VIII. *Ueber die Diffusion des Ammoniaks durch Wasser und durch Alkohol;*
von Johannes Müller.

(Inauguraldissertation, für die Annalen bearbeitet vom Hrn. Verfasser.)

(Hierzu Taf. V.)

Die im Nachfolgenden beschriebenen Versuche haben den Zweck, den stationären Strom der Gase, besonders des Ammoniaks durch eine Flüssigkeitsschicht von endlicher Dicke zu untersuchen. Beobachtungen über solche Diffusion sind angestellt worden von Hrn. v. Wroblewsky¹⁾ und Hrn. Stefan²⁾. Die Diffusion des Gases ist nur beim herrschenden Atmosphärendruck betrachtet worden.

§ 1. Beschreibung des benutzten Apparates.

Das bei der nachfolgenden Untersuchung benutzte Ammoniakgas wurde aus Ammoniakflüssigkeit durch Kochen derselben in der Kochflasche *a* entwickelt. Letztere war durch einen Kork verschlossen, durch den ein Sicherheitsrohr und ein Ableitungsrohr für das Gas führte. Um ein Entweichen des Gases durch die Poren des bei *e* befindlichen Korkes zu vermeiden, war derselbe mit einer dichten Schicht guten Siegellack überzogen. Durch die Glasröhre *h* gelangte das sich entwickelnde Gas in eine Flasche *m*, welche von kaltem Wasser umspült war und nach Art eines Liebig'schen Kühlers wirkte. In der Flasche *m* condensirte sich der in *a* entwickelte Wasserdampf. Die in der Flasche *m* sich ansammelnde Wassermenge war nur gering, wenn bei jedem Versuch neue Ammoniakflüssigkeit in die Flasche *a* gegossen wurde. Durch das Rohr *l* und den Schlauch *s* gelangte das Gas in ein 2 m langes Glasrohr, das mit kleinen Stückchen Calciumoxyd angefüllt war. Der letzte Rest von Wasserdampf wurde in dem Rohre dem Gase genommen. Die Flasche *m* war ebenfalls durch Kork und Siegellack luftdicht verschlossen.

1) v. Wroblewsky, Wied. Ann. 2. 1877.

2) Stefan, Wien. Ber. 72. Abth. 2. p. 371 u. f. f.

Nachdem das Gas durch das Trockenrohr gegangen war, gelangte es in die etwa 2000 ccm grosse Flasche *M*, welche oben mit drei Oeffnungen versehen war und als Gasometer diente. In die mittlere Oeffnung führte das Zuleitungsrohr. An dieser wie auch an den beiden übrigen Oeffnungen war durch Siegellack ein luftdichter Verschluss der Flasche sorgfältig hergestellt.

In die Oeffnung *g* der Flasche *M* war mittelst eines Korkes eine bei *n* rechtwinklig gebogene, bei *z* mit einem Hahn versehene Glasröhre eingesetzt. An dieses Rohr konnten bei *w* die zu den einzelnen Versuchen dienenden Glasröhren angesetzt werden. Bei *w* wurde auf die nach *M* führende Röhre ein weiteres Glasrohr geschoben, in welchem wiederum bei *u* durch Siegellack ein dreimal rechtwinklig gebogenes Glasrohr eingekittet war, das in seinem unteren Theile *yv* dazu diente, die Flüssigkeit aufzunehmen, durch welche das Gas diffundiren sollte. Bei *v* war ebenfalls ein luftdichter Verschluss durch Siegellack hergestellt.

Durch die dritte Oeffnung *r* des Gefässes *M* führte ein Glasrohr von $(1.88^2 \pi)$ qmm Querschnitt bis auf den Boden. Dieses Glasrohr war etwas oberhalb des Korkes *p* rechtwinklig gebogen; ferner durch einen kurzen Schlauch verbunden mit einer etwa 2 m langen Glasröhre von derselben Weite, die ihrerseits wieder verbunden war durch einen Kautschukschlauch mit dem unteren Ende eines senkrecht aufgestellten graduirten Rohres. Mittelst eines Quetschhahnes konnte der Schlauch am unteren Ende des graduirten Rohres fest geschlossen werden. War dies geschehen, so wurde das graduirte Rohr mit Quecksilber gefüllt, der Quetschhahn wurde für einen Augenblick weit gelöst und das Quecksilber strömte durch die Glasröhre *AB* in den Behälter *M*. War der Boden des Gasometers *M* hinreichend mit Quecksilber bedeckt, so wurde der Quetschhahn geschlossen, und die ganze Röhre war mit Quecksilber gefüllt.

Wurde das Gas in der Flasche *a* entwickelt, so füllte sich allmählich das Gasometer *M* mit demselben. Der Hahn bei *z* war geöffnet, sodass das Gas durch den ganzen Apparat strömte. Von dem Gase musste eine grosse Menge entwickelt werden, damit sicher alle Luft bei Beginn des Versuches ausgetrieben war. Hiervon hing wesentlich der Erfolg des Versuches ab.

Sobald es sicher war, dass das Gasometer M völlig mit Ammoniak gefüllt war, wurde durch einen Quetschhahn bei k der Kautschukschlauch geschlossen, und es wurde Ammoniakflüssigkeit in die Röhre vy mittelst einer Pipette gegossen. Die Flüssigkeitssäule begann sofort zu steigen im Rohre empor nach u , da die Flüssigkeit nicht völlig mit Gas gesättigt ist. Um die Flüssigkeitssäule in der Lage vy zu erhalten, lässt man durch Lösen des Quetschhahnes am untern Ende des graduirten Rohres Quecksilber zufließen derart, dass das absorbierte Volumen Ammoniak beständig im Gasometer M durch ein gleiches Volumen Quecksilber ersetzt wird. Innerhalb des Gasometers befindet sich das Gas unter dem draussen herrschenden Atmosphärendruck. Der Theil yv der Diffusionsröhre war umspült von Wasser constanter Temperatur. Nothwendig erfolgt an der Stelle, wo die Absorption und Wiederabgabe des Gases vor sich geht, eine Wärmeentwicklung. Um den störenden Einfluss der letzteren zu vermeiden, war das Wasserbad constanter Temperatur nöthig. Am graduirten Rohr konnte die in den Behälter M strömende Quecksilbermenge in Cubikcentimeter abgelesen werden.

Während des Versuches sind Schwankungen der Zimmertemperatur sorgfältig zu vermeiden. Infolge einer Temperaturänderung würde das in M eingeschlossene Gas sein Volumen ändern, und dadurch müsste eine regellose Bewegung der Flüssigkeitssäule eintreten. Andererseits wird auch das Volumen des in beträchtlicher Menge zur Verwendung kommenden Quecksilbers geändert werden.

Es ist erforderlich, dass die Flüssigkeitssäule genau bis zum äussersten Rand v der Diffusionsröhre reicht. Ist dies nicht der Fall, so wird sich im Rohre bei v Gas ansammeln, dort einen Partialdruck ausüben und den Gang der Diffusion stören. Um stets über dem Ausgang des Rohres v reine Luft zu haben, wurde über denselben weg ein schwacher Strom reiner atmosphärischer Luft von der Temperatur des Zimmers geleitet.

Die Bewegungen der Flüssigkeitssäule yv wurden in einer Entfernung von etwa 2 m, wo sich auch das mit Quecksilber gefüllte graduirte Rohr befand, mit einem Fernrohr beobachtet. Eine geringe Drehung an einer der Schrauben des Quetschhahnes t veranlasste sofort eine Bewegung der Flüssigkeitssäule.

Die Flüssigkeit muss in beiden Schenkeln gleich hoch stehen; ist dieses nicht der Fall, so befindet sich das Gas unter einem andern als dem Atmosphärendruck.

§ 2. Diffusion durch eine Wasserschicht bei 15° C.

Es ist zunächst die Frage aufzuwerfen, inwiefern hängt die Menge des diffundirenden Gases von dem Querschnitt und der Länge der Flüssigkeitssäule y v ab. Es folgen zunächst die Beobachtungen, bei denen die Flüssigkeit eine Temperatur von 15° C. hatte. Es sind vier Röhren von verschiedenem Querschnitte und von verschiedener Länge benutzt worden. In Intervallen von 5 Minuten ist der Stand des Quecksilbers im graduirten Rohre abgelesen.

1. Barometerstand: 758 mm, Temperatur der Flüssigkeit: 14,8—15,2° C. Zimmertemperatur: 20°, Querschnitt der Flüssigkeitssäule: 0,251 qcm. Länge derselben: 8,3 cm.

Zeit	ccm	A	Zeit	ccm	A
8 ^h 45'	— 0,16	—	10 ^h 20'	—	1,75
8 50	+ 3,45	3,61	10 25	10,60	1,75
8 55	7,15	3,70	10 30	12,36	1,76
9 0	10,56	3,41	10 35	14,03	1,67
9 5	13,80	3,24	10 40	—	1,40
9 10	16,95	3,15	10 45	16,80	1,40
9 15	19,80	2,85	10 50	18,20	1,40
9 20	22,58	2,78	10 55	19,60	1,40
9 25	—	2,54	11 0	20,92	1,32
9 30	27,65	2,53	11 5	22,25	1,33
9 35	30,05	2,40	11 10	23,57	1,32
9 40	32,50	2,45	11 15	—	1,32
9 45	34,60	2,10	11 20	—	1,32
9 50	—	1,95	11 25	27,53	1,32
9 55	38,50	1,95	11 30	28,82	1,29
10 0	1,80	—	11 35	30,15	1,33
10 5	3,60	1,80	11 40	—	1,40
10 10	5,35	1,75	11 45	32,95	1,40
10 15	7,10	1,75			

Während der Zeit von 10^h 55' bis 11^h 45' diffundirten im Durchschnitt in 5 Minuten 1,33 ccm.

In der ersten Spalte der Tabelle ist die Zeit angegeben,

in der zweiten der Stand des Quecksilbers, in der dritten das Volumen des absorbirten Ammoniaks. Meist war es nöthig, das graduirte Rohr 2—4 mal zu füllen, ehe sich der stationäre Zustand herausstellte.

Bei der Annahme, dass die diffundirende Gasmenge, sobald der stationäre Zustand eingetreten ist, proportional ist dem Querschnitt der Röhre und umgekehrt proportional der Länge derselben, ergibt sich, dass 8,79 cbm in der Minute durch eine Schicht von 1 qcm Querschnitt und 1 cm Dicke diffundiren werden. Dieses Volumen, reducirt auf 0° C. und 760 mm Barometerstand, sei mit $\mathfrak{D}_{15}$ bezeichnet und es ist $\mathfrak{D}_{15} = 8,17$.

2a. Barometerstand: 761 mm. Zimmertemperatur: 19° C. Temperatur der Flüssigkeitssäule: 14,9—15,2° C. Länge der Flüssigkeitssäule: 8,7 cm. Querschnitt derselben: 0,111 qcm.

Zeit	ccm	Δ	Zeit	ccm	Δ
10 ^h 5'	10,45	—	11 ^h 40'	39,60	0,84
10 10	13,30	2,85	11 45	5,35	—
10 15	15,90	2,60	11 50	6,10	0,75
10 20	18,20	2,30	11 55	6,90	0,80
10 25	20,20	2,00	12 0	7,60	0,70
10 30	22,30	2,10	12 5	—	0,70
10 35	24,20	1,90	12 10	9,00	0,70
10 40	25,90	1,70	12 15	9,65	0,65
10 45	27,33	1,43	12 20	10,30	0,65
10 50	28,80	1,47	12 25	10,95	0,65
10 55	30,13	1,33	12 30	—	0,52
11 0	31,30	1,17	12 35	—	0,52
11 5	—	1,20	12 40	—	0,52
11 10	33,70	1,20	12 45	—	0,52
11 15	34,82	1,12	12 50	13,56	0,52
11 20	—	1,03	12 55	—	0,60
11 25	—	1,03	1 0	—	0,60
11 30	37,90	1,03	1 5	15,36	0,60
11 35	38,76	0,86			

In der Zeit 11^h 25'—1^h 5' diffundirten im Durchschnitt in 5 Minuten 0,56 cbm Ammoniak. Demnach ist $\mathfrak{D}_{15} = 8,22$.

2b. Barometerstand: 764 mm. Zimmertemperatur 19° C. Temperatur der Flüssigkeitssäule: 14,7—15,2° C. Länge der Flüssigkeitssäule: 6,6 cm. Querschnitt derselben: 0,111 qcm.

Zeit	ccm	Δ	Zeit	ccm	Δ
11 ^h 15'	0,25	—	12 ^h 0'	7,25	0,73
11 20	0,95	0,70	12 5	7,96	0,71
11 25	1,73	0,78	12 10	8,70	0,74
11 30	—	0,83	12 15	—	0,76
11 35	—	0,83	12 20	10,22	0,76
11 40	4,22	0,83	12 25	—	0,72
11 45	—	0,77	12 30	11,66	0,72
11 50	5,77	0,78	12 35	—	0,78
11 55	6,52	0,77	12 40	13,23	0,79

Im stationären Zustande diffundirten im Durchschnitt in 5 Minuten 0,74 ccm Ammoniak. Es ist $\mathfrak{D}_{15} = 8,27$.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen geht zunächst hervor, dass die von der Flüssigkeit in gleichen Zeiten absorbirten Gasvolumina abnehmen bis zuletzt ein stationärer Zustand des Gasstromes eintritt. Es wird bestätigt durch die Zahlenwerthe 8,17; 8,22; 8,27;

welche die Mengen Ammoniakgas angeben, die durch eine Schicht von 1 qcm Querschnitt und 1 cm Dicke in einer Minute diffundiren, dass die diffundirende Gasmenge proportional dem Querschnitte und umgekehrt proportional der Länge der Flüssigkeitssäule ist, sobald der stationäre Zustand eingetreten. Die Querschnitte der benutzten Glasröhren sind bestimmt worden durch das Gewicht eines gemessenen Quecksilberfadens. Schwierig ist es nach Beendigung des Versuches die Länge der Flüssigkeitssäule zu bestimmen. Freilich verdampft nur wenig Flüssigkeit während des etwa 3—4 Stunden dauernden Versuches. Um aber den hierdurch entstandenen Fehler zu beseitigen, wurde die Säule zu Anfang und Ende des Versuches wiederholt mit einem dünnen Drahte gemessen. Die benutzten Diffusionsröhren waren sämmtlich zweimal gebogen, die Wege durch die Flüssigkeit waren also nicht gleich; gemessen wurde die Länge der Axe der Röhre. Die Schwankungen der Zimmertemperatur waren nur unbedeutend.

Es sind noch vier weitere Versuche angestellt, deren Resultate in der nächsten Tabelle enthalten sind.

Die Zahl, welche das Volumen Ammoniak angibt, das durch eine Schicht von 1 qcm Querschnitt und 1 cm Dicke in 1 Min. diffundirt, möge mit $\mathfrak{D}$ bezeichnet werden. Das durch jene

Schicht bei 1 cm Druckdifferenz diffundirende Gasvolumen werde als Diffusionsconstante D bezeichnet. Der an D befindliche Index soll die Temperatur der Flüssigkeitssäule angeben.

Für D_{15} ergeben sich aus sieben Beobachtungen die folgenden Werthe:

Beobachtung	1.	2 a.	2 b.	3 a.	3 b.	4 a.	4 b.
Barometerstand	758	761	764	765	766	765	764
$\mathfrak{D}_{15}$	8,17	8,22	8,27	8,17	8,08	7,94	7,96
D_{15}	0,108	0,108	0,109	0,107	0,106	0,104	0,104

Als mittlerer Werth ergibt sich für $D_{15} = 0,106$. Zweifellos wird sich mit dem Drucke auch der Werth von $\mathfrak{D}$ ändern. Hr. von Wroblewsky¹⁾ hat gefunden, dass die Geschwindigkeit, mit welcher eine gegebene Gasmenge durch eine Kautschukmembran diffundirt, dem Drucke des diffundirenden Gases auf die Membran proportional ist. Vielleicht gilt für die Diffusion der Gase durch Flüssigkeiten dasselbe Gesetz.

§ 3. Diffusion durch eine Wasserschicht bei 0°, 30° und 40° C.

Zunächst ist nun die Frage aufzuwerfen nach dem Zusammenhange der Constanten D mit dem Absorptionscoefficienten des Gases. Je mehr die Flüssigkeit im Stande ist, zu absorbiren, um so grösser wird die Constante D sein, was durch die weiteren Versuche bestätigt wird. Die Beziehungen der Diffusionsconstanten D zum Absorptionscoefficienten sind untersucht worden, ausser bei der Temperatur 15° C., bei den Temperaturen 0°, 30° und 40° C. In dem einen Falle tauchte das Diffusionsrohr yy in ein Becken, das mit kleinen Eisstückchen angefüllt war, im anderen Falle in ein Wasserbad, das durch eine Flamme und durch Rührer stets auf 30° oder 40° C. erhalten wurde. Der Wasserbehälter bestand aus einem Blechkasten von 25 cm Länge, 10 cm Breite und 15 cm Höhe. Auf der oberen Fläche des Kastens befand sich eine längliche Oeffnung, in welche das Diffusionsrohr gesenkt werden konnte. Unmittelbar neben dem Diffusionsrohr lag in allen Fällen die Kugel des Thermometers.

1) v. Wroblewsky, Pogg. Ann. 158. p. 545. 1876.

5. Barometerstand 757 mm. Zimmertemp.: 19° C. Temperatur der Flüssigkeitssäule 0–0,2° C. Querschnitt der Flüssigkeitssäule (0,374) qcm. Länge derselben: 7,6 cm.

Es sind bereits 25 ccm Ammoniakgas aufgenommen.

Zeit	ccm	Δ	Zeit	ccm	Δ
9 ^h 55'	0,00	—	11 ^h 10'	26,85	3,20
10 0	—	—	11 15	30,05	3,20
10 10	17,50	—	11 20	33,15	3,10
10 15	—	5,78	11 25	36,10	2,95
10 20	29,06	5,78			
10 25	—	4,90	11 40	0,16	—
10 30	38,86	4,90	11 45	—	3,14
			11 50	6,45	3,15
10 40	4,80	—	11 55	—	2,91
10 45	9,45	4,65	12 0	—	2,91
10 50	13,30	3,85	12 5	—	2,91
10 55	17,00	3,70	12 10	18,10	2,92
11 0	20,55	3,55	12 15	21,02	2,92
11 5	23,65	3,10	12 20	23,95	2,92

$$D_0 = 11,3 \quad \text{und} \quad D_0 = 0,15.$$

Zwei weitere Beobachtungen ergaben:

$$D_0 = 11,5; \quad D_0 = 0,152; \quad D_0 = 11,4; \quad D_0 = 0,149.$$

Nach Reduction auf 0° C. und 760 mm Barometerstand ergibt sich:

$$D_0 = 11,5 \quad \text{und} \quad D_0 = 0,152.$$

Aus den drei Beobachtungen ergibt sich für D_0 der mittlere Werth 0,150. Demnach wächst D fast proportional mit dem Absorptionscoefficienten, wenn wir annehmen, dass 1 Vol. Wasser bei 0° C. 1050 Vol., bei 15° C. 727 Vol. Ammoniak aufnimmt.¹⁾ Ausserdem scheint aber auch innerhalb der Temperaturgrenzen 0 bis + 40° C. die Diffusionsconstante D proportional zu sein der Wurzel aus der absoluten Temperatur der Flüssigkeitssäule oder der Moleculargeschwindigkeit des Gases.

Die Beobachtungen bei 30 und 40° C. bestätigen das oben ausgesprochene Gesetz für die absoluten Temperaturen von 273—313°. Wenn die Flüssigkeitsschicht im Diffusions-

1) Rühlmann, Grundriss der Chemie, Berlin 1880. p. 77.

rohre auf 60° C. erwärmt wurde, so lag die Gefahr nahe, dass Wasser von der Diffusionsröhre zum Gasometer *M* destillirte. Es war deshalb erforderlich, in allen Fällen das Gasometer auf einer Temperatur zu erhalten, die nahe über der Temperatur des Diffusionsrohres lag. Das Wasserbad, in welchem das Gasometer *M* sich befand, war sehr gross; deshalb waren die Schwierigkeiten, eine constante Temperatur herzustellen, infolge der Wärmeausstrahlung erhebliche. Das Verbindungsrohr zwischen dem Diffusionsrohr und dem Gasometer war möglichst kurz hergestellt, befand sich nur theilweise in dem Wasserbade und hatte dementsprechend eine andere Temperatur als *M*. Bei der Temperatur von 60° C. war die Flüssigkeit im Diffusionsrohr beständig in sehr lebhafter Bewegung, da das Gas in *M* unaufhörlich sein Volumen infolge der Temperaturschwankungen änderte.

8. Barometerstand: 758 mm; Zimmertemperatur: 20° C. Temperatur der Flüssigkeitssäule: 29,9—30,2° C. Querschnitt der Flüssigkeitssäule: $(0,345^2 \pi)$ qcm. Länge derselben: 6,3 cm.

Zeit	ccm	<i>d</i>	Zeit	ccm	<i>d</i>
4 ^h 5'	5,40	—	4 ^h 50'	22,45	—
4 10	7,20	1,80	4 55	24,30	1,85
4 15	—	1,79	5 0	—	1,85
4 20	—	1,79	5 5	—	1,85
4 25	—	1,79	5 10	31,75	1,85
4 30	—	1,79	5 15	31,70	1,85
4 35	16,14	1,79			

Nach diesem Versuche ist:

$$\mathfrak{D}_{30} = 5,7 \quad \text{und} \quad D_{30} = 0,075.$$

Zwei weitere Versuche ergaben:

$$\mathfrak{D}_{30} = 5,51; \quad D_{30} = 0,072 \quad \text{und} \quad \mathfrak{D}_{30} = 5,44; \quad D_{30} = 0,072.$$

Beobachtungen über die Diffusion des Ammoniaks durch eine Wasserschicht bei 40° C.

10a. Barometerstand: 760 mm; Zimmertemperatur: 19° C Länge der Wassersäule: 5 cm. Querschnitt derselben $(0,205^2 \pi)$ qcm. Temperatur derselben: 39,8—40,4° C.

Zeit	ccm	A	Zeit	ccm	A
9 ^h 0'	0,50	—	9 ^h 40'	5,53	0,61
9 5	1,13	0,63	9 45	6,21	0,68
9 10	1,77	0,64	9 50	6,83	0,62
9 15	2,40	0,63	9 55	7,45	0,62
9 20	3,03	0,63	10 0	8,10	0,65
9 25	3,69	0,66	10 5	—	0,63
9 30	4,29	0,60	10 10	9,36	0,63
9 35	4,92	0,67			

Nach diesem Versuche ist:

$$\mathfrak{D}_{40} = 4,17 \text{ und } D_{40} = 0,055.$$

Zwei weitere Versuche ergaben:

$$\mathfrak{D}_{40} = 4,26; \quad D_{40} = 0,056 \quad \text{und} \quad \mathfrak{D}_{40} = 3,54; \quad D_{40} = 0,048.$$

Bezeichnen wir den Absorptionscoefficienten mit A (der an A angefügte Index deute die Temperatur an, bei welcher die Absorption erfolgt), so ergeben sich für die Absorption des Ammoniak in Wasser nach den Untersuchungen von Roscoe und Dittmar die folgenden Werthe:

$$A_0 = 1148; \quad A_{15} = 795; \quad A_{30} = 528; \quad A_{40} = 402.$$

Nach Bunsen ist

$$A_0 = 1050 \quad \text{und} \quad A_{15} = 727.$$

Das Verhältniss zwischen diesen beiden ist fast dasselbe, wie das Verhältniss zwischen den von Roscoe und Dittmar gegebenen Werthen. Bei Annahme der letzteren und des $D_{15} = 0,106$ wird durch Rechnung:

$$D_0 = 0,156; \quad D_{30} = 0,072; \quad D_{40} = 0,056.$$

Durch Beobachtung ist gefunden:

$$D_0 = 0,150; \quad D_{30} = 0,073; \quad D_{40} = 0,053.$$

Die von den verschiedenen Autoren angegebenen Absorptionscoefficienten variiren erheblich. Trotz der Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten Werthe ist mit Vorsicht das Gesetz auszusprechen, nach welchem die Stärke der Diffusion proportional ist dem Absorptionscoefficienten und ferner proportional der Wurzel aus der absoluten Temperatur.

§ 4. Diffusion des Ammoniaks durch Alkohol.

Um das Wesen der Constanten D noch näher zu prüfen sind zwei Wege vorhanden. Entweder untersuche man $\mathfrak{D}$ für

den Durchgang eines anderen Gases, etwa Kohlensäure, durch eine Wasserschicht, oder prüfe $\mathfrak{D}$ für den Durchgang des Ammoniakgases durch eine zweite Flüssigkeit, etwa Alkohol. Die Diffusion der Kohlensäure ist zu gering, um mit dem oben beschriebenen Apparate gemessen werden zu können. Ammoniak wird stark vom Alkohol absorbiert und diffundiert stark durch eine Alkoholschicht. Zu den Schwierigkeiten der Versuche, welche auf p. 556 angedeutet sind, kommt noch hinzu, dass Alkohol stärker verdampft als Wasser. Die Alkoholsäule wird also nicht bis zum Ende des Versuches dieselbe Länge behalten. Damit möglichst am Schlusse des etwa 2 Stunden dauernden Versuches die Flüssigkeit in beiden Schenkeln des Diffusionsrohres gleich hoch stand, wurde zu Anfang soviel Alkohol eingegossen, dass derselbe in dem nach dem Gasometer gelegenen Theil der Diffusionsröhre höher stand als im offenen Schenkel. Wenn nach einiger Zeit die absorbirte Menge constant wurde, so hatte in beiden Schenkeln die Flüssigkeit dieselbe Höhe und reichte auch, wie es verlangt wird, genau bis zum Rande y der Diffusionsröhre.

1 a. Barometerstand: 761 mm; Zimmertemperatur: 20° C.; Länge der Flüssigkeitssäule: 8,8 cm; Querschnitt derselben: $(0,354^2 \cdot \pi)$ qcm; Temperatur derselben: 20° C. .

Zeit	ccm	Δ pro Minute	Zeit	ccm	Δ pro Minute
9 ^h 56'	2,50	—	11 ^h 5'	—	0,202
10 1	8,50	1,20	11 10	—	0,202
10 5	13,60	1,27	11 15	35,90	0,202
10 10	—	0,62	11 20	—	0,185
10 15	19,80	0,62	11 25	—	0,185
10 20	—	0,39	11 30	—	0,185
10 25	23,70	0,39	11 35	39,60	0,185
10 30	—	0,32			
10 35	26,90	0,32	11 40	5,85	—
10 40	—	0,255	11 45	—	0,18
10 45	29,45	0,255	11 50	—	0,18
10 50	—	0,24	11 55	—	0,18
10 55	31,85	0,24	12 0	9,45	0,18
11 0	—	0,202			

$\mathfrak{D}^a$ und D^a entsprechen den früher ermittelten Grössen $\mathfrak{D}$ und D .

Es wird $\mathfrak{D}_{20}^a = 3,72$ und $D_{20}^a = 0,049$.

Die fünf angestellten Beobachtungen bei Alkoholsäulen von verschiedenem Querschnitt und verschiedener Länge haben folgende Resultate ergeben.

Beobachtung	1 a	1 b	2 a	2 b	3
$\mathfrak{D}_{20}^a$	3,72	3,75	3,48	3,40	3,60
D_{20}^a	0,049	0,049	0,046	0,045	0,047

Die Temperatur der Alkoholsäule schwankte zwischen 20° bis 20,2° C.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich für D_{20}^a der Werth 0,047.

Nach den Untersuchungen von Roscoe und Dittmar¹⁾ werden bei 15° C. 795 ccm Ammoniak, bei 20° C. 690 ccm Ammoniak von 1 ccm Wasser absorbirt. Unter Annahme dieser Werthe ergibt sich aus der auf p. 560 gegebenen Tabelle für $D_{20}^a = 0,093$, während $D_{20}^a = 0,047$ gefunden ist.

§ 5. Bestimmung des Absorptionscoëfficienten des Ammoniaks in Alkohol bei 20° C.

Es wurde benutzt ein Glasgefäß M' (Fig. 3), das oben drei Oeffnungen hatte. In die mittlere Oeffnung war mit Siegelack ein graduirtes Rohr eingekittet, das unmittelbar über der unteren Oeffnung durch einen Hahn geschlossen werden konnte. In der zweiten Oeffnung war ein Glasrohr eingekittet zum Einströmen des Ammoniaks in das Gasometer M' . Das Gas wurde in der auf p. 554 angegebenen Weise hergestellt und ebenso wie früher getrocknet. In der dritten Oeffnung der Flasche M' war ein Manometerrohr befestigt, in dessen Schenkeln sich Quecksilber befand. Bei w strömte das Gas in die Flasche ein und trat bei geöffnetem Hahn durch das graduirte Rohr aus. Wenn angenommen werden konnte, dass alle atmosphärische Luft aus M' vertrieben war, wurde bei w und t geschlossen. In beiden Schenkeln des Manometerrohres stand das Quecksilber gleich hoch. In das graduirte Rohr wurden jetzt etwa 2 ccm absoluten Alkohols gegossen, der Hahn t wurde geöffnet, und es strömte eine gemessene Menge Alkohol in die Flasche M' . Sogleich begann die Absorption, die Queck-

1) Roscoe und Dittmar, Liebig's Ann. 47. p. 321.

silbersäule bewegte sich nach dem geschlossenen Ende des Manometerrohres. Um in M' den Atmosphärendruck zu erhalten, wurde das graduirte Rohr mit Quecksilber gefüllt, durch den geöffneten Hahn strömten soviel Raumtheile Quecksilber nach M' , wie Raumtheile Ammoniak absorbirt wurden. Die Flasche M' befand sich in einem Wasserbad von 20°C .

Beobachtungen.

Temperatur	Druck	Vol. des Alkohols in ccm	Vol. des absorb. Ammoniaks red.	Absorptionskoeffizient
20°	760	0,2	68 ccm	340
$19,9^{\circ}$	761	0,2	64 „	320
19,8	758	0,2	60 „	300
20,1	762	0,3	105 „	350
20,0	760	0,3	102 „	340
20,3	759	0,3	98 „	327

Hiernach werden bei 20°C . und 760 mm Barometerstand von 1 Vol. Alkohol etwa 330 Vol. Ammoniak absorbirt.

Die Bestimmung des Absorptionscoefficienten ist noch in einer etwas abgeänderten Weise vorgenommen worden. Das Rohr w wurde fortgenommen und ersetzt durch einen Kautschukstöpsel, durch den ein Glasrohr mit Hahn führte. Vor der Füllung des Gasometers wurde eine kleine dünnwandige, mit absolutem Alkohol gefüllte Kugel an Faden in M' eingelassen. Nachdem das Gas eingeströmt war, konnte durch Schütteln der Flasche M' die Glaskugel zum Zerspringen gebracht werden. Die in der Kugel enthaltene Menge Alkohol war durch die Wage ermittelt. Die Versuchsanordnung war im übrigen unverändert.

Aus den drei in solcher Weise angestellten Beobachtungen hat sich ergeben, dass 1 Vol. Alkohol bei 20°C . etwa 350 Vol. Ammoniak absorbirt.

Beobachtungen.

Vol. des Alkohols in ccm	Vol. des absorb. Ammoniaks red.	Temperatur	Druck	Absorptionskoeffizient
0,55	175 ccm	20°	760	350
0,46	156 „	20	759	340
0,41	148 „	20	759	360

Die angegebenen Methoden geben immerhin nur einen Näherungswerth für den zu suchenden Coëfficienten. Es ist schwer die Temperatur eines Wasserbades durchaus constant zu halten. In beiden Fällen musste Alkohol im Gasometer *M'* verdampfen, das Volumen des absorbirenden Alkohols ist also im allgemeinen zu gross in Rechnung gebracht worden.

Von 1 Volumen Wasser werden bei 20° C. etwa 690 Volumen Ammoniak absorbirt, während 1 Volumen Alkohol bei 20° C. nach den angestellten Beobachtungen 340 Volumen Ammoniak in sich aufnimmt. Nahezu im Verhältniss dieser Absorptionscoëfficienten stehen die früher gefundenen Diffusionsconstanten

$$D_{20} = 0,093 \quad \text{und} \quad D_{20}^a = 0,047.$$

Es darf deshalb wohl das schon früher ausgesprochene Gesetz, nach welchem die Diffusion proportional dem Absorptionscoëfficienten wächst, als nahezu bestätigt angesehen werden.

Die vorgelegten Beobachtungen sind im physikalischen Laboratorium der technischen Hochschule zu Hannover angestellt worden. Dem Leiter dieses Laboratoriums Hrn. Prof. H. Kayser sagt der Verfasser für das ihm erwiesene Wohlwollen seinen Dank.

J. Müller.