

225. W. Will und G. Bredig: Einfache Moleculargewichtsbestimmung gelöster Substanzen.

[Aus dem I. Berliner Univ.-Laborat. No. DCCXXXI.]

(Vorgetragen in der Sitzung vom 25. März von Hrn. W. Will.)

Zu der für die Chemiker wichtigen Bestimmung der Moleculargrösse dient die Kenntniss solcher Eigenschaften der Verbindungen, welche unabhängig sind von der Zahl und Natur der sie zusammensetzenden Elemente und nur in Abhängigkeit stehen von gewissen Multiplen ihrer stöchiometrischen Mengen nämlich von der Grösse der kleinsten, selbständig denkbaren Theilchen, Eigenschaften, welche Ostwald¹⁾ als cumulative bezeichnet, weil der gleiche Werth derselben bestehen bleibt, wenn auch beliebige Anhäufung von Atomen zu bestimmten grösseren Complexen stattgefunden hat.

Als solche Eigenschaft hat sich zuerst das Gasvolum der Körper erwiesen, insofern dasselbe im Allgemeinen nur von Druck und Temperatur abhängig ist, gleichgiltig, ob im übrigen die kleinsten Theilchen desselben aus einem Atome oder beliebig vielen bestehen. Analoges gilt ferner nach neueren Forschungen auch von der Gefrierpunktserniedrigung, Dampfdruckverminderung und dem osmotischen Drucke der Lösungen, insofern der Gefrierpunkt eines Lösungsmittels, ebenso wie der Dampfdruck für je 1 Molekül eines darin gelösten Körpers um eine Constante resp. einen constanten Bruchtheil erniedrigt wird. Auch der osmotische Druck der Lösungen ist für gleiche Zahl gelöster Moleküle derselbe, gleichgiltig, aus welchen Elementen resp. welcher Zahl von Atomen die Moleküle zusammengesetzt sind. Eine zusammenfassende Darlegung dieser Analogie des gasförmigen und gelösten Zustandes findet sich in der Arbeit von van't Hoff²⁾: »Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen«. Die experimentellen Nachweise sind, abgesehen von älteren Beobachtungen³⁾, geliefert worden bezüglich der Gefrierpunktserniedrigung und des Dampfdruckes besonders durch die zahlreichen Arbeiten von Raoult⁴⁾ [veröffentlicht im Journal de Phys., Annales de Phys. et

¹⁾ Lehrbuch der allgem. Chemie I, 812 u. f.

²⁾ Zeitschr. für physik. Chem. I, 481; vergl. auch van't Hoff u. Reicher, Zeitschr. für physik. Chem. III, 198; sowie Arrhenius, ebendasselbst III, 115; Plank, ebendas. I, 577; II, 405 u. 343.

³⁾ Blagden, Dufour, Coppet, Faraday, Gay-Lussac, Babo, Wüllner, Rüdorff u. A. Vergl. Ostwald, Lehrb. der allgem. Chem. I, 403—421.

⁴⁾ Vergl. besonders Raoult, Journ. de Phys., 2. Sér., VIII, 1889, p. 1.

Chim., Compt. rend., Zeitschr. für physik. Chem. u. s. w.], für die Osmose durch die Forschungen von de Vries ¹⁾).

Zur Bestimmung von Moleculargewichten sind von diesen Thatsachen bis vor kurzer Zeit nur die gesetzmässigen Beziehungen der Gasvolumen zur stöchiometrischen Quantität verwerthet worden. Die Anwendung der Dampfdichtemessung findet jedoch Einschränkung durch die begrenzte Möglichkeit, die Verbindungen ohne Zersetzung und vollständig in Gasform überzuführen, wenn man auch Mittel gefunden hat, diese Grenzen zu erweitern.

Diese Lücke wird in neuerer Zeit auch für nicht flüchtige Körper ausgefüllt durch Messung der Gefrierpunkterniedrigung in Lösungen, die sich in den schönen Arbeiten von Raoult ²⁾, V. Meyer und K. Auwers ³⁾, Hentschel ⁴⁾, Paterno und Nasini ⁵⁾, Ostwald ⁶⁾, Beckmann ⁷⁾, Hollemann ⁸⁾, Arrhenius ⁹⁾, Eykmann ¹⁰⁾, Tollens ¹¹⁾, Fabinyi ¹²⁾, Magnanini ¹³⁾, v. Klobukow ¹⁴⁾, Luise und Roux ¹⁵⁾ u. A. zur Moleculargewichtsbestimmung bewährte.

Auch der osmotische Druck ist in vereinzeltten Fällen zu diesem Zwecke benützt worden, so von de Vries ¹⁶⁾ zur Ermittlung des Moleculargewichtes der Raffinose, die hierzu benützte physiologisch-mikroskopische Methode dürfte jedoch kaum allgemeinere Anwendung finden.

¹⁾ de Vries, Zeitschr. für physik. Chem. II, 415; III, 103.

²⁾ Citate vergl.: K. Auwers, diese Berichte XXI, 701, Anm. 5. — Ostwald, Lehrb. d. allgem. Chem. I, 415 u. f. Zeitschr. für physik. Chem. I, 186; II, 488.

³⁾ V. Meyer, diese Berichte XXI, 536; K. Auwers, diese Berichte XXI, 701; K. Auwers und V. Meyer, diese Berichte XXI, 1068.

⁴⁾ Hentschel, Zeitschr. für physik. Chem. II, 306.

⁵⁾ Paternò und Nasini, diese Berichte XIX, 2527; XXI, 3178, 2153 u. 2156; XXI, Ref. 563; XXII, 465.

⁶⁾ Ostwald, Zeitschr. für physik. Chem. II, 78.

⁷⁾ Beckmann, diese Berichte XXI, 766, 1163; Zeitschr. für physik. Chem. II, 638, 715.

⁸⁾ Hollemann, diese Berichte XXI, 860.

⁹⁾ Arrhenius, Zeitschr. für physik. Chem. I, 631; II, 491.

¹⁰⁾ Eykmann, Zeitschr. für physik. Chem. II, 964, III, 113, 203.

¹¹⁾ Tollens und seine Schüler, diese Berichte XXI, 1566, 2026, 3503, 3508.

¹²⁾ Fabinyi, Zeitschr. für physik. Chem. III, 38.

¹³⁾ Magnanini, Zeitschr. für physik. Chem. III, 347.

¹⁴⁾ v. Klobukow, Zeitschr. für physik. Chem. III, 351.

¹⁵⁾ Louise und Roux, Compt. rend. 107, 600.

¹⁶⁾ de Vries, Zeitschr. für physik. Chem. II, 415; III, 103.

Die Messung der Gefrierpunktserniedrigung hat den Vortheil vor der Gasvolummessung, dass sie auch auf nicht flüchtige Verbindungen anwendbar ist. Sie erfordert feine thermometrische Messungen ¹⁾ und leidet an analogen principiellen Schwierigkeiten, wie die Bestimmung des Moleculargewichtes aus der Dampfdichte, die einerseits auf der von Arrhenius und Ostwald nachgewiesenen electrolytischen Dissociation (in Wasser), sowie andererseits auf der Bildung von Molekülgruppen (in Benzol) beruhen.

Als brauchbarstes Lösungsmittel hat sich bis jetzt Eisessig erwiesen, da eine Reihe anderer wichtiger Flüssigkeiten, wie Alkohol und Aether, für diesen Zweck ausgeschlossen sind; bei Benzol und Wasser aber die genannten Störungen für viele Substanzen in zu hohem Grade eintreten.

Genügend frei von letzteren Uebelständen wird eine Methode sein, bei welchen alkoholische und ätherische Lösungen in Anwendung kommen, da hier, wie Raoult's Arbeiten zeigen, keine erhebliche Dissociation stattfindet und auch die Molekülgruppen fast völlig zerlegt sind. Für diese Lösungen aber ist von den genannten cumulativen Eigenschaften vorläufig nur die Dampfspannung zu verwerthen.

Die Messung des Dampfdruckes verdünnter Lösungen nach den Methoden von Faraday ²⁾, Griffiths, Legrand, Wüllner, Babo, Raoult ³⁾, Tammann ⁴⁾, Emden ⁵⁾ u. a. ist zu subtil, um sich zur Bestimmung des Moleculargewichtes gelöster Substanzen in der Laboratoriumspraxis allgemeiner verwerthen zu lassen. Um abzusehen von den übrigen eben aufgeführten Untersuchungen, wollen wir nur erwähnen, dass Raoult nach der schon früher angewandten barometrischen Methode genaue Zahlen erhielt, aber selbst ⁶⁾ mittheilt, dass sein Messungsverfahren zur Moleculargewichtsbestimmung der experimentellen Schwierigkeiten wegen im Laboratorium kaum allgemeinere Anwendung finden dürfte. Die gleichzeitig von ihm benutzte dynamische Methode mittelst Beobachtung des Siedepunktes erfordert auch feine thermometrische Messung und ist weniger genau.

¹⁾ Vergl. V. Meyer, diese Berichte XXI, 538 oben. Dagegen Beckmann, diese Berichte XXI, 768 und Tollens XXI, 1572 u. 3510.

²⁾ Vergl. Ostwald, Lehrb. der allgem. Chem. I, 403—406, 418—421.

³⁾ Raoult, Journ. de phys., Sér. 2, Tome VIII, 1 (1889), daselbst auch Angabe der übrigen Arbeiten Raoult's über Dampfdruck. Vergl. auch Zeitschr. für physik. Chem. I, 92, 519; II, 245, 853, 353.

⁴⁾ Tammann, Wiedemann's Annalen 33, 322; 36, 692. Vergl. auch Zeitschr. für physik. Chem. II, 42, 47.

⁵⁾ Emden, Wiedemann's Ann. 31, 145.

⁶⁾ Zeitschr. für physik. Chem. II, 373.

Schon Tammann ¹⁾ hat nach P.egnault's Vorgange eine leichter ausführbare Messungsmethode des Dampfdruckes durch einfache Wägung der verdunsteten Menge benutzt. Er leitete Luft über die zu messende Flüssigkeit und suchte aus der verdunsteten Menge derselben und dem Luftvolumen bei bekannter Temperatur und bekanntem Barometerdruck den Dampfdruck zu berechnen. Für reines Wasser erhielt Tammann gute Zahlen, für Lösungen dagegen stets zu niedrige Werthe des Dampfdruckes, weil in letzteren beim Verdunsten Concentrationsänderungen an der Oberfläche eintraten.

Der Fehler der Oberflächenconcentration kann, wie J. Walker ²⁾ unter Ostwald's Leitung gezeigt hat, dadurch vermieden werden, dass man die Luft durch die Lösungen leitet, was Tammann, Fehler durch die Druckschwankungen fürchtend, nicht versucht hatte. Ein Fehler, der sich herleiten würde aus der Concentrationszunahme innerhalb der Lösung durch Verdunsten des Lösungsmittels, wurde von Walker dadurch vermieden, dass man die Luft durch mehrere mit der Lösung gefüllte Kugeln perlen liess, so dass in der letzten Kugel nichts mehr verdunstete, also hier (und darauf kam es nur an) die Concentration sich nicht mehr änderte. Schaltet man hinter die Lösung einen gleichen Apparat (Walker benutzte Liebig'sche Kugelapparate), der mit dem reinen Lösungsmittel gefüllt ist, so wird, wenn derselbe Luftstrom, also dasselbe Luftvolumen, bei gleicher Temperatur durch beide geleitet wird, die durch Verdunstung erzeugte Gewichtsabnahme des ersten Apparates proportional dem Dampfdruck der Lösung, die des zweiten proportional der Differenz aus dem Dampfdrucke des reinen Lösungsmittels und dem der Lösung sein.

Aus diesen Wägungen also lässt sich die relative Dampfdruckverminderung berechnen. Die Versuche Walker's wurden nur mit wässerigen Lösungen ausgeführt, in welchen zumeist starke elektrolytische Dissociation herrscht, d. h. die Moleküle mehr oder minder in ihre Ionen zerfallen sind. Deshalb konnte bei diesen Versuchen keine Constante für die moleculare Dampfdruckverminderung des Wassers durch gelöste Körper erhalten werden, aber es war, wie Walker schreibt, »hier eine Methode gegeben, um die theoretisch so wichtigen Dampfdrucke der Lösungen bei niederen Temperaturen und an verdünnten Flüssigkeiten mit einer Genauigkeit zu bestimmen, welche zur Zeit in diesem Gebiete von keiner andern erreicht wird.«

Mit Rücksicht auf die Bequemlichkeit und Genauigkeit dieser Messungsmethode schien uns ihre allgemeine Anwendung zur ein-

¹⁾ Wiedemann's Annalen 33, 322. — Zeitschr. f. physik. Chem. II, 436.

²⁾ J. Walker, Zeitschr. für physik. Chem. II, 602; s. a. die vorläufige Notiz von W. Ramsay ebend. III, 359.

fachen Moleculargewichtsbestimmung erwünscht und möglich, wenn sie brauchbar war für Lösungsmittel wie Alkohol, Methylalkohol, Aether und andere, für welche Raoult¹⁾, wie schon erwähnt, gezeigt hat, dass in ihnen die gelöste Substanz nicht erheblich dissociirt ist und keine Molekülgruppen bildet.

Im Einverständniss mit Hru. Prof. Ostwald haben wir diesen Gegenstand eingehender experimenteller Prüfung unterworfen und geben hier unter Weglassung der zahlreichen Versuche, welche wir angestellt haben, um ein wägbares Absorptionsmittel für das verdunstete Lösungsmittel oder die Bedingungen völliger Sättigung in kürzester Versuchszeit zu finden und mit dem Vorbehalte, später auf diese Versuche zurückzukommen, die uns jetzt als die bequemste und zuverlässigste erscheinende Form der skizzirten Moleculargewichtsbestimmung.

Ausführung der Methode:

Nach Versuchen mit Aether, für welchen sich bei näherer Prüfung theoretische wie praktische Schwierigkeiten²⁾ ergaben, haben wir vorläufig die Anwendung von Alkohol als Lösungsmittel erprobt und an Stelle der Absorption der verdunsteten Mengen, wie sie J. Walker anwendet, die Wägung der Verdunstungsapparate vorgezogen. Der zu unseren Versuchen benützte absolute Alkohol wurde in der Weise erhalten, dass man absoluten Alkohol (99.8 pCt.) von Kahlbaum nochmals über gebrannten Kalk destillirte. Derselbe wurde vor Feuchtigkeit geschützt aufbewahrt.

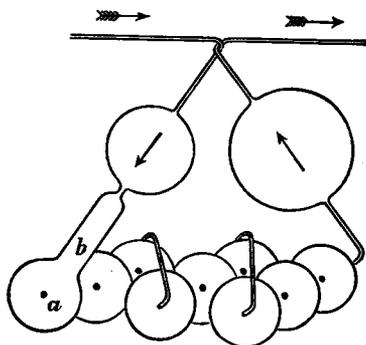
Die Ausführung einer Molecularbestimmung war folgende: Ein langsamer Luftstrom passirte der Reihe nach einen Trockenapparat, eine Bleirohrspirale, einen mit der zu untersuchenden Lösung von bekanntem Procentgehalt angefüllten gewogenen Kugelapparat, einen zweiten gewogenen Kugelapparat, der mit dem reinem Alkohol gefüllt war, ein kleines leeres U-Röhrchen und eine mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Waschflasche. Trockenapparat, Bleirohrspirale, die beiden Kugelapparate und U-Röhrchen waren in ein Wasserbad getaucht, in welchem ein einfaches Rührwerk, durch eine Raabe'sche Turbine getrieben, in allen Theilen gleiche Temperatur erhielt. Die Temperatur schwankte während eines Versuches nur etwa innerhalb eines Grades und betrug bei unseren Versuchen 10—12°. Der Luftstrom, den man am bequemsten durch zwei grosse (50 L.) zu einem Druckapparat combinirte

¹⁾ Compt. rend. 107, 442, 1888; Zeitschr. für physik. Chem. II, 353, 853.

²⁾ Vielleicht dürfte für ätherische Lösungen die ziemlich einfache und anscheinend genaue statische Methode von Loeb (Zeitschr. f. physik. Chem. II, 606) allgemeine Verwendung finden.

oder als Aspiratoren eingerichtete Säureballons¹⁾ erzeugte, wurde so regulirt, dass die Luftblasen in der Waschflasche etwa so rasch gingen, wie bei einer Verbrennung. Es passirt dann ungefähr 1 L Luft pro Stunde. Nachdem man die Luft so ungefähr 24 Stunden hindurchgeleitet hat, nimmt man die beiden Kugelapparate aus dem Wasser, trocknet sie und bestimmt durch Wägung ihre Gewichtsabnahme. Die Trocknung geschieht am leichtesten und schnellsten, wenn man sie ohne Abwischen, verschlossen, äusserlich mit absolutem Alkohol und dann mit Aether abspült und ungefähr 10 Minuten in der Luft frei hängen lässt. Die Kugelapparate wurden auch vor Beginn des Versuches, also vor der ersten Wägung, ebenso behandelt. Die Bleirohrspirale hat den Zweck, die Luft vor ihrem Eintritte in die Kugelapparate schon auf die Temperatur derselben zu bringen, das U-Röhrchen hat die Bestimmung, falls die äussere Luft kälter sein sollte, als das Wasserbad, etwa ausserhalb desselben sich wiederverdichtende und zurückfliessende Alkoholtröpfchen nicht wieder in die gewogenen Apparate gelangen zu lassen.

Die Letzteren sind Liebig'sche Apparate, die aber behufs völliger Sättigung der durchgeleiteten Luft statt der unteren drei Kugeln, deren neun besitzen, wie nachstehende Zeichnung zeigt.



Grösse: $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$.

In die erste Kugel (a) muss die Luft oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche eintreten, damit sich das Zuführungsrohr bei der Molekularbestimmung fester Substanzen nicht durch Ausscheidung von Krystallen verstopfe. Letzteres ist daher auch dem obersten Theile dieser Kugel in tubusartiger Form (b) angefügt und nicht seitlich, wie dies sonst üblich ist. Im Uebrigen gelten die schon von Walker (loc. cit.) angegebenen Vorsichtsmaassregeln.

¹⁾ Man hat alsdann, wenn die Ballons mittelst eines Literkolbens roh calibriert sind, in der an einem heberförmigen Wasserstandsrohr ablesbaren ungefähren Menge der durchgesaugten Luft ein Kriterium, wann eine gut wägbare Alkoholmenge verdunstet ist und daher der Versuch beendet werden kann.

Die Apparate sind von Warmbrunn, Quilitz & Co., Berlin C., Rosenthaler-Strasse 40, zu beziehen.

Die

Berechnung der Versuche

geschieht in folgender Weise: Ist

m das Moleculargewicht des Lösungsmittels (für Alkohol ist $m = 46$),

p die Anzahl Gramme gelöster Substanz auf 100 Gramme des Lösungsmittels (des Alkohols),

s' die Abnahme des mit der Lösung gefüllten Kugelapparates,

s'' die Abnahme des mit dem reinen Lösungsmittel (Alkohol) gefüllten Kugelapparates,

f' der Dampfdruck der Lösung,

f der Dampfdruck des reinen Lösungsmittels (Alkohols),

} bei derselben Temperatur,

M das zu suchende Moleculargewicht des gelösten Körpers,

so gilt nach Raoult die Gleichung 1):

$$M = m \cdot p \cdot 0.01 \frac{f'}{f - f'} \quad 1).$$

Ferner gilt für unsere Versuche die Gleichung

$$\frac{f'}{f - f'} = \frac{s'}{s''} \quad 2).$$

Aus Gleichung 1) und 2) erhält man Gleichung

$$M = m \cdot p \cdot 0.01 \frac{s'}{s''} \quad 3),$$

die für Alkohol übergeht in die Form

$$M = \frac{46 \cdot p \cdot s'}{100 s''} \quad 4).$$

Mithin kann man nach Gleichung 4) M berechnen aus den allein durch Wägung zu bestimmenden Grössen p , s' und s'' .

Nachstehende Tabelle giebt einige derartige Versuche wieder:

Name des gelösten Körpers	p	s' in Gramm.	s'' in Gramm.	M		Const. = $\frac{100 M s''}{46 \cdot p s'} = 1.00$
				Gef.	Ber.	
Nitrobenzol	8.914	2.0340	0.0635	122	123	1.01
$C_6H_5NO_2$	—	1.2735	0.0410	127	—	0.97
Acetamid	10.953	0.6073	0.0525	58	59	1.01
$CH_3 \cdot CONH_2$						

1) Vergl. Raoult, Zeitschr. für physik. Chem. II, 372, 369; I, 521.

Name des gelösten Körpers	p	s' in Gramm.	s'' in Gramm.	M		Const. = $\frac{100 M s''}{46 \cdot p s'} = 1.00$	
				Gef.	Ber.		
Benzoësäure- Aethylester	7.394	1.6510	0.0410	137	150	1.10	
$C_6H_5 \cdot COOC_2H_5$		2.1585	0.0515	143	—	1.05	
Benzoësäure	9.303	1.8315	0.0731	107	122	1.14	
$C_6H_5 \cdot COOH$		1.7541	0.0695	108	—	1.13	
Pikrinsäure	3.554	2.3432	0.0145	264	229	0.87	
$C_6H_2(NO_2)_3OH$		—	—	—	—	—	
Diphenylamin	9.411	1.9380	0.0550	153	169	1.11	
$(C_6H_5)_2NH$		—	1.5250	0.0453	146	—	1.16
Atropin	10.985	1.4670	0.0270	275	289	1.05	
$C_{17}H_{23}NO_3$		—	1.6791	0.0340	250	—	1.16
Hyoseyamin	10.721	2.0173	0.0378	263	289	1.10	
$C_{17}H_{23}NO_3$		—	—	—	—	—	
Formamid	10.026	1.1568	0.1083	49	45	0.91	
$HCONH_2$		—	0.9590	0.0880	50	—	0.90
Salicylsäure- Aethylester	16.531	1.8435	0.0748	187	166	0.89	
$C_6H_4(OH)CO_2C_2H_5$		—	1.4325	0.0577	189	—	0.88
Urethan	11.419	1.3040	0.0785	87	89	1.02	
$NH_2 \cdot CO \cdot OC_2H_5$		—	1.3815	0.0800	91	—	0.98
Harnstoff	3.458	0.9675	0.0255	60	60	0.99	
$CO(NH_2)_2$		—	1.4545	0.0377	61	—	0.98
Vanillin	5.207	1.6895	0.0312	130	152	1.17	
$C_6H_3(OH)(OCH_3) \cdot COH$		—	1.5930	0.0283	135	—	1.13
Acetovanillon ¹⁾	6.033	2.6935	0.0518	144	166	1.15	
		—	1.5852	0.0267	165	—	1.01
		$C_6H_3(OH)(OCH_3)(COCH_3)$	7.664	1.6440	0.0370	157	—
		—	1.4178	0.0320	156	—	1.06

¹⁾ Dieser neue Körper wurde von den HHrn. Tiemann und Neitzel im hiesigen Laboratorium dargestellt und wird nebst anderen Derivaten demnächst von denselben in einer besonderen Mittheilung beschrieben werden.

Die beobachteten Abweichungen betragen, wie aus der letzten Columnne ersichtlich ist, im Mittel ungefähr 8 pCt. des normalen Werthes, ein Fehler, der nahezu der Schwankung der Raoult'schen Constanten gleicht; die angegebene Methode genügt daher völlig, ebenso wie die Gefrierpunktmessung zur Ermittlung des dem Moleculargewicht entsprechenden Multiplums der stöchiometrischen Quantität. Es lässt sich wahrscheinlich sogar das Moleculargewicht einer ganzen Reihe von Substanzen in einer Operation bestimmen, da nach vorläufigen Versuchen die Verdunstung aus Lösungen ein umkehrbarer Vorgang ist ¹⁾, und dabei hat die Methode den Vorzug, dass sie, ohne dass es eines kostbaren Apparates bedarf, leicht auszuführen ist, so dass sie ohne besondere Uebung und Sorgfalt in den Händen jedes Praktikanten gute Resultate liefern dürfte.

Wir behalten uns vor, demnächst eine grössere Reihe von Messungen (auch bei verschiedenen Concentrationen) dieser Notiz folgen zu lassen, auch Versuche mitzuthellen, welche bezwecken, die Methode für kürzere Versuchsdauer [durch Anwendung von Wasserstoff statt Luft ²⁾ oder vielleicht auch höherer Temperatur] und für geringere Substanzmengen (durch Umkehrung der Verdunstung oder Anreicherung der Luft mit Alkoholdampf vor Eintritt in die Lösung) sowie für andere Lösungsmittel, brauchbar zu machen.

226. F. Mylius und F. Foerster: Ueber die Löslichkeit von Glas in Wasser.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 25. Februar von F. Mylius.)

Es ist eine den Chemikern wohlbekannte Thatsache, dass das Glas in Wasser löslich ist, und jeder Analytiker hat damit zu rechnen. Zumal bei genaueren Analysen können die aus dem Glase stammenden Verunreinigungen der Niederschläge sehr störend sein. Stas³⁾ hat es darum bei der Revision der Atomgewichte für nöthig gehalten, die zu seinen Versuchen erforderlichen Gefässe aus einem besonders widerstandsfähigen Glase herstellen zu lassen.

Seit jener Zeit ist in chemischen Zeitschriften die Löslichkeit des Glases oft besprochen worden, und die Fehler, welche daraus für die

¹⁾ Vergl. Zeitschr. für physik. Chem. III, 46 u. 141; Ref. 1, 47.

²⁾ Vergl. Winkelmann: Wiedemann's Ann. 22, 31.

³⁾ Stas, Chem. News 17, 1.