

**5. Experimentelle Bestimmung
der Oberflächenspannung von verflüssigtem
Sauerstoff und verflüssigtem Stickstoff;
von Leo Grunmach.**

[Aus den Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin in erweiterter
Form mitgeteilt vom Verfasser¹⁾.]

In drei früheren Abhandlungen, welche der Berliner Akademie vorgelegt worden sind²⁾, habe ich gezeigt, daß man die Kapillarwellenmethode zur genauen Bestimmung der Oberflächenspannungen verflüssigter Gase, und wenn deren kritische Temperaturen bekannt sind, auch zur Ermittlung ihrer Molekulargewichte anwenden kann. In der vorliegenden Arbeit, welche eine Fortsetzung dieser Untersuchungen bildet, will ich mir erlauben, über die Ergebnisse meiner Messungen an flüssigem Sauerstoff und an flüssigem Stickstoff zu berichten.

Der flüssige Sauerstoff wurde in größeren Dewarschen Flaschen (mit 98 Proz. Reingehalt) bezogen von der Aktiengesellschaft für Markt- und Kühlhallen in Berlin, der flüssige Stickstoff durch freundliche Vermittelung des Hrn. Prof. Dr. von Linde von der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen aus München. Der letztere war dadurch hergestellt worden, daß Stickstoff, der durch Rektifikation flüssiger Luft gewonnen und in Stahlflaschen komprimiert worden war, mit Hilfe flüssiger Luft verflüssigt wurde. Der komprimierte Stickstoff in den Stahlflaschen hatte nach den Angaben des Hrn. Dr. F. Linde einen Sauerstoffgehalt von etwa 1,6 Proz.; der verflüssigte Stickstoff aber kann bis auf einen kleinen Gehalt an Argon als rein angesehen werden, nur ist es nicht ausgeschlossen,

1) L. Grunmach, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Sitz. d. physik.-mathem. Klasse vom 26. Juli 1906.

2) L. Grunmach, Berl. Ber. 1900. p. 829; 1901. p. 914 und 1904. p. 1198. Ferner: Ann. d. Phys. 4. p. 367. 1901; 6. p. 559. 1901 und 15. p. 401. 1904.

daß beim Einfüllen des verflüssigten Stickstoffs in die Dewar-sche Glasflasche etwas Sauerstoff aus der Atmosphäre in die Flüssigkeit übergegangen ist. Übrigens wird die Reinheit sowohl des flüssigen Sauerstoffs wie des flüssigen Stickstoffs durch die an ihnen ausgeführten, weiter unten mitgeteilten Siedepunktsbestimmungen vollauf bestätigt. Für die Versuche wurden die verflüssigten Gase aus den größeren Dewarschen Flaschen durch Filter in die zur Beobachtung dienenden halbkugelförmigen Dewarschen Gefäße hineinfiltrierte, welche möglichst erschütterungsfrei auf einem die Grundplatte des Stimmgabelstativs frei durchsetzenden, also unabhängig von ihm fest aufgestellten Dreifuße ruhten. Die Gefäße sind ebenso wie die Stimmgabelspitzen auf das sorgfältigste zu reinigen. Ist an einer Stelle die geringste Spur einer Verunreinigung vorhanden, so steigen von dort ununterbrochen Gasbläschen auf, die die Ausbildung der Kapillarwellen stören und eine genaue Messung derselben vereiteln. Sind aber Gefäße und Spitzen vollkommen rein, und werden letztere nur wenig eingetaucht, so treten bei vorsichtigem Erregen der Stimmgabel die Kapillarwellen mit einer Schärfe und Unveränderlichkeit auf, wie man sie schöner nicht auf reinstem Quecksilber erhalten kann. Nur bei der ersten Messungsreihe mit Sauerstoff — deren Ergebnis deshalb hernach auch nur das Gewicht $\frac{1}{2}$ beigelegt wird — fand häufiger von einer Stelle der Gefäßwand aus eine die Schärfe der Kapillarwellen störende Gasentwicklung statt, als deren Ursache sich später ein an jener Stelle befindliches Bläschen in der Glaswandung herausstellte.

Die Versuchsanordnung und die Beobachtungsmethode waren die gleichen wie bei meinen früheren Versuchen¹⁾; nur kam diesmal nicht die früher benutzte Stimmgabel (von 253 Schwingungen) zur Verwendung, sondern, um längere Kapillarwellen zu erhalten, eine mit Platinspitzen versehene, mit P. T. R. II, 189 bezeichnete Stimmgabel von geringerer Schwingungszahl, die nach den Bestimmungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt durch die Gleichung gegeben ist:

$$n_t = 156,94 - 0,016(t - 19^\circ \text{C}).$$

1) L. Grunmach, l. c.

Die Entfernung ihrer Spitzen wurde mittels eines Vertikal-komparators zu 1,7767₄ cm bestimmt.

Zur Berechnung der Oberflächenspannung diene wieder die allgemeine Gleichung

$$\alpha = \frac{\sigma n^2 \lambda^3}{2 \pi} - g \frac{\lambda^2 \sigma}{4 \pi^2} \text{ dyn/cm,}$$

in welcher σ die Dichte, n die Schwingungszahl, λ die Wellenlänge und g die Erdbeschleunigung bedeuten.

Bevor ich zur Mitteilung der Messungen selbst übergehe, möchte ich hier noch auf eine merkwürdige Bewegungserscheinung der Flüssigkeitsoberfläche hinweisen, die ich früher schon bei meinen Versuchen mit flüssiger Luft beobachtet und erwähnt¹⁾, und die ich jetzt wieder mit großer Deutlichkeit beobachtet habe. Sobald nämlich die Stimmgabelspitzen die Oberfläche der verflüssigten Gase berühren, ohne von ihnen infolge des Leidenfrostschen Phänomens benetzt zu werden, bildet sich zwischen den Spitzen, auch *ohne Erregung der Stimmgabel*, ein zwar schwaches, aber bei erschütterungsfreier Aufstellung und vollkommen ruhiger Oberfläche deutlich erkennbares System hyperbolischer Interferenzwellen von sehr geringer Wellenlänge aus, und gleichzeitig hört man deutlich einen schwachen Ton von bestimmter Höhe erklingen, dessen Entstehen vielleicht auf folgende Weise seine Erklärung finden dürfte: die an den Stimmgabelspitzen ununterbrochen entstehenden und wieder verschwindenden Gasbläschen versetzen die Flüssigkeit in der Umgebung der Spitzen in periodische Schwingungen und erzeugen den erwähnten Ton, ähnlich der Erscheinung des Singens von Flüssigkeiten unmittelbar vor dem Kochen. Werden die Stimmgabelspitzen vorsichtig ein wenig tiefer eingetaucht, so bleibt die Erscheinung bis zu einer gewissen Tiefe des Eintauchens unverändert, bei noch etwas tieferem Eintauchen aber erfährt das Interferenzwellensystem plötzlich eine *sprungweise* Veränderung, indem die Wellenlänge kleiner wird, und gleichzeitig schlägt der Ton in einen um ein bestimmtes Intervall höheren Ton über. Bei weiterem vorsichtigen Eintauchen der Spitzen bleibt bis zu einer gewissen

1) L. Grunmach, l. c. p. 915. 1901.

Tiefe hin wieder diese Erscheinung unverändert bestehen und verschwindet erst, wenn die Spitzen so tief in die Flüssigkeit eintauchen, daß die von der Stimmgabel ihnen zugeführte Wärme zur Aufrechterhaltung des Leidenfrostschen Phänomens nicht mehr ausreicht, und rings um die Stimmgabelspitzen herum ein stürmisches Sieden beginnt. Daß diese Erscheinung bei den vorliegenden Versuchen besser beobachtet werden konnte als bei meinen vorher erwähnten Versuchen mit flüssiger Luft, dürfte wohl von der verschiedenen Form herrühren, welche die Spitzenpaare der beiden Stimmgabeln besitzen. Bei der früher benutzten Stimmgabel waren die Stahlspitzen etwa dreimal so lang als die Platinspitzen der jetzt benutzten Stimmgabel, so daß diesmal von der auf Zimmertemperatur befindlichen Stimmgabel aus eine größere Wärmemenge den Spitzen zugeführt wurde, und infolgedessen das Leidenfrostsche Phänomen sich besser ausbilden und länger erhalten konnte.

Ich gehe nunmehr zur Mitteilung der Messungen selbst über:

I. Verflüssigter Sauerstoff.

Den *Siedepunkt des Sauerstoffs* habe ich mittels eines von C. Richter aus Jenenser Glas 16^m hergestellten, von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüften Pentanthermometers P. T. R. II, 20286 besonders bestimmt. Das verflüssigte Gas befand sich zu diesem Zwecke in einem zylindrischen unversilberten Vakuumgefäß, dessen innere Länge etwa 10 cm betrug. Das stabförmige Pentanthermometer tauchte, um Fadenkorrektion zu vermeiden, weit (etwa 15° C.) über den Einstellungsindex in die Flüssigkeit und konnte durch die Glaswand hindurch sehr genau (bis auf 0,05° C.) abgelesen werden. Ein Siedeverzug fand nicht statt. Nach längerem Eintauchen des Thermometers fanden von halber zu halber Minute folgende Ablesungen statt:

—182,60° C. (Beob.: Grunmach)	—182,70° C. (Beob.: Weidert)
—182,65	—182,60
—182,60	—182,70
—182,65	—182,70
—182,70	—182,60

Der reduzierte Barometerstand betrug während dieser Ablesungen im Mittel 762,22 mm. Demgemäß wurde der *Siedepunkt des Sauerstoffs* gefunden zu $-182,65^{\circ}\text{C.}$ bei dem Barometerstande $\beta_0 = 762,22\text{ mm.}$ in vollkommener Übereinstimmung mit dem Werte, den Hr. Holborn¹⁾ für den Siedepunkt findet, nämlich $-182,7^{\circ}\text{C.}$ bei $\beta_0 = 760\text{ mm.}$ während Hr. Dewar²⁾ $-182,5^{\circ}\text{C.}$ als den wahrscheinlichsten Wert für den Siedepunkt des Sauerstoffs angibt. Unter Annahme der von Hrn. Holborn mitgeteilten Daten über die Tension des Sauerstoffs, nämlich, daß in der Nähe des Siedepunkts einer Druckdifferenz von 18,86 mm eine Temperaturdifferenz von $0,56^{\circ}\text{C.}$ entspricht, habe ich dann für die bei den anderen Versuchsreihen herrschenden Barometerstände die Siedetemperaturen berechnet.

Für die *Dichte des verflüssigten Sauerstoffs* bei der Siedetemperatur $-182,65^{\circ}\text{C.}$ habe ich den Wert 1,135 angenommen³⁾ und für die anderen bei den Versuchen vorkommenden Siedetemperaturen die Dichten berechnet unter Annahme der von den Herren Baly und Donnan⁴⁾ mitgeteilten Daten über die Änderung der Dichte des flüssigen Sauerstoffs mit der Temperatur, nämlich, daß einer Temperaturdifferenz von 1°C. eine Änderung in der Dichte von 0,005 entspricht.

Um nun zur Mitteilung der Ergebnisse der eigentlichen Kapillarwellenmessungen überzugehen, so sind folgende vier unabhängige Beobachtungsreihen an *flüssigem Sauerstoff* ausgeführt worden. Die mitgeteilten Werte der Spitzenentfernung der Stimmgabel in Mikrometerpartes sind die Mittelwerte der Messungen, welche am Anfang und am Schluß jeder einzelnen Beobachtungsreihe ausgeführt worden sind.¹

Der Abstand zweier benachbarten Wellenberge ($= \lambda/2$) ist als *ein Intervall* bezeichnet.

1) L. Holborn, Ann. d. Phys. 6. p. 254. 1901.

2) J. Dewar, Proc. Roy. Soc. 68. p. 44. 1901.

3) J. Dewar, Chem. News 73. p. 40. 1896; J. Drugman u. W. Ramsay, Journ. Chem. Soc. 77. p. 1228. 1900.

4) E. C. C. Baly u. F. G. Donnan, Journ. Chem. Soc. 81. p. 911. 1902.

Erste Beobachtungsreihe.

Spitzenentfernung = 1935,3 partes	= 1,7767 ₄ cm
Mittlere Temperatur der Stimmgabel	$t = 18,6^{\circ}$ C.
Schwingungszahl der Stimmgabel	$n_t = 156,95$
Reduzierter Barometerstand	$\beta_0 = 748,60$ mm
Zugehörige Siedetemperatur des Sauerstoffs	$T = -183,05^{\circ}$ C.
Dichte des Sauerstoffs	$\sigma_T = 1,135$.

13	Intervalle = 1035,7 p; hieraus $\lambda/2 =$	79,669 p
13	„	1038,5 79,885
14	„	1116,1 79,721
14	„	1116,3 79,736
13	„	1029,2 79,169
13	„	1031,1 79,315
12	„	955,9 79,658
12	„	957,2 79,767
12	„	957,4 79,783
12	„	958,0 79,836
12	„	957,9 79,821

Im Mittel $\lambda/2 = 79,669 p = 0,07314$ cm,

hieraus $\alpha = 13,324$ dyn/cm (Gew. $\frac{1}{2}$, vgl. oben p. 108).

Zweite Beobachtungsreihe.

Spitzenentfernung = 1921,84 partes	= 1,7767 ₄ cm
Mittlere Temperatur der Stimmgabel	$t = 20,0^{\circ}$ C.
Schwingungszahl der Stimmgabel	$n_t = 156,94$
Reduzierter Barometerstand	$\beta_0 = 762,22$ mm
Zugehörige Siedetemperatur des Sauerstoffs	$T = -182,65^{\circ}$ C.
Dichte des Sauerstoffs	$\sigma_T = 1,135$.

15	Intervalle = 1171,3 p; hieraus $\lambda/2 =$	78,087 p
15	„	1172,4 78,160
15	„	1177,1 78,473
15	„	1181,3 78,754
15	„	1176,8 78,454
15	„	1180,9 78,727
15	„	1176,7 78,447
15	„	1180,3 78,687
15	„	1187,4 79,160
15	„	1182,6 78,840

Im Mittel $\lambda/2 = 78,579 p = 0,07265$ cm,

hieraus $\alpha = 13,051$ dyn/cm.

Dritte Beobachtungsreihe.

Spitzenentfernung = 1923,4 partes = 1,7767₄ cm
 Mittlere Temperatur der Stimmgabel $t = 19,7^{\circ}$ C.
 Schwingungszahl der Stimmgabel $n_t = 156,93$
 Reduzierter Barometerstand $\beta_0 = 763,8$ mm
 Zugehörige Siedetemperatur des Sauerstoffs $T = -182,60^{\circ}$ C.
 Dichte des Sauerstoffs $\sigma_T = 1,135$.

14	Intervalle = 1101,2 p;	hieraus $\lambda/2 = 78,658$ p
14	„	1087,8
14	„	1095,2
14	„	1104,1
14	„	1101,8
14	„	1100,6
14	„	1101,8
14	„	1097,6
14	„	1097,2
14	„	1101,8

Im Mittel $\lambda/2 = 78,494$ p = 0,07251 cm,

hieraus $\alpha = 12,975$ dyn/cm.

Vierte Beobachtungsreihe.

Spitzenentfernung = 1923,4 partes = 1,7767₄ cm
 Mittlere Temperatur der Stimmgabel $t = 18,5^{\circ}$ C.
 Schwingungszahl der Stimmgabel $n_t = 156,95$
 Reduzierter Barometerstand $\beta_0 = 763,8$ mm
 Zugehörige Siedetemperatur des Sauerstoffs $T = -182,60^{\circ}$ C.
 Dichte des Sauerstoffs $\sigma_T = 1,135$

15	Intervalle = 1174,4 p;	hieraus $\lambda/2 = 78,294$ p
15	„	1178,7
15	„	1177,7
15	„	1182,0
13	„	1027,0
14	„	1108,6
14	„	1097,1

Im Mittel $\lambda/2 = 78,677$ p = 0,07268 cm,

hieraus $\alpha = 13,071$ dyn/cm.

Die aus den vier Beobachtungsreihen gewonnenen Mittelwerte sind in der folgenden Tabelle übersichtlicher zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Numer der Beobachtungsreihe	Reduz. Barometerstand β_0	Zugehörige Siedetemp. T des flüssig. Sauerstoffs in $^{\circ}\text{C}$.	Entsprechende Dichte σ des Sauerstoffs	Mittlere Spitzenentfernung in Mikrometerpartes	Mittlere halbe Wellenlänge $\lambda/2$ in Mikrometerpartes	Mittlere Temp. t der Stimmgabel in $^{\circ}\text{C}$.	Schwingungszahl n der Stimmgabel bei der Temperatur t	Oberflächen- spannung α des flüssig. Sauerstoffs in dyn/cm
1	748,60	-183,05	1,137	1935,30	79,669	18,6	156,95	13,324
2	762,22	-182,65	1,135	1921,84	78,579	20,0	156,94	13,051
3	763,80	-182,60	1,135	1923,40	78,494	19,7	156,94	12,975
4	763,80	-182,60	1,135	1923,40	78,677	18,5	156,95	13,071

Im Mittel ergibt sich also bei der Siedetemperatur $-182,7^{\circ}\text{C}$.

die Oberflächenspannung des flüssigen Sauerstoffs:

$$\alpha = 13,074 \text{ dyn/cm}$$

und

die spezifische Kohäsion des flüssigen Sauerstoffs:

$$\alpha^2 = \frac{2\alpha}{\sigma} = 23,038.$$

II. Verflüssigter Stickstoff.

Die *Siedetemperatur des Stickstoffs* wurde gleichfalls mittels des Pentanthermometers in genau derselben Weise wie die des Sauerstoffs bestimmt. Hier fanden folgende Ablesungen statt:

-195,90 $^{\circ}\text{C}$. (Beob.: Grunmach)
 -195,90
 -195,90
 -196,00
 -196,00
 -195,90

Der reduzierte Barometerstand betrug während dieser Ablesungen im Mittel 749,1 mm.

Demgemäß wurde der *Siedepunkt des Stickstoffs bei dem Barometerstande $\beta_0 = 749.1 \text{ mm}$ zu $-195,9_2^{\circ}\text{C}$.* gefunden, in guter Übereinstimmung mit den Werten, die die Herren Fischer und Alt¹⁾ für den Siedepunkt mitteilen, nämlich

1) K. F. Fischer u. H. Alt, Münch. Ber. 1902. p. 113; Ann. d. Phys. 9. p. 1149. 1902.

— 196,176° C. bei 714,5 mm und — 195,67° C. bei 760 mm, während für die *Dichte des verflüssigten Stickstoffs* nach den Angaben von Baly und Donnan¹⁾, sowie von Behn und Kiebitz²⁾ bei — 195,9° C. der Wert 0,791 angenommen wurde.

An Kapillarwellenmessungen wurde mit dem zur Verfügung stehenden flüssigen Stickstoff von zwei Litern folgende größere aus 20 gut untereinander übereinstimmenden Einzelbeobachtungen bestehende Beobachtungsreihe ausgeführt.

Spitzenentfernung = 1925,5 partes	= 1,7767 ₄ cm
Mittlere Temperatur der Stimmgabel	$t = 18,35^{\circ}$ C.
Schwingungszahl der Stimmgabel	$n_t = 156,95$
Reduzierter Barometerstand	$\beta_0 = 749,10$ mm
Zugehörige Siedetemperatur des Stickstoffs	$T = - 195,9^{\circ}$ C.
Dichte des Stickstoffs	$\sigma_T = 0,791.$

13 Intervalle = 996,0 p; hieraus $\lambda/2 = 76,615$ p	
13 „ 995,4	76,569
13 „ 993,2	76,400
13 „ 1000,1	76,931
13 „ 1007,6	77,508
13 „ 1004,1	77,238
13 „ 1003,2	77,169
13 „ 1003,7	77,208
13 „ 1000,0	76,923
14 „ 1083,8	77,415
14 „ 1073,0	76,643
14 „ 1085,6	77,543
14 „ 1088,0	77,715
14 „ 1078,5	77,036
14 „ 1087,0	77,643
14 „ 1078,3	77,022
14 „ 1079,6	77,115
14 „ 1073,7	76,693
14 „ 1074,3	76,736
15 „ 1149,0	76,600

Im Mittel $\lambda/2 = 77,036$ p = 0,07108 cm.

1) E. C. C. Baly u. F. G. Donnan, Journ. Chem. Soc. **81**. p. 911. 1902.

2) U. Behn u. F. Kiebitz, Ann. d. Phys. **12**. p. 421. 1903.

Hieraus berechnet sich bei der Siedetemperatur $-195,9^{\circ}\text{C}$.
die *Oberflächenspannung des verflüssigten Stickstoffs* zu

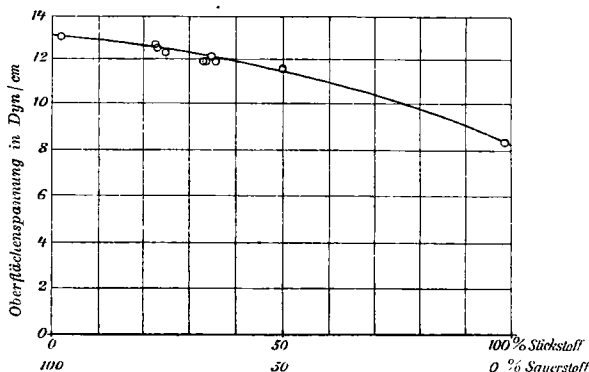
$$\alpha = 8,514 \text{ dyn/cm}$$

und

die *spezifische Kohäsion des verflüssigten Stickstoffs* zu

$$\alpha^2 = 21,527 \cdot ^1)$$

Meine Messungen an reinem Sauerstoff und an reinem Stickstoff schließen sich gut meinen früheren Messungen²⁾ an flüssiger Luft bei verschiedenem Sauerstoffgehalte an. In



der vorstehenden graphischen Darstellung sind die früheren Messungsergebnisse mit den vorliegenden zu einer Kurve vereinigt.

Zur Berechnung des Molekulargewichtes M dient nun die Gleichung³⁾

$$M = \sigma \sqrt{\left(\frac{2,227 (\Theta - T)^3}{\alpha} \right)^3},$$

1) Aus Messungen kapillarer Steighöhen finden die Herren Baly und Donnan (Trans. Chem. Soc. p. 918. 1902) für die Oberflächenspannung des Stickstoffs bei -193°C . den Wert 8,27 dyn/cm und für die des Sauerstoffs 13,23 bei -183°C ., in guter Übereinstimmung mit meinen nach der Kapillarwellenmethode gefundenen Werten.

2) L. Grunmach, Berliner Ber. 1901. p. 914 und Ann. d. Phys. 6. p. 559. 1901.

3) Bei meinen früheren Versuchen (L. Grunmach, Berliner Ber. 1900. p. 837 und 1904. p. 1202 und Ann. d. Phys. 4. p. 367. 1901 und 15. p. 401. 1904) wurde zur Berechnung des Molekulargewichtes — worauf mich Hr. Präsident Warburg freundlichst aufmerksam machte — versehentlich die Konstante 2,27 anstatt 2,227 benutzt. Infolgedessen

in welcher θ die kritische Temperatur und T die Beobachtungs- (Siede-) Temperatur der Flüssigkeit in Celsiusgrad bedeuten. Setzt man daher in diese Gleichung als kritische Temperaturen für Sauerstoff ¹⁾ bez. für Stickstoff ²⁾ die Werte -118° C. bez. -146° C. ein, so erhält man unter Benutzung der entsprechenden, vorhin angeführten Werte von σ , α und T

für das Molekulargewicht
des flüssigen Sauerstoffs

$$M_{O_2} = 40,70 \text{ (Gew. } \frac{1}{2})$$

$$41,59$$

$$41,91$$

$$41,44$$

und für das Molekulargewicht
des flüssigen Stickstoffs

$$M_{N_2} = 37,30$$

Im Mittel 41,51

während die Molekulargewichte des Sauerstoffs und des Stickstoffs im gasförmigen Zustande 32,00 und 28,08 betragen.

Sowohl Sauerstoff wie Stickstoff scheinen sich also nicht wie normale, sondern wie assoziierende Flüssigkeiten zu verhalten, die im flüssigen Zustande ein höheres Molekulargewicht besitzen, als im gasförmigen. Dasselbe hat sich aus meinen früheren Versuchen ³⁾ für Chlor und aus demnächst zu veröfentlichenden Versuchen auch für Brom ergeben. Gleiche Molekulargewichte im flüssigen und gasförmigen Zustande ergaben sich dagegen aus meinen früheren Versuchen ⁴⁾ für schweflige Säure, für Ammoniak und für Stickstoffoxydul. Es fällt nun sofort auf, daß die Gase, die beim Übergang aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand eine Assoziation

sind die dort mitgeteilten Werte für das Molekulargewicht der verflüssigten Gase etwas zu groß und sind in folgende umzuändern:

Für schweflige Säure	63,80
„ Ammoniak	16,62
„ Chlor	89,53
„ Stickstoffoxydul	42,29.

1) S. v. Wroblewski, Wiener Ber. 91. p. 701. 1885.

2) S. v. Wroblewski, l. c. p. 696; K. Olszewski, Compt. rend. 99. p. 134. 1884.

3) L. Grunmach, Berliner Ber. 1900. p. 837; Ann. d. Phys. 4. p. 376. 1901.

4) L. Grunmach, l. c. 1900. p. 837; 1904. p. 1202; Ann. d. Phys. ibid. und 15. p. 406. 1904.

erfahren, chemisch einfache Körper, diejenigen dagegen, die im flüssigen wie im gasförmigen Zustande das gleiche Molekulargewicht besitzen, zusammengesetzte Körper sind. Berechnet man weiter aus den nach der Steighöhenmethode ausgeführten Messungen der Oberflächenspannung von Wasserstoff (Dewar)¹⁾ sowie von Argon und Kohlenoxyd (Baly und Donnan)²⁾ die Molekulargewichte, so zeigt sich auch hier, daß der zusammengesetzte Körper Kohlenoxyd sich wie eine normale Flüssigkeit verhält, die einfachen Körper Argon und Wasserstoff dagegen wie assoziierende. Um zu entscheiden, ob diesem auffallenden Verhalten vielleicht ein allgemeineres Gesetz zugrunde liegt, demzufolge chemisch einfache Körper bei der Verflüssigung eher zur Assoziation neigen, als chemische Verbindungen, müßten zunächst noch für eine größere Anzahl einfacher Körper Kapillarkonstanten und kritische Temperaturen bekannt sein.

Zum Schlusse spreche ich auch an dieser Stelle meinem Assistenten, Hrn. Dr. Franz Weidert, für die mir bei der Ausführung dieser Versuche gewährte wertvolle Hilfe meinen herzlichen Dank aus, ebenso Hrn. cand. Otto Reinkober, der mich bei einigen Messungsreihen unterstützt hat.

Berlin, Physik. Institut der Technischen Hochschule.

1) J. Dewar, Chem. News 84. p. 49. 1901; Nature p. 243. 1901.

2) E. C. C. Baly und F. G. Donnan, Trans. Chem. Soc. 81. p. 918. 1902.

(Eingegangen 23. Oktober 1906.)