. Von einem der beiden Piézometer wurde die Capillare abgenommen und nach sorgfältiger Reinigung in umgekehrter Stellung vertical aufgestellt, sodass das umgebogene Ende sich unten befand. In den kürzeren der beiden Schenkel der Capillare brachte ich einen Tropfen der betreffenden Flüssigkeit; daraus bildete sich in dem gebogenen Theil ein zusammenhängender Faden. Nach Verlauf von einer Viertelstunde wurde die Länge dieses Fadens oder vielmehr die Lage der Enden des Fadens an einem hintergestellten Maassstab mit Hülfe eines Fernrohrs beobachtet, und nun der Flüssigkeitsfaden durch Saugen um eine bestimmte Anzahl Theilstriche des Maassstabes in dem längeren, trockenen Schenkel der Capillare verschoben. Darauf brachte ich den Faden sehr langsam wieder in die Anfangslage zurück und beobachtete nach einer Viertelstunde, um wie viel derselbe infolge der Benetzung der Röhrenwand kürzer geworden war. In dieser Weise erhielt ich für die Verkürzung des Fadens pro Centimeter Verschiebung folgende Werthe:

Tabelle I.

Wasser	0,006 cm	n. Propylalkohol . . .	0,014 cm
Schwefelkohlenstoff . .	0,005 "	Isopropylalkohol . . .	0,015 "
Benzol	0,006 "	n. Butylalkohol . . .	0,012 "
Aethyläther	0,009 "	Isobutylalkohol . . .	0,015 "
Methylalkohol	0,010 "	Amylalkohol	0,015 "
Aethylalkohol	0,010 "		

Die obigen Werthe sind Mittelwerthe aus verschiedenen Versuchen, deren Uebereinstimmung unter einander keines-

wegs sehr gut ist; die Zahlen dürfen daher bloß zu dem angegebenen Zweck verwendet werden.

Da alle anderen Werthe und Fehler, die bei der Bestimmung der Compressibilität vorkommen, sich genauer als die zuletzt besprochenen bestimmen lassen, so ist es für spätere Versuche angezeigt, weitere Capillaren zu nehmen; ist doch der Einfluss dieses Fehlers auf das Resultat der Weite der Capillare umgekehrt proportional.

Eine zweite Correction muss an den direct abgelesenen Werthen der durch die Compression erzeugten Volumenänderungen angebracht werden infolge der durch die Druckänderungen verursachten Temperaturänderungen. Zwar wurde wieder wie früher nach jeder Compression resp. Dilatation eine Viertelstunde gewartet, bevor die betreffende Ablesung gemacht wurde, sodass der grössere Theil der entstandenen Temperaturdifferenzen ausgeglichen werden konnte; allein dieses Verfahren, welches bei den früheren Versuchen zur Eliminirung des Fehlers genügte, reichte jetzt nicht mehr aus, da die untersuchten Flüssigkeiten einen viel grösseren thermischen Ausdehnungscoefficienten haben als Wasser und Salzlösungen. Ich suchte deshalb die eine Viertelstunde nach erfolgter Druckänderung noch nicht ausgeglichene Temperaturänderung mit Hülfe eines besonderen Schwefelkohlenstoffthermometers direct zu bestimmen.

Dieses Thermometer hat ungefähr dieselben Dimensionen wie die Piëzometer; durch Erwärmen desselben um $1,00^{\circ}$ C. steigt der Schwefelkohlenstoff in der Capillare um 270 Sca-lentheile. Dasselbe ist eingeschlossen in einen nur wenig weiteren, starken Eisencylinder mit aufgesetzter, eingekitteter Glasröhre, welche die Capillare umgibt, um den Stand des Thermometers ablesen zu können. Der zwischen dem Eisencylinder und der Thermometerbirne vorhandene Raum ist mit Quecksilber ausgefüllt. Das in dieser Weise gegen äusseren Druck geschützte Thermometer wurde an die Stelle der Piëzometer in das Compressionsgefäss gebracht, sodass der Eisencylinder ganz in dem Quecksilber des Compressionsgefässes untergetaucht war.

Bei allen Compressionsversuchen, aber namentlich bei diesen Versuchen über die Compressionswärme, war es durch-

aus nöthig, dass die Temperatur des Bades, in welchem der Compressionscylinder stand, sich während längerer Zeit nur wenig und ausserdem sehr gleichmässig änderte. Leicht war dies nicht zu erreichen trotz der grossen Menge Wasser, welche das Bad enthielt; viele Vorversuche mussten angestellt werden, bis ich die genügende Erfahrung gewonnen hatte, um durch Reguliren von Gasflammen, die in dem ziemlich grossen Beobachtungsraum brannten, sowie der Ventilationsklappen eine regelmässige, langsame Temperaturänderung des Bades herzustellen. Dass mir dies in genügender Weise gelungen ist, zeigen die unten mitgetheilten Beobachtungen.

Der Versuch wurde nun in folgender Weise ausgeführt. Hatte sich durch fortgesetzte Beobachtung des CS_2 -Thermometers ergeben, dass die Temperatur sich regelmässig änderte, so wurde auf ca. 8 Atmosphären comprimirt und der Stand des Thermometers fortwährend mit einem Fernrohr bestimmt; nach einiger Zeit, etwa 30 Minuten, wurde die Compression aufgehoben und von nun an während einer Stunde und länger wieder das Thermometer beobachtet. Stellte sich heraus, dass der Temperaturverlauf jetzt derselbe war, wie vor der Compression, so konnte ich annehmen, dass auch in der Zwischenzeit die Badtemperatur sich in derselben Weise geändert hatte, und der Versuch galt als brauchbar. Im anderen Fall musste er verworfen werden.

Von zwei Versuchen möchte ich die Resultate mittheilen, indem ich mich darauf beschränke, nur diejenigen Werthe anzugeben, welche für die vorliegende Frage von Interesse sind. In der ersten Columnne der Tabelle (p. 6) sind die Zeiten angegeben, zu welchen die in der zweiten Columnne verzeichneten Theilstriche von dem Schwefelkohlenstoff in der Capillare des Thermometers erreicht wurden.

In Fig. 1 und 2 Taf. I sind diese Beobachtungen graphisch dargestellt, indem die Zeiten als Abscissen und die Theilstriche der Thermometerscala als Ordinaten gewählt wurden. Aus diesen Zeichnungen erkennt man am besten, dass eine Viertelstunde nach der Compression die durch diese erzeugte Temperaturdifferenz noch nicht vollständig ausgeglichen war.

Tabelle II.

Erster Versuch bei steigender Temperatur.				Zweiter Versuch bei abnehmender Temperatur.			
4 ^h	53 ^m	30 ^s	26	5 ^h	26 ^m	0 ^s	18
	59	45	27		32	0	17
5	6	20	28	Auf ca. 8 Atm. comprimirt.			
	11	30	29	5	33	0	18
Comprimirt auf ca. 8 Atm.				Der CS ₂ stieg noch um 0,2 Th. um dann zu fallen.			
5	12	30	30	5	35	30	18
	13	30	31		39	30	17
	23	45	32		44	15	16
	30	30	33		49	30	15
	37	15	34		54	30	14
	43	10	35		59	0	13
Der Druck wurde aufgehoben; der CS ₂ ging um 0,9 Th. zurück und stieg dann wieder.				Der Druck wurde aufgehoben.			
5	49	30	35	5	59	50	12
	54	0	36	6	2	50	11
6	0	0	37		10	0	10
	6	15	38		16	0	9
	12	45	39		21	10	8
	19	30	40		27	10	7
					32	10	6
					37	35	5

Um die Versuche richtig interpretiren zu können, ist es nöthig, dass man sich von den sich abspielenden Vorgängen eine genaue Vorstellung verschafft. Nehmen wir dazu einmal an, dass die Temperatur des Bades während der ganzen Versuchsdauer absolut constant bleibt, und dass das Bad und der Compressionsapparat sammt Inhalt zu Anfang des Versuchs genau gleiche Temperatur haben. Eine Compression hat dann zur Folge, dass die Temperatur im Innern des Druckapparates steigt; die entstandene Temperaturdifferenz wird im ersten Augenblick nach der Compression verhältnissmässig rasch, dann aber immer langsamer und langsamer ausgeglichen werden. Wie die Versuche zeigen, ist eine Viertelstunde nach der Compression die mit dem CS₂-Thermometer gemessene Temperatur im Innern des Compressionscylinders noch merklich höher als die im Bad, und diese Temperaturdifferenz ändert sich in der folgenden Viertelstunde nur noch sehr wenig. Erfolgt nun eine Dilatation, so wird die Temperatur plötzlich unter die Temperatur des Bades sinken; sie steigt dann zuerst wieder rasch, hat aber eine halbe Stunde später den Anfangswerth noch nicht er-

reicht. Die Temperatur im Compressionscylinder ist jetzt um ebenso viel niedriger als die des Bades, als sie vor der Dilatation höher war.

Würde man folglich die Versuche zur Bestimmung der Compressibilität bei absolut constanter Badtemperatur anstellen, so müsste die in den Piëzometern beobachtete Volumenänderung um den doppelten Betrag der Volumenänderung vergrössert werden, welche die nach einer Viertelstunde seit stattgefundener Compression oder Dilatation zurückgebliebene Temperaturdifferenz erzeugt hat.

Die geschilderten Verhältnisse werden sich nun wohl etwas ändern, wenn die Temperatur des Bades nicht constant bleibt, sondern, wie es bei den Versuchen der Fall war, langsam steigt oder fällt; indessen wird man doch die unter diesen Umständen gemachten Beobachtungen in ähnlicher Weise verwerthen dürfen, wie es oben auseinander gesetzt wurde; namentlich da es sich um die Bestimmung eines kleinen Fehlers handelt.

Es ist vielleicht nicht überflüssig zu bemerken, dass der Verlauf der Temperatur im Innern des Compressionscylinders ein anderer wäre, wenn der Apparat undicht wäre, oder der Druck infolge von elastischer Nachwirkung noch längere Zeit nach der Compression sich beträchtlich ändern würde. Da ich mich bei den Compressionsversuchen stets davon überzeugte, dass der Apparat dicht war, und da die elastische Nachwirkung infolge der mit eingesperrten Luft den Druck nur sehr wenig beeinflusste, so ist von dieser Seite kein Fehler zu befürchten.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass jedesmal bevor eine Reihe von Versuchen zur Bestimmung der Compressibilität angefangen wurde, der Inhalt des Druckapparates einmal auf ca. 8 Atm. comprimirt wurde.

Aus den oben mitgetheilten und den übrigen Versuchen entnehme ich, dass die als Fehler in Rechnung zu bringende Compressionswärme, gemessen in Theilstrichen des CS_2 -Thermometers im Mittel 1,0 Theilstriche beträgt oder in Celsiusgraden $0,0037^\circ$. Daraus und aus der bei Gelegenheit der Compressionsversuche gefundenen scheinbaren Ausdehnung der verschiedenen Flüssigkeiten in den Piëzometern be-

rechnete ich die in der folgenden Tabelle enthaltenen Werthe, wobei vorausgesetzt wurde, dass die Druckänderungen bei allen Flüssigkeiten und bei allen vorkommenden Temperaturen dieselben Temperaturdifferenzen zurückgelassen haben; das ist erlaubt, weil die Piézometer stets in derselben Flüssigkeit, Quecksilber, untergetaucht waren.

Die in der Tab. III enthaltenen Zahlen geben an, um wie viel die durch einen Druck von circa 8 Atm. in den Piézometern erzeugten Niveausenkungen vergrössert werden müssen, um den Fehler der Compressionswärme zu eliminiren.

Tabelle III.

Wasser 18°	0,010 cm	Aethylalkohol	0,065 cm
„ circa 4°	0,000 „	n-Propylalkohol	0,060 „
Schwefelkohlenstoff	0,070 „	Isopropylalkohol	0,065 „
Benzol	0,075 „	n-Butylalkohol	0,060 „
Aethyläther	0,080 „	Isobutylalkohol	0,060 „
Methylalkohol	0,070 „	Amylalkohol	0,055 „

Zwei Umstände, welche zu grösseren Fehlern Veranlassung geben könnten, müssen noch besprochen werden. Ueber den Flüssigkeiten in den Piézometern befindet sich Luft, welche auch mit dem Wasser des Compressionscylinders in Berührung ist. Man könnte nun erstens vermuthen, dass das Volumen derjenigen Flüssigkeiten, welche begierig Wasser aufnehmen, durch Wasseraufnahme fortwährend wächst. Diese Frage ist schon früher bei Gelegenheit der Versuche mit concentrirter Schwefelsäure berührt worden. Die Erfahrung lehrt, dass die Diffusion von Wasserdampf durch die lange, enge Capillare des Piézometers so langsam vor sich geht, dass eine merkliche Absorption von Wasser selbst nach 36 Stunden nicht erfolgt ist.

Zweitens könnte man der Verwendung von Luft zum Abschliessen der betreffenden Flüssigkeit den Vorwurf machen, dass namentlich bei den sehr flüchtigen Substanzen wie Aethyläther und Schwefelkohlenstoff eine Menge Dampf aus dem abschliessenden Luftraum bei der Compression condensirt wird, welche das Volumen der Flüssigkeit vermehren und dadurch die Compressibilität zu klein erscheinen lassen würde. Die Rechnung ergibt in der That, dass wenigstens bei den beiden genannten Flüssigkeiten diese condensirte Dampfmenge einen Fehler von ziemlich beträchtlicher Grösse er-

zeugen könnte; freilich vorausgesetzt, dass der ganze Luftraum im Piëzometer und in der Gabel mit den betreffenden Dämpfen gesättigt ist, und dass aller in der Capillare condensirte Dampf sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit in der Capillare ansammelt. Ich habe deshalb Versuche mit einer Capillare, die in ihrem unten verschlossenen Theil ein wenig von der genannten Flüssigkeit enthielt, und welche an die Stelle des einen Piëzometers in den Compressionscylinder eingesetzt wurde, angestellt; fand aber, dass die durch Compression condensirte Dampfmenge keinen merklichen Einfluss auf den Stand der Flüssigkeit in der Capillare ausübte. Dieses Resultat findet seine Erklärung darin, dass erstens der Luftraum infolge der durch die lange Capillare sehr gehinderten Diffusion gar nicht vollständig mit dem betreffenden Dampf gesättigt ist und dass zweitens der condensirte Dampf zum grössten Theil an der Capillarwand hängen bleibt.

Eine kurze Rechnung zeigt, dass die übrigen Fehlerquellen¹⁾ in Anbetracht der jetzt angestrebten Genauigkeitsgrenze unberücksichtigt bleiben können.

Zur Messung und Controlirung der Badtemperatur dienten vier Thermometer; zwei in ganze Grade getheilte waren in verschiedener Höhe in der Luft dicht neben dem Wasserbad aufgehängt; zwei andere in $\frac{1}{10}^{\circ}$ getheilte ebenfalls in verschiedener Höhe dicht neben dem Compressionsapparat. In den folgenden Tabellen ist das Mittel aus den Ständen der beiden zuletzt genannten Thermometer angegeben; selbstverständlich waren dieselben vorher mit einem Normalquecksilberthermometer verglichen.

Die Compressibilität aller Flüssigkeiten, mit Ausnahme des Aethyläthers, wurde bei zwei verschiedenen Temperaturen bestimmt; die eine lag in der Nähe von 18° C. die andere schwankte zwischen 2° und 6° . Da es immer nothwendig war, dass die Luft im ganzen Beobachtungsraum ziemlich dieselbe Temperatur hatte, wie das Bad, und diese Temperatur sich auch während längerer Zeit nicht viel mehr als um ein bis zwei Zehntel ändern durfte, so mussten die Versuche im Winter gemacht werden, und nahmen dieselben viel Zeit in Anspruch.

1) Siehe Wied. Ann. 29. p. 177. 1886.

Dass der Aethyläther nicht bei 18° untersucht wurde, kommt daher, dass ich trotz wiederholter Versuche die Bildung von kleinen Dampfbläschen im Piëzometer an der Stelle, wo der Stöpsel eingesetzt ist, nicht vermeiden konnte. Obwohl die zum Dichten benutzte Gummilösung, wie schon erwähnt, nur in minimalster Quantität verwendet wurde, genügte dieselbe doch, um bei dieser Temperatur eine Tage lang fortgesetzte Bläschenbildung zu erzeugen, welche eine Bestimmung der Compressibilität mit der gewünschten Genauigkeit unmöglich machte.

Der Druck im Compressionsapparat wurde bei fast allen Versuchen von einer auf circa acht Atmosphären erhöht; folglich gelten die gefundenen Werthe der Compressibilität auch nur für diese Druckvermehrung.

Die untersuchten Flüssigkeiten sind zum grössten Theil von C. A. Kahlbaum in Berlin bezogen. Der Bestellung wurde die Bitte hinzugefügt, die betreffenden Substanzen möglichst rein zu liefern. Die Kahlbaum'schen Flüssigkeiten sind: thiophenfreies Benzol, Aethyläther über Natrium destillirt, und die verschiedenen Alkohole; der Aethylalkohol war angeblich 99,8 procentig. Von Schwefelkohlenstoff wurden zwei Sorten untersucht: die eine (Nr. I) war bei einem hiesigen Drogisten gekauft; die zweite (Nr. II) verdanke ich der Freundlichkeit des Hrn. Collegen E. Fischer, welcher denselben besonders zu meinen Versuchen reinigen liess. Eine chemische Prüfung der Reinheit der genannten Substanzen hat von meiner Seite nicht stattgefunden, dagegen bestimmte ich ihre Dichte und ihren Brechungsexponenten für Na-Licht möglichst genau. — Alle Bestimmungen, deren Resultate in dieser und in der folgenden mit L. Zehnder veröffentlichten Abhandlung enthalten sind, wurden mit Flüssigkeiten derselben Sendung ausgeführt, sodass die zusammengehörigen Werthe stets Constanten einer und derselben Flüssigkeit darstellen.

Ich theile zuerst die Dichtebestimmungen mit; dieselben wurden mit einem Sprengel'schen Pyknometer ausgeführt. Der Gewichtssatz war mit einem Normalgewichtsstück ver-

glichen. Die Wägungen ergaben vor der Reduction auf den luftleeren Raum:

Pyknometer leer	18,0639 g
„ mit Wasser von 18,30°	29,1526 g.

Barometerstand 74,5 cm; Lufttemperatur 18,0°. Daraus ergibt sich der Inhalt des Pyknometers bei 18,30° = 11,1161 ccm.¹⁾

Die übrigen Wägungen ergaben:

Pyknometer mit Schwefelkohlenstoff Nr. II	bei 18,35°	32,1242 g
„ „ thiophenfreiem Benzol	„ 18,35°	27,8429 „
„ „ Benzol aus Benzoëssäure	„ 18,20°	27,8452 „
„ „ Aethyläther (erste Füllung)	„ 18,10°	26,0189 „
„ „ „ (zweite Füllung)	„ 18,05°	26,0177 „
„ „ Methylalkohol	„ 18,20°	26,8715 „
„ „ Aethylalkohol	„ 18,40°	26,8499 „
„ „ n-Propylalkohol	„ 18,35°	27,0123 „
„ „ Isopropylalkohol	„ 18,45°	26,9398 „
„ „ n-Butylalkohol	„ 18,20°	27,0915 „
„ „ Isobutylalkohol	„ 18,10°	26,9959 „
„ „ Amylalkohol	„ 18,35°	27,0830 „

Der Barometerstand schwankte an den Tagen der Wägungen wenig um 74,5 cm herum, die Lufttemperatur zwischen 17° und 19°.

Aus diesen Wägungen berechnen sich folgende Werthe für die Dichte.

Tabelle IV.

Schwefelkohlenstoff Nr. II	bei 18,35°	1,2660
Thiophenfreies Benzol	„ 18,35°	0,8808
Benzol aus Benzoëssäure	„ 18,20°	0,8809
Aethyläther über Na destillirt	„ 18,10°	0,7167
„ „ „	„ 18,05°	0,7166
Methylalkohol	„ 18,20°	0,7934
Aethylalkohol 99,8 Proc.	„ 18,40°	0,7914
n-Propylalkohol	„ 18,35°	0,8061
Isopropylalkohol	„ 18,45°	0,7995
n-Butylalkohol	„ 18,20°	0,8132
Isobutylalkohol	„ 18,10°	0,8046
Amylalkohol	„ 18,35°	0,8124

Die Versuche zur Bestimmung der Compressibilität lieferten folgende Resultate. In der Tabelle V sind die an den Piëzometern gemachten Ablesungen ohne Correction enthalten. Die Thermometerablesungen dagegen sind bereits mit den nöthigen Correctionen versehen.

1) Früher war der Inhalt des Pyknometers gefunden worden:

1886: 11,1167 ccm bei 18,0°. Wied. Ann. 29. p. 165. 1886.

1887: 11,1164 „ „ 17,1°. „ „ 34. „ 532. 1888.

1887: 11,1164 „ „ 18,05°. „ „ „ 542. „

Tabelle V.

1. Gewöhnlicher Schwefelkohlenstoff (Nr. I) Vorversuche.¹⁾

Reihenfolge d. Ablesung.	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	18,10°	18,320 cm	4,225 cm	4 ^b 52 ^m
2	18,13	29,215 "	10,120 "	5 22
3	18,14	17,600 "	4,125 "	5 42
4	18,14	17,510 "	4,115 "	5 50
5	18,14	17,820 "	4,180 "	8 36
6	18,13	29,720 "	10,420 "	8 58
7	18,12	17,955 "	4,200 "	9 25
8	18,74	6,460 "	2,475 "	6 57
9	18,74	17,525 "	8,190 "	7 22
10	18,74	6,650 "	2,500 "	7 42
11	18,705	17,400 "	7,940 "	8 20
12	18,67	7,400 "	2,600 "	8 57

2. Gewöhnlicher Schwefelkohlenstoff (Nr. I.)

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	4,28°	6,595 cm	1,855 cm	12 ^b 20 ^m
2	4,29	7,010 "	1,830 "	1 25
3	4,29	17,080 "	8,160 "	1 40
4	4,29	6,940 "	1,830 "	1 55
5	4,29	18,890 "	9,400 "	2 10
6	4,29	6,750 "	1,830 "	2 25
7	4,29	18,480 "	9,250 "	2 40
8	4,29	6,550 "	1,830 "	2 55

3. Sorgfältig gereinigter Schwefelkohlenstoff. (Nr. II.)

Reihenfolge d. Ablesung.	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	17,29°	26,750 cm	2,810 cm	9 ^b 15 ^m Morg.
2	18,09	11,870 "	0,690 "	8 15 Ab.
3	18,06	23,040 "	6,430 "	8 30
4	18,05	12,860 "	0,835 "	8 45
5	18,05	24,650 "	7,050 "	9 —
6	18,05	13,025 "	0,855 "	9 15
7	18,05	24,560 "	7,020 "	9 30
8	18,05	12,985 "	0,845 "	9 45
9	18,05	25,280 "	7,405 "	10 —
10	18,05	12,920 "	0,835 "	10 15
11	18,05	12,880 "	0,830 "	10 25
12	18,05	26,225 "	7,925 "	10 40
13	18,05	12,960 "	0,840 "	10 55

1) Bei diesen Vorversuchen wurde das bei den definitiven Versuchen eingeführte Zeitintervall zwischen zwei aufeinander folgenden Ablesungen eines Versuches von einer Viertelstunde noch nicht inne gehalten.

4. Sorgfältig gereinigter Schwefelkohlenstoff. (Nr. II).

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	3,12°	9,130 cm	3,155 cm	8 ^a 15 ^m Abd.
2	3,15	19,800 "	10,160 "	8 30
3	3,19	8,310 "	3,190 "	8 45
4	3,22	7,640 "	3,225 "	9 0
5	3,24	17,460 "	9,790 "	9 15
6	3,26	6,625 "	3,240 "	9 30
7	3,285	17,680 "	10,500 "	9 45
8	3,30	5,910 "	3,270 "	10 0
9	3,32	17,520 "	10,800 "	10 15
10	3,33	5,400 "	3,290 "	10 30
11	3,355	5,140 "	3,295 "	8 45 } am
12	3,355	17,925 "	11,550 "	9 0 } folg.
13	3,365	4,500 "	3,320 "	9 15 } Tag

5. Thiophenfreies Benzol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	17,88°	8,740 cm	4,890 cm	10 ^b 20 ^m
2	17,88	8,750 "	4,890 "	10 37
3	17,88	19,620 "	10,420 "	10 52
4	17,88	8,730 "	4,890 "	11 7
5	17,88	20,590 "	10,985 "	11 22
6	17,88	8,500 "	4,850 "	11 37
7	17,89	21,100 "	11,345 "	11 52
8	17,905	8,070 "	4,800 "	12 7

6. Thiophenfreies Benzol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	6,12°	5,780 cm	2,105 cm	11 ^b 43 ^m
2	6,08	16,350 "	8,200 "	11 58
3	6,07	6,740 "	2,100 "	12 13
4	6,04	18,010 "	8,650 "	12 28
5	6,01	7,720 "	2,100 "	12 43
6	5,82	10,545 "	2,110 "	3 0
7	5,85	20,600 "	8,060 "	3 15
8	5,84	10,930 "	2,110 "	3 30
9	5,83	21,820 "	8,635 "	3 45
10	5,82	11,140 "	2,110 "	4 0

ten. Ich führe diese Versuche auch nur an, um zu zeigen, dass in dem Verhalten von gewöhnlichem und sorgfältig gereinigtem Schwefelkohlenstoff kein nennenswerther Unterschied besteht.

7. Aethyläther (über Na destillirt).

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	8,00°	7,300 cm	6,020 cm	11 ^h 49 ^m
2	8,00	27,800 "	12,010 "	12 5
3	8,00	7,700 "	6,020 "	12 20
4	8,11	5,310 "	5,945 "	4 30
5	8,13	24,030 "	11,580 "	4 45
6	8,15	4,180 "	5,925 "	5 0
7	8,18	23,430 "	11,680 "	5 20
8	8,19	3,540 "	5,900 "	5 35
9	8,10	4,180 "	5,920 "	6 20
10	8,10	24,500 "	11,780 "	6 35
11	8,10	4,950 "	5,925 "	6 50
12	8,15	4,350 "	5,900 "	10 57
13	8,14	23,480 "	11,435 "	11 12
14	8,13	5,025 "	5,910 "	11 27

am
folg.
Tag

8. Methylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	18,09°	7,300 cm	1,900 cm	4 ^h 30 ^m
2	18,09	23,580 "	8,230 "	4 45
3	18,09	7,270 "	1,900 "	5 0
4	18,09	24,060 "	8,410 "	5 15
5	18,09	7,410 "	1,920 "	5 30
6	18,085	23,840 "	8,275 "	5 45
7	18,08	7,710 "	1,965 "	6 0
8	17,39	20,610 "	8,770 "	am folg. Tag

9. Methylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung.	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	2,65°	5,750 cm	1,990 cm	3 ^h 0 ^m
2	2,70	5,600 "	1,990 "	5 0
3	2,71	20,325 "	8,915 "	5 15
4	2,73	5,625 "	1,990 "	5 30
5	2,73	20,540 "	9,035 "	5 45
6	2,73	5,650 "	1,990 "	6 0
7	2,73	20,540 "	9,070 "	6 15
8	2,74	5,480 "	1,990 "	6 30
9	2,745	20,700 "	9,190 "	6 45
10	2,745	5,335 "	1,995 "	7 0

10. Aethylalkohol 99,8 Proc.

Reihenfolge d. Ablesung.	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	17,555°	9,940 cm	4 250 cm	5 ^h 3 ^m
2	17,56	20,220 "	8,620 "	5 18
3	17,57	9,450 "	4,200 "	5 33
4	17,58	20,850 "	8,990 "	5 48
5	17,585	9,280 "	4,140 "	6 3
6	17,59	22,500 "	9,750 "	6 19
7	17,595	9,060 "	4,115 "	6 33
8	17,74	6,980 "	3,810 "	8 38
9	17,75	19,62 "	9,210 "	8 53
10	17,765	6,41 "	3,720 "	9 8
11	17,92	13,540 "	4,790 "	4 43
12	17,905	25,255 "	9,655 "	5 3
13	17,29	14,250 "	4,895 "	5 17
14	17,27	14,485 "	4,930 "	5 30
15	17,255	27,650 "	10,435 "	5 45
16	17,240	15,150 "	5,025 "	6 0

am
folg.
Tag

11. Aethylalkohol 99,8 Proc.

Reihenfolge d. Ablesung.	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	2,07°	8,030 cm	4,880 cm	10 ^h 40 ^m
2	2,07	19,510 "	10,630 "	10 55
3	2,07	8,240 "	4,865 "	11 10
4	2,065	8,280 "	4,860 "	11 20
5	2,065	22,810 "	12,185 "	11 35
6	2,065	8,480 "	4,850 "	11 50
7	2,065	8,475 "	4,850 "	11 55
8	2,065	20,760 "	11,050 "	12 10
9	2,065	8,500 "	4,840 "	12 25
10	2,07	3,750 "	4,830 "	2 45
11	2,085	4,000 "	4,820 "	4 47
12	2,080	14,050 "	9,800 "	5 2
13	2,065	4,390 "	4,800 "	5 17
14	2,05	17,820 "	11,480 "	5 32
15	2,035	4,840 "	4,770 "	5 47
16	2,035	17,400 "	11,015 "	6 2
17	2,015	5,300 "	4,740 "	6 17
18	1,55	12,690 "	4,280 "	7 45
19	1,54	24,890 "	10,155 "	8 0
20	1,58	14,10 "	4,185 "	8 15
21	1,34	16,200 "	4,030 "	9 15
22	1,33	27,960 "	9,890 "	9 30
23	1,31	17,080 "	3,970 "	9 45
24	1,295	28,220 "	9,580 "	10 0
25	1,285	17,790 "	3,915 "	10 15

frische Füllung
2 Tage später

Reihenfolge d. Ablesung.	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
26	1,77°	9,700 cm	4,465 cm	10 ^h 30 ^m am
27	1,77	20,920 "	10,285 "	10 45 folg.
28	1,77	9,420 "	4,480 "	11 0 Tag
29	1,77	9,315 "	4,490 "	11 10
30	1,77	23,070 "	11,610 "	11 25
31	1,78	9,020 "	4,510 "	11 40
32	1,785	8,890 "	4,520 "	11 50
33	1,795	20,535 "	10,590 "	12 5
34	1,805	8,515 "	4,540 "	12 20
35	1,885	7,230 "	4,620 "	5 15
36	1,89	20,900 "	11,610 "	5 30
37	1,895	7,140 "	4,625 "	5 45

12. Normaler Propylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand in Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	17,935°	4,370 cm	2,200 cm	6 ^h 30 ^m
2	17,935	17,370 "	8,330 "	6 45
3	17,935	4,720 "	2,250 "	7 0
4	17,86	6,090 "	2,490 "	9 30
5	17,85	18,535 "	8,375 "	9 45
6	17,85	6,530 "	2,565 "	10 0
7	17,85	19,400 "	8,700 "	10 15
8	17,85	6,680 "	2,590 "	10 30
9	17,39	13,720 "	3,760 "	11 0
10	17,40	23,830 "	8,680 "	11 15
11	17,41	13,440 "	3,720 "	11 30 am
12	17,44	13,140 "	3,670 "	11 48 folg.
13	17,45	27,020 "	10,435 "	12 3 Tag
14	17,455	12,800 "	3,615 "	12 18
15	17,825	6,700 "	2,630 "	6 32
16	17,825	21,890 "	9,930 "	6 47
17	17,835	6,530 "	2,600 "	7 2

13. Normaler Propylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	5,27°	11,360 cm	2,410 cm	3 ^h 15 ^m
2	5,57	6,980 "	2,435 "	6 0
3	5,58	18,600 "	9,000 "	6 15
4	5,60	6,550 "	2,430 "	6 30
5	5,62	18,650 "	9,240 "	6 45
6	5,64	6,180 "	2,435 "	7 0
7	5,65	19,050 "	9,675 "	7 15
8	5,66	5,830 "	2,435 "	7 30
9	5,63	6,130 "	2,430 "	9 3
10	5,615	19,030 "	9,370 "	9 18
11	5,60	6,890 "	2,430 "	9 33
12	5,585	20,750 "	9,935 "	9 48
13	5,575	7,545 "	2,425 "	10 3

14. Isopropylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	17,85°	5,310 cm	1,640 cm	7 ^h 5 ^m
2	17,83	21,500 "	8,890 "	7 20
3	17,83	5,390 "	1,650 "	7 35
4	17,83	5,280 "	1,635 "	8 15
5	17,83	19,800 "	8,150 "	8 30
6	17,83	5,280 "	1,640 "	8 45
7	17,83	19,930 "	8,250 "	9 0
8	17,835	5,050 "	1,610 "	9 15
9	17,84	19,035 "	7,935 "	9 30
10	17,845	4,780 "	1,560 "	9 45
11	17,70	6,770 "	1,905 "	9 55 { am
12	16,59	26,480 "	4,810 "	12 10 { folg. Tag

15. Isopropylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	5,53°	11,200 cm	2,420 cm	5 ^h 25 ^m
2	5,545	23,700 "	9,150 "	5 40
3	5,575	10,470 "	2,420 "	5 55
4	5,60	22,430 "	8,925 "	6 10
5	5,62	9,670 "	2,420 "	6 25
6	5,635	22,380 "	9,285 "	6 40
7	5,66	8,910 "	2,420 "	6 55
8	5,805	6,210 "	2,420 "	9 0
9	5,82	18,980 "	9,150 "	9 15
10	5,84	5,760 "	2,420 "	9 30
11	5,86	19,030 "	9,480 "	9 45
12	5,89	5,075 "	2,420 "	10 0
13	5,50	11,820 "	2,405 "	8 45 { am
14	5,50	23,785 "	8,690 "	9 0 { folg.
15	5,50	11,745 "	2,405 "	9 15 { Tag

16. Normaler Butylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	17,25°	16,800 cm	2,900 cm	7 ^h 0 ^m
2	17,26	27,280 "	8,500 "	7 15
3	17,28	15,925 "	2,745 "	7 30
4	17,37	14,440 "	2,500 "	8 15
5	17,375	26,240 "	8,675 "	8 30
6	17,38	14,230 "	2,460 "	8 45
7	17,39	26,035 "	8,650 "	9 0
8	17,40	13,980 "	2,420 "	9 15
9	17,415	26,950 "	9,210 "	9 30
10	17,42	13,690 "	2,380 "	9 45
11	16,59	26,960 "	4,630 "	9 5 { am
12	17,885	6,620 "	1,160 "	12 35 { folg. Tag

17. Normaler Butylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	3,05°	9,160 cm	3,180 cm	7 ^h 39 ^m
2	3,06	9,050 "	3,190 "	8 30
3	3,06	19,650 "	9,580 "	8 45
4	3,06	9,230 "	3,180 "	9 0
5	3,06	21,640 "	10,710 "	9 15
6	3,06	9,330 "	3,170 "	9 30
7	3,06	22,250 "	11,050 "	9 45
8	3,06	9,430 "	3,160 "	10 0
9	3,06	20,390 "	9,800 "	10 20
10	3,06	9,580 "	3,150 "	11 40

18. Isobutylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	17,00°	18,340 cm	3,720 cm	8 ^h 40 ^m
2	17,945	3,780 "	1,260 "	5 0
3	17,945	17,350 "	7,650 "	5 15
4	17,945	3,910 "	1,270 "	5 30
5	17,945	16,520 "	7,230 "	5 45
6	17,93	4,040 "	1,300 "	6 0
7	17,89	4,500 "	1,380 "	6 30
8	17,88	18,215 "	7,820 "	6 45
9	17,88	4,840 "	1,440 "	7 0
10	17,88	18,490 "	7,890 "	7 15
11	17,88	4,880 "	1,445 "	7 30

19. Isobutylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	4,10°	10,550 cm	3,780 cm	4 ^h 55 ^m
2	4,11	21,750 "	10,030 "	5 10
3	4,12	10,350 "	3,770 "	5 25
4	4,125	23,030 "	10,335 "	5 40
5	4,13	10,135 "	3,775 "	5 55
6	4,14	22,820 "	10,850 "	6 10
7	4,15	9,890 "	3,780 "	6 25
8	2,77	28,610 "	2,975 "	1 0 { am folg. Tag

20. Gährungs-Amylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	18,025°	3,250 cm	2,905 cm	4 ^h 35 ^m
2	18,02	3,325 "	2,920 "	4 50
3	18,02	15,910 "	9,290 "	5 5
4	18,02	3,465 "	2,935 "	5 20
5	18,015	16,220 "	9,420 "	5 35
6	18,01	3,580 "	2,960 "	5 50
7	18,00	14,920 "	8,720 "	6 5
8	17,995	3,745 "	2,995 "	6 20
9	18,035	3,075 "	2,885 "	9 10 { am folg. Tag
10	17,88	4,940 "	3,220 "	10 40
11	17,87	17,100 "	9,290 "	10 55
12	17,86	5,650 "	3,340 "	11 10
13	17,855	18,030 "	9,630 "	11 25
14	17,84	6,035 "	3,425 "	11 40
15	17,42	11,900 "	4,470 "	4 34
16	17,285	13,900 "	4,815 "	5 45
17	17,26	25,790 "	10,810 "	6 0
18	17,25	14,760 "	4,960 "	6 15
19	17,23	14,990 "	5,005 "	6 30
20	17,225	15,125 "	5,030 "	6 40
21	17,21	25,680 "	10,430 "	6 55
22	17,20	15,515 "	5,090 "	7 10

21. Gährungs-Amylalkohol.

Reihenfolge d. Ablesung	Temp. des Bades	Stand im Piëzom. I	Stand im Piëzom. II	Beobach- tungszeit
1	3,62°	9,430 cm	2,700 cm	6 ^h 53 ^m
2	3,62	18,730 "	8,395 "	7 8
3	3,63	9,240 "	2,710 "	7 23
4	3,645	9,050 "	2,720 "	9 5
5	3,65	18,715 "	8,535 "	9 20
6	3,65	9,100 "	2,715 "	9 35
7	3,67	20,420 "	9,265 "	9 50
8	3,68	9,050 "	2,710 "	10 5

Anmerkung. Die sehr verschiedene Anzahl von Beobachtungen bei den einzelnen Flüssigkeiten darf nicht befremden: eine grössere Anzahl wurde meistens im Anfang der Untersuchung, als ich noch weniger geübt war, gemacht, und auch dann, wenn die Temperatur nicht genügend regelmässig und langsam sich änderte. Ausserdem musste einige Male eine Versuchsreihe infolge von eingetretenen Störungen unterbrochen werden.

In welcher Weise diese Beobachtungen zur Berechnung der folgenden Tabelle benutzt wurden, soll an einem Beispiel auseinandergesetzt werden. Wählen wir dazu den zweiten Versuch mit „sorgfältig gereinigtem Schwefelkohlenstoff.“ Tabelle V, 3. Das Mittel aus den Ablesungen 4 und 6 vor resp. nach der Compression beträgt bei Piëzometer I 12,943 cm, bei Piëzometer II 0,845 cm; die Ablesung 5 während der Compression ist 24,650 cm resp. 7,050 cm. Bringt man die Calibercorrectionen (vgl. p. 2) an, so erhält man die Werthe 12,992 cm resp. 0,829 cm und 24,639 cm resp. 6,968 cm. Die durch denselben Druck in den Piëzometern erzeugten, auf Normalcalibermaass reducirten Senkungen betragen somit 11,647 cm resp. 6,139 cm. Diese Werthe sind wegen der Compressionswärme (vgl. p. 8) um 0,070 cm resp. 0,010 cm zu vergrössern, und andererseits wegen der hängenbleibenden Flüssigkeitsschicht (vgl. p. 3) um 0,059 cm resp. 0,037 cm zu verkleinern, sodass man schliesslich die Werthe 11,658 cm resp. 6,112 cm erhält. Das Verhältniss beider, 1,907, gibt das Verhältniss der durch denselben Druck erzeugten scheinbaren Volumenverminderungen der in den Piëzometern I und II enthaltenen Flüssigkeiten, Schwefelkohlenstoff und Wasser, an.

Diese Verhältnisszahlen φ sind mit den zugehörigen Temperaturen in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Bezüglich der Temperaturen ist zu bemerken, dass für dieselben die auf halbe Zehntel Grade abgerundeten Badtemperaturen gesetzt wurden.

Tabelle VI.

1. Gewöhnlicher Schwefelkohlenstoff. (Nr. I.)

t	φ	t	φ
18,15°	1,909	4,30	1,599
18,15	1,908	4,30	1,591
18,75	1,921	4,30	1,594
18,70	1,922		
Mittel 18,45	1,915	4,30	1,595

2. Sorgfältig gereinigter Schwefelkohlenstoff. (Nr. II.)

t	φ	t	φ
18,05	1,903	3,15	1,582
18,05	1,907	3,25	1,569
18,05	1,892	3,30	1,568
18,05	1,898	3,30	1,569
18,05	1,906	3,35	1,579
Mittel 18,05	1,901	3,30	1,573

3. Thiophenfreies Benzol.

t	φ	t	φ
17,90	1,953	6,10	1,654
17,90	1,943	6,05	1,646
17,90	1,951	5,85	1,665
		5,85	1,660
Mittel 17,90	1,949	5,95	1,656

4. Aethyläther (über Na destillirt).

t	φ
8,00	3,354
8,15	3,369
8,20	3,347
8,10	3,359
8,15	3,352
Mittel 8,10	3,356

5. Methylalkohol.

t	φ	t	φ
18,10	2,565	2,70	2,113
18,10	2,563	2,75	2,103
18,10	2,563	2,75	2,104
		2,75	2,112
Mittel 18,10	2,564	2,75	2,108

6. Aethylalkohol. 99,8 Proc.

t	φ	t	φ
17,55	2,354	2,05	1,956
17,60	2,342	2,05	1,948
17,60	2,349	2,05	1,958
17,75	2,349	2,10	1,949
17,30	2,352	2,05	1,944
17,25	2,341	2,05	1,943
		1,55	1,935
		1,35	1,924
		1,30	1,918
		1,75	1,935
		1,75	1,938
		1,80	1,935
		1,90	1,940
Mittel 17,50	2,348	1,85	1,940

7. Normaler Propylalkohol.

t	φ	t	φ
17,95	2,078	5,60	1,782
17,85	2,065	5,60	1,783
17,85	2,064	5,60	1,780
17,40	2,059	5,60	1,783
17,45	2,050	5,60	1,782
17,85	2,060		
Mittel 17,70	2,062	5,60	1,782

8. Isopropylalkohol.

t	φ	t	φ
17,85	2,203	5,55	1,897
17,85	2,206	5,60	1,885
17,85	2,204	5,65	1,890
17,85	2,199	5,80	1,908
		5,85	1,903
		5,50	1,898
Mittel 17,85	2,203	5,65	1,897

9. Normaler Butylalkohol.

t	φ	t	φ
17,25	1,924	3,05	1,629
17,40	1,918	3,05	1,625
17,40	1,916	3,05	1,626
17,40	1,921	3,05	1,624
Mittel 17,40	1,920	3,05	1,626

10. Isobutylalkohol.

t	φ	t	φ
17,95	2,091	4,10	1,785
17,95	2,089	4,15	1,788
17,90	2,091	4,15	1,787
17,90	2,092		
Mittel 17,95	2,091	4,15	1,787

11. Gährungs-Amylalkohol.

t	φ	t	φ
18,00	1,930	3,60	1,635
18,00	1,924	3,65	1,640
18,00	1,925	3,65	1,636
17,85	1,930		
17,85	1,917		
17,25	1,913		
17,20	1,909		
Mittel 17,75	1,921	3,65	1,637

Um aus den unter „ φ “ stehenden Zahlen der obigen Tabelle VI die relativen scheinbaren Compressibilitäten zu erhalten, werden dieselben mit 1,042 multiplicirt; in diesem Verhältniss nämlich ist die durch gleichen Druck in Piézometer II erzeugte auf Normalcalibermaass reducirte Niveau-senkung grösser als in Piézometer I, wenn beide mit Wasser gefüllt sind.¹⁾ Eine weitere Multiplication mit der scheinbaren Compressibilität des Wassers, die mit Berücksichtigung der Arbeit von L. Zehnder²⁾ einer früheren Untersuchung³⁾ zu entnehmen ist, ergibt dann die scheinbare Compressibilität der betreffenden Flüssigkeit; und schliesslich entstehen durch Addition der Deformationsconstanten des Piézometers, 0,021⁴⁾ die in der folgenden Tabelle VII enthaltenen wirklichen Compressibilitäten μ .

Tabelle VII.

Wirkliche Compressibilität für 8 Atmosphären.

Flüssigkeiten	$\mu \cdot 10^6$	bei t°	$\mu \cdot 10^6$	bei t°	$\frac{\Delta\mu}{\Delta t} 10^6$
Wasser	46,2	17,95	—	—	—
Gereinigter Schwefelkohlenstoff	89,5	18,05	80,4	3,30	0,615
Thiophenfreies Benzol	91,7	17,90	83,0	5,95	0,73
Aethyläther (üb. Na destill.) .	—	—	163,8	8,10	—
Methylalkohol	119,9	18,10	107,5	2,75	0,80
Aethylalkohol 99,8 Proc. . . .	110,2	17,50	99,7	1,85	0,67
n. Propylalkohol	97,0	17,70	89,5	5,60	0,62
Isopropylalkohol	103,4	17,85	95,0	5,65	0,69
n. Butylalkohol	90,5	17,40	83,3	3,05	0,50
Isobutylalkohol	98,3	17,95	90,5	4,15	0,565
Amylalkohol (Gährungs-) . .	90,5	17,75	83,5	3,65	0,495

In der obenstehenden Tabelle ist der Vollständigkeit halber die Compressibilität des Wassers bei 17,95°, von der ich bei der Berechnung der übrigen Werthe ausgegangen bin, mit aufgenommen. In der letzten Columnne sind die unter der Annahme, dass die Compressibilität eine lineare Function der Temperatur ist, berechneten Werthe der Aenderung der Compressibilität für 1° angegeben; einige hier

1) Röntgen u. Schneider, Wied. Ann. 33. p. 653. 1888.

2) L. Zehnder, Wied. Ann. 34. p. 91. 1888.

3) Röntgen u. Schneider, Wied. Ann. 33. p. 644. 1888.

4) Ueber die Berechtigung der Wahl dieser nicht direct von uns bestimmten Constante vgl. Wied. Ann. 33. p. 660. 1888 und die neueren Bestimmungen von Amagat, Ann. d. chim. et de phys. 22. p. 95. 1891.

nicht mitgetheilte Versuche und insbesondere die Resultate der folgenden, mit L. Zehnder veröffentlichten Untersuchung ergeben, dass diese Annahme mit Ausnahme für Aethyläther und Wasser sehr nahezu der Wirklichkeit entspricht.

Die Resultate meiner Versuche über Compressibilität finden in der folgenden Arbeit „Ueber den Einfluss des Druckes auf die Brechungsexponenten von Flüssigkeiten“ eine Verwendung; einige sich aus der Tabelle ergebende Beziehungen möchte ich noch hervorheben.

Bei allen Flüssigkeiten mit Ausnahme des Wassers nimmt innerhalb der Versuchstemperaturgrenzen die Compressibilität mit zunehmender Temperatur zu.

Vergleicht man die Compressibilitäten verschiedener normaler Alkohole bei gleicher Temperatur miteinander, so findet man, dass die Compressibilität abnimmt je höher man in die Reihe der Alkohole aufsteigt. Die normalen Alkohole sind compressibeler als die entsprechenden isomeren.

Besonders bemerkenswerth finde ich die grosse Verschiedenheit der Compressibilität der drei Flüssigkeiten gleicher Zusammensetzung: Aethyläther, normaler und Isobutylalkohol. Aus einem Vergleich dieser Werthe mit den beiden für Methyl- und Amylalkohol folgt, dass die Verschiedenheit der Anordnung derselben Atome im Molecül die Compressibilität in viel höherem Maasse beeinflussen kann als eine bedeutende Vermehrung der Masse des Molecüls.

Eine Zusammenstellung meiner Resultate mit denen anderer Beobachter scheint mir nicht nöthig zu sein. Sowohl Amagat¹⁾ als Pagliano und Palazzo²⁾ fanden Werthe, die mit den meinigen zum grössten Theil sehr gut übereinstimmen.

Die Quincke'schen Resultate³⁾ dagegen sind fast alle mit sehr grossen Fehlern behaftet; einige derselben weichen um nicht weniger als 45 Proc. ihres Betrages von den obigen Werthen ab.

Würzburg, Phys. Inst. Mai 1891.

1) Amagat, Ann. de chim. et de phys. (5) 11. p. 535. 1877.

2) Pagliano u. Palazzo, Beibl. 9. p. 150. 1885.

3) Quincke, Wied. Ann. 19. p. 401. 1883.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 6.

Fig.7

Fig.9

Fig. 10

Fig. 8

Fig. 3

Fig. 4

Röntgen Fig 1-2, Röntgen u. Zehnder Fig 3-5, Bjerknes Fig 6-10.