

Ein Beitrag zur Kenntniss der Löslichkeit der Alkalisalze in Alkohol.

Von

Johann Nicolaus Zeitler.

(Vorgelegt am 14. Juli 1879.)

Allgemein anerkannt ist bei dem jetzigen Stande unserer Naturwissenschaft die Bedeutung der Löslichkeit chemischer Verbindungen. Medicin, Technologie und analytische Chemie insbesondere geben in dieser Hinsicht Anlass zu Untersuchungen und Erörterungen. Trotzdem aber hat die Literatur auf diesem Gebiet noch nicht die Reichhaltigkeit erlangt, wie sie wohl wünschenswerth wäre und in manchen anderen Specialfragen auch bereits erreicht ist. Und so sollte denn mir, auf Veranlassung des seinen Schülern und der Wissenschaft leider zu früh entrissenen Professors Dr. Gorup von Besanez, meines hochverehrten Lehrers, vergönnt sein, Untersuchungen auf diesem Gebiete anzustellen, deren Resultate unter Anführung der einschlägigen Literatur in Nachfolgendem kurz zusammengefasst sind. Bisher wurden bei den in Rede stehenden Untersuchungen folgende Methoden angewandt:

P. Kremers, von dem wir eine sehr ausführliche Arbeit über Löslichkeit der Salze bei gewöhnlicher Temperatur in Wasser haben (Annalen der Chemie und Physik von Poggendorff Bd. XCII. 497), wandte bei seinen Versuchen stets die Methode der Abkühlung an, indem er so, wie er sagt, sicher ist, eine vollständig gesättigte Lösung zu erhalten. Dieselbe Methode wandte auch Poggiale (Annales de chim. et phys. (3) 8 467) bei seinen Versuchen an. In einer früheren Abhandlung über Löslichkeit (Poggendorffs Annalen 85. 41) erklärt Kremers die Methode der Abkühlung, gegenüber der Methode der Erwärmung, wenigstens für gewisse Fälle als die bessere.

Nach Gay-Lussac (Annales de chim. et phys. (3) 8. 465) erhält man eine vollständig gesättigte und keineswegs übersättigte Salzlösung, gleichgültig, ob man die Methode der Erwärmung

mung oder die der Erkaltung anwendet, wenn man nur schliesslich die Salzlösungen während dreier Stunden constant bei der Versuchstemperatur erhält und dabei öfter umrührt. Poggiale wandte, wie schon erwähnt, die Erkaltungsmethode an, und wenn er auch, wie Kremers bemerkt, in der Veröffentlichung seiner Arbeit nicht ausdrücklich angibt, dass er die Salzlösung schliesslich während 3 Stunden constant bei der Versuchstemperatur erhalten, so geht doch aus der ganzen Darstellungsweise hervor, dass er genau nach der Vorschrift von Gay-Lussac (Annales de chim. et phys. (3) 8. 465) verfuhr.

Kremers theilt ferner mit (Poggendorffs Annalen Bd. 97. 2), dass auch er bei seinen bisher veröffentlichten Versuchen über Löslichkeit die Erkaltungsmethode anwandte, aber ohne die Lösung während 3 Stunden bei der Versuchstemperatur zu erhalten; vielmehr liess er die heiss gesättigten Salzlösungen unter mehr oder weniger häufigem Schütteln auf die Versuchstemperatur erkalten und bestimmte alsdann sogleich den Gehalt an Salz. Uebrigens glaubt er, dass die auf diesem Wege gewonnenen Resultate nicht ganz genau, sondern in Folge von Uebersättigung etwas zu hoch seien, wesshalb auch nicht streng vergleichbar mit den Resultaten von Gay-Lussac und Poggiale. Kremers stellte, um zu sehen, welche von den 3 nachgenannten Methoden die beste sei, vergleichende Versuche an, indem er

1) Salzlösungen analysirte, unmittelbar, nachdem sie unter mehr oder weniger häufigem Schütteln bis auf eine bestimmte Temperatur erkaltet waren;

2) stellte er Versuche an, bei welchen er die Salzlösungen nach dem Kochen noch während einer Stunde bei einer bestimmten Temperatur unter lebhaftem Schütteln erhielt;

3) machte er weitere Versuche, bei denen er die Salzlösungen mehrere Stunden bei der Temperatur von 0° C. stehen liess und dieselbe von Zeit zu Zeit nur soviel bewegte, als eben nöthig war, das geschmolzene Eis zu entfernen.

Die Resultate der ersten und zweiten Methode weichen bisweilen sehr bedeutend von einander ab. Die Werthe der zweiten und dritten Versuchsmethode sind als gleich zu betrachten. Kremers schliesst, gestützt auf diese Versuche, dass die Curven, wie man sie nach einstündigem lebhaftem Schütteln der Salzlösung erhält, mit denen identisch sind, welche

Gay-Lussac als die 'der gewöhnlichen Sättigung entsprechenden bezeichnet. Bezüglich der Schlüsse, welche Kremers aus seinen Resultaten zieht, sei auf die Abhandlungen in Poggendorffs Annalen verwiesen, zu welchen ausser den bereits angeführten noch die in genannten Annalen Bd. 99 S. 25 hinzukommt. Die Abhandlungen Kremers über die Löslichkeit von Salzen in Wasser sind auch in den Jahresberichten für Chemie 1856, 274 kurz erwähnt.

G. J. Mulder (Bijdragen tot de geschiedenis van het scheikondig gebonden water. Rotterdam, 1864; in Scheik. Onderz III. deel, derde stuk) schreibt über neue Löslichkeitsbestimmungen einer grossen Zahl von Salzen in Wasser und bespricht kritisch die bis jetzt für die Bestimmungen in Anwendung gebrachten Methoden und die von anderen Forschern erhaltenen Resultate. Da mir die Abhandlung Mulders leider nicht zur Disposition steht, ist vorstehende Notiz aus dem Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie 1864, 92 entnommen, wo der Inhalt der Abhandlung Mulders kurz erwähnt ist.

Alluard (Compt. rend. LIX. 500; Instit. 1864, 324; Bull. soc. chim. [2] III. 5. Annalen der Chemie und Pharmacie CXXXIII. 292; Jahresbericht für Chemie 1863, 62 und 1864, 93) machte Löslichkeitsbestimmungen bei höherer Temperatur und stellte seine Lösungen dar, indem er die Flüssigkeit mit der festen Substanz bei einer höheren Temperatur sättigte, die Lösung nachher mehrere Stunden in einem Bade von der Temperatur, für welche die Löslichkeit bestimmt werden sollte, erhitzte, die Flüssigkeit von den ausgeschiedenen Krystallen mittelst einer heberartigen Vorrichtung abgoss und endlich abermals erhitzte. Der zur Bestimmung dienende Antheil wurde auf dieselbe Weise (ohne zu filtriren) entnommen. Eine der neuesten Untersuchungen über Löslichkeitsbestimmungen von Salzen in Wasser lieferte Limpricht (Berliner Berichte Bd. VIII. 350). Er zeigt, dass es nicht genügt, eine Lösung nur einige Tage bei constanter Temperatur stehen zu lassen, und dann in einem gemessenen Volumen den Gehalt an Gelöstem fest zu stellen, indem nach Wochen immer noch Substanz von der Lösung auskrystallisirt. Auf die Veröffentlichung genannter Arbeit hin, sah sich V. Mayer veranlasst (Berliner Berichte Bd. VIII. 998), seine von ihm angewandte Methode be-

kannt zu machen, nach welcher es ganz gleichgültig ist, ob man die Substanz nach dem Erkalten zwei Stunden oder tagelang stehen lässt; man erreicht also in wenig Stunden und mit geringem Materialaufwand dasselbe, was Limpricht's Verfahren erst in 3—4 Wochen, mit Aufwendung vieler hundert Cubikcentimeter der Lösung, erlangt. Was die nähere Beschreibung der Methoden von Limpricht und V. Mayer betrifft, so sei auf oben genannte Abhandlungen in den Berliner Berichten verwiesen. Die Methode für Löslichkeitsbestimmungen bei höherer Temperatur von V. Mayer (Berliner Berichte Bd. VIII. 1000) wandte ich mit einigen Modificationen zur Bestimmung der Löslichkeit anorganischer Salze bei 77,5°C. an und wird dieselbe im Laufe der Abhandlung näher beschrieben werden.

Nach Erwähnung der wichtigsten Methoden der Löslichkeitsbestimmungen von Salzen in Wasser sei in Kürze auch auf die Untersuchungen hingewiesen, welche über Löslichkeit von anorganischen Salzen in Alkohol gemacht wurden. Eine Angabe darüber finden wir in den Annalen der Chemie und Pharmacie CXVIII. 362 und in dem Jahresbericht für Chemie 1861, 87 von Hugo Schiff, welcher durch Versuche anderer Art dazu gedrängt wurde, Löslichkeitsbestimmungen von anorganischen Salzen in Alkohol auszuführen, worüber er Angaben in der Literatur nicht vorfand. Er bedurfte für seine Arbeit Kenntniss der Löslichkeit verschiedener Salze in wässrigem Alkohol, welchen er derart bereitete, dass er, von destillirtem Weingeist vom spec. Gewicht 0,835 — entsprechend 85 Gewichtsprocenten — ausgehend, denselben mittelst einer in $\frac{1}{10}$ cc. getheilten und geprüften Quetschhahnbürette mit den entsprechenden Quantitäten Wassers verdünnte und zur Controle nochmals das spec. Gewicht bestimmte.

Die Methode, welche Schiff anwandte, ist folgende: Die Menge gelöster Substanz wurde auf die Weise bestimmt, dass man einen mit Quarzsand zu $\frac{2}{3}$ angefüllten Platintiegel bis zum Niveau des Sandes mit der Lösung füllte und über freiem Feuer unter Einschaltung eines Drahtnetzes eindampfte. Bei einiger Vorsicht hat man durchaus kein Spritzen zu befürchten. Zu den einzelnen Versuchen nahm man sehr verschiedene Mengen Lösung, aber nicht unter 3 und nicht über 10 gr. Auf die Resultate, welche Schiff durch dieses Verfahren erhielt, werde ich später zurückkommen.

H. Kopp schreibt über die Löslichkeit des Chlornatriums in verschieden procentigen Alkohol (Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 40 S. 206), welche Resultate nicht mit denen von Schiff übereinstimmen, wie Schiff in seiner Abhandlung selbst erwähnt.

Eine weitere Arbeit über Löslichkeit von Salzen in Weingeist lieferte A. Gerardin (Jahresbericht für Chemie 1865 S. 64; Annales de chem. et phys. [4] V. 129; Zeitschrift der Chemie 1865, 752; Jahresbericht 1862, 57), welcher bei seinen Versuchen nach der Gay-Lussac'schen Methode verfuhr. Was das Nähere über Gerardins Arbeit betrifft, so sei wegen Mangel an Raum auf die Abhandlung selbst verwiesen.

Bevor nun die, bei folgenden Versuchen, angewandte Methode beschrieben wird, sei kurz bemerkt, wie man die anorganischen Salze, deren Löslichkeit bestimmt wurde, chemisch rein gewann und bei den Versuchen anwandte.

Die chemische Reinheit wurde durch Umkrystallisiren käuflicher Salze erzielt oder, wo das nicht möglich war, wie z. B. beim Chlornatrium stellte man sie aus chemisch reinen Substanzen her. Um sich von ihrer Reinheit zu überzeugen, unterwarf man jedes der Salze einer genauen qualitativen Analyse. Die so erhaltenen chemisch reinen, fein gepulverten, krystallwasserfreien Salze wurden bei 100⁰C. bis zum constanten Gewicht getrocknet und dann, nachdem sie im Exsiccator erkaltet waren, zu den betreffenden Versuchen angewandt.

Das kohlen saure Natrium wurde zu den Bestimmungen nicht als wasserfreies Salz angewandt, sondern mit den darin enthaltenen 10 Molekülen Krystallwasser, indem man einfach das fein zerriebene Salz zwischen Filtrirpapier gut auspresste, d. h. lufttrocken machte und es dann sofort zum Versuch anwandte.

Zu den nachstehenden Resultaten, welche die Löslichkeitsbestimmungen von 10 Salzen in verschiedenprocentigem Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur darstellen, gelangte ich auf folgende Weise:

Das gepulverte und getrocknete Salz wurde in ein trockenes, ungefähr 50 Cubikcentimeter fassendes Kölbchen gebracht, mit circa 20 gr. des betreffenden Alkohols, in welchem die Löslichkeit des Salzes bestimmt werden sollte, übergossen, gut verkorkt und dann circa 48 Stunden unter öfterem Schütteln in

einem Raum ohne bedeutenden Temperaturwechsel stehen gelassen. Nach 48 Stunden wurde die Lösung unter genauer Beobachtung der Temperatur durch ein schwedisches Faltenfilter in einem vorher getrockneten Trichter in ein trockenes und gewogenes Kölbchen filtrirt und dann das Kölbchen mit der Lösung abermals gewogen. Auf diese Weise erhielt man also die Menge der gesättigten Lösung, die in eine gewogene Platinschale gebracht und verdampft wurde, worauf der Verdampfungsrückstand mit der Platinschale wieder gewogen wurde. Zieht man nun das Gewicht der Platinschale von dem der Platinschale plus Verdampfungsrückstand ab, so erhält man das Gewicht der in der Lösung enthalten gewesenen Substanz. Aus dem Gewicht der angewandten Lösung und dem Gewicht des Verdampfungsrückstandes, lässt sich nun leicht berechnen, wie viel von dem betreffenden Salz in 100 Theilen des angewandten Alkohols bei einer bestimmten Temperatur löslich ist. Bei der Verdampfung muss man sehr vorsichtig sein, weil der Alkohol leicht umhergeschleudert wird und so z. B. ein Wasserbad nicht gut angewendet werden kann. Ich bewerkstelligte die Verdampfung, indem ich an einem eisernen Stativ zwei Ringe anbrachte, welche sich senkrecht über einander in einer Entfernung von circa 1 dem. befanden. Auf beide Ringe wurden Drahtnetze gelegt und auf das obere Drahtnetz die Platinschale gestellt, welche durch einen Trichter von Staub geschützt war. Auf diese Weise kommt es, bei nicht zu starker Flamme oder bei genügender Entfernung der Drahtnetze, nie vor, dass etwas von der Substanz durch Spritzen verloren geht.

Um mich zu überzeugen, ob meine durch vorstehende Methode erhaltenen Resultate auch wirklich richtig sind und nicht vielleicht ungesättigte Lösungen zur Anwendung kamen, stellte ich vergleichende Versuche an, indem ich von salpetersaurem Natrium drei Versuche auf eben beschriebene Weise in 60% Alkohol ausführte, welche folgende Resultate ergaben:

| | | | |
|------------|-------|-------|--------------------------|
| I. Versuch | 17°C. | 7,815 | Thl. in 100 Thl. Alkohol |
| II. | 17°C. | 7,655 | " " " " " |
| III. | 17°C. | 7,789 | " " " " " |

Die Uebereinstimmung ist gewiss genügend. Um nun zu sehen, ob man es auch wirklich mit gesättigten Lösungen zu thun hatte, brachte man eine beliebige Menge salpetersaures Natrium (natürlich muss immer ein Ueberschuss von Substanz,

d. h. mehr als das Lösungsmittel aufzunehmen im Stande ist, vorhanden sein) in ein Kölbchen, das mit einem durchbohrten Kork versehen ist, in welcher Oeffnung sich luftdicht verschlossen eine circa 2 Meter lange Glasröhre befindet, welche als Rückflusskühler dient, damit der Alkohol seinen gewünschten Concentrationsgrad behält. In das Kölbchen brachte man ausserdem circa 20 gr. des Lösungsmittels und erhitzte hierauf den Inhalt unter öfterem Schütteln 15 Minuten bis fast zum Kochen. Nachdem man so sicher war, eine gesättigte Lösung zu haben, liess man dieselbe bis auf die Zimmertemperatur unter häufigem Umschütteln erkalten und führte dann den Versuch, wie die obigen Versuche aus. Die Resultate, welche dabei erhalten wurden, sind folgende:

| | | | |
|------------|--------|--------|--------------------------|
| I. Versuch | 17° C. | 7,7900 | Thl. in 100 Thl. Alkohol |
| II. „ | 17° C. | 7,9200 | „ „ „ „ „ |

wie man sieht, stimmen diese Versuche nicht allein unter sich, sondern auch mit den obigen ziemlich genau.

Gleiche Versuche, wie mit salpetersaurem Natrium, wurden auch mit Bromkalium in 80% Alkohol angestellt, bei welchen man ebenfalls zu ziemlich übereinstimmenden Resultaten gelangte, wie folgende Zahlen beweisen mögen.

1) Versuche, ohne zu erhitzen nach 48 stündigem Stehen.

| | | | |
|------------|----------|--------|--------------------------|
| I. Versuch | 13,5° C. | 1,1248 | Thl. in 100 Thl. Alkohol |
| II. „ | 12° C. | 1,0911 | „ „ „ „ „ |

2) Versuche, bei welchen die Lösung 15 Minuten bis fast zum Sieden erhitzt und dann unter öfterem Schütteln 14 Tage im Keller gestanden ist:

| | | | |
|------------|----------|--------|--------------------------|
| I. Versuch | 12,5° C. | 1,0845 | Thl. in 100 Thl. Alkohol |
| II. „ | 14,5° C. | 1,1602 | „ „ „ „ „ |

Auch aus diesen Resultaten ersehen wir, dass es sich gleich bleibt, ob man die Lösung bei höherer Temperatur sättigt und dann auf die Versuchstemperatur erkalten, oder ob man die Sättigung bei der Versuchstemperatur vor sich gehen lässt.

Mit Kaliumchlorat, das ich ebenfalls zu vergleichenden Versuchen anwandte, gelangte ich, wie bei salpetersaurem Natrium und Bromkalium, zu genügend stimmenden Resultaten.

Gestützt auf vorstehende Zahlen, welche die Brauchbarkeit der eben beschriebenen Methode beweisen mögen, wandte ich

dieselbe bei allen meinen Bestimmungen bei gewöhnlicher Temperatur an und gelangte damit zu folgenden Resultaten:

| Temp. nach C. | Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. | Differenz. | Arithm. Mittel. |
|---|-------------------------------------|------------|-----------------|
| Löslichkeit in 99 ⁰ / ₀ Alkohol nach Richter. | | | |
| Chlornatrium. | | | |
| 19,5° | 0,0820 | 0,0010 | |
| 20,5° | 0,0830 | 0,0030 | 0,0840 |
| 23,5° | 0,0860 | 0,0040 | |
| Salpetersaures Kalium. | | | |
| 20° | 0,0431 | 0,0072 | |
| 19,75° | 0,0359 | 0,0015 | 0,0388 |
| 20,25° | 0,0374 | 0,0057 | |
| Kaliumchlorat. | | | |
| 26° | 0,0268 | 0,0072 | |
| 25,75° | 0,0196 | 0,0030 | 0,0210 |
| 26,25° | 0,0166 | 0,0102 | |
| Bromkalium. | | | |
| 26° | 0,1530 | 0,0010 | |
| 26° | 0,1520 | 0,0020 | 0,1530 |
| 26° | 0,1540 | 0,0010 | |
| Chlorkalium. | | | |
| 25° | 0,0464 | 0,0063 | |
| 25° | 0,0401 | 0,0031 | 0,0432 |
| 25° | 0,0432 | 0,0032 | |
| Kaliumsulfat. | | | |
| 26° | 0,0113 | 0,0000 | |
| 26° | 0,0113 | 0,0043 | 0,0127 |
| 26° | 0,0156 | 0,0043 | |
| Natriumnitrat. | | | |
| 22° | 0,2380 | 0,0110 | |
| 22° | 0,2490 | 0,0015 | 0,2448 |
| 22° | 0,2475 | 0,0095 | |
| Natriumcarbonat + 10H ₂ O. | | | |
| 12° | 0,0391 | 0,0085 | 0,0348 |
| 12° | 0,0306 | | |

| Temp. nach C. | Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. | Differenz. | Arithm. Mittel. |
|------------------------|-------------------------------------|------------|-----------------|
| Chlorammonium. | | | |
| 15° | 0,5303 | | |
| 15° | 0,5200 | 0,0103 | 0,5251 |
| Ammoniumsulfat. | | | |
| 16,5° | 0,0154 | | |
| 16,5° | 0,0120 | 0,0034 | 0,0137 |

Zu Vorstehendem sei bemerkt, dass die Löslichkeit des Natriumcarbonats ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$), des Chlorammoniums (NH_4Cl) und des Ammoniumsulfats ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) nicht in 99, sondern in $98\frac{1}{2}\%$ Alkohol bestimmt wurde.

Löslichkeit in 90% Alkohol.

| | | | |
|--|--------|--------|--------|
| Chlornatrium. | | | |
| 15° | 0,1755 | | |
| 14° | 0,1803 | 0,0048 | 0,1779 |
| Kaliumnitrat. | | | |
| 12° | 0,0591 | | |
| 12° | 0,0617 | 0,0026 | 0,0604 |
| Kaliumchlorat. | | | |
| 17° | 0,0248 | | |
| 16° | 0,0244 | 0,0004 | 0,0246 |
| Bromkalium. | | | |
| 15,5° | 0,2970 | | |
| 15,5° | 0,2648 | 0,0322 | 0,2809 |
| Chlorkalium. | | | |
| 14,5° | 0,0664 | | |
| 14,5° | 0,0616 | 0,0048 | 0,0640 |
| Kaliumsulfat. | | | |
| 15° | 0,0182 | | |
| 15° | 0,0150 | 0,0032 | 0,0166 |
| Natriumnitrat. | | | |
| 15,5° | 0,4514 | | |
| 14,5° | 0,4246 | 0,0268 | 0,4380 |
| Natriumcarbonat + 10H₂O. | | | |
| 15° | 0,0665 | | |
| 15° | 0,0600 | 0,0065 | 0,0632 |

| Temp. nach C | Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. | Differenz. | Arithm. Mittel. |
|--|-------------------------------------|------------|-----------------|
| Chlorammonium. | | | |
| 14° | 1,0363 | | |
| 14° | 1,0003 | 0,0360 | 1,0183 |
| Ammoniumsulfat. | | | |
| 16° | 0,0233 | | |
| 15,5° | 0,0170 | 0,0063 | 0,0201 |
| Löslichkeit in 80% Alkohol. | | | |
| Chlornatrium. | | | |
| 12° | 0,6730 | | |
| 12° | 0,6470 | 0,0260 | 0,6600 |
| Kaliumnitrat. | | | |
| 13,5° | 0,2215 | | |
| 13° | 0,2038 | 0,0177 | 0,2126 |
| Kaliumchlorat. | | | |
| 14° | 0,0886 | | |
| 13,5° | 0,0867 | 0,0019 | 0,0876 |
| Bromkalium. | | | |
| 13,5° | 1,1248 | | |
| 12° | 1,0911 | 0,0337 | 1,1079 |
| Chlorkalium. | | | |
| 13° | 0,2524 | | |
| 13° | 0,2415 | 0,0109 | 0,2469 |
| Kaliumsulfat. | | | |
| 14,5° | 0,0233 | | |
| 14,5° | 0,0163 | 0,0070 | 0,0198 |
| Natriumnitrat. | | | |
| 12,5° | 1,4181 | | |
| 13° | 1,4696 | 0,0515 | 1,4438 |
| Natriumcarbonat + 10H₂O. | | | |
| 14° | 0,0616 | | |
| 15° | 0,0900 | 0,0284 | 0,0758 |
| Chlorammonium. | | | |
| 11° | 2,0070 | | |
| 11° | 2,1377 | 0,1307 | 2,0723 |

| Temp. nach C. | Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. | Differenz. | Arithm. Mittel. |
|--|-------------------------------------|------------|-----------------|
| Ammoniumsulfat. | | | |
| 11,5° | 0,0416 | | |
| 11,5° | 0,0290 | 0,0126 | 0,0353 |
| Löslichkeit in 70% Alkohol. | | | |
| Chlornatrium. | | | |
| 14° | 2,1189 | | |
| 14° | 2,0870 | 0,0319 | 2,1029 |
| Kaliumnitrat. | | | |
| 14° | 0,6441 | | |
| 13,5° | 0,6328 | 0,0113 | 0,6384 |
| Kaliumchlorat | | | |
| 12° | 0,1737 | | |
| 12° | 0,1738 | 0,0001 | 0,1737 |
| Bromkalium. | | | |
| 18° | 3,5890 | | |
| 16° | 3,6775 | 0,0885 | 3,6332 |
| Chlorkalium. | | | |
| 13,5° | 0,8242 | | |
| 12° | 0,8448 | 0,0206 | 0,8345 |
| Kaliumsulfat. | | | |
| 12° | 0,0273 | | |
| 12° | 0,0220 | 0,0053 | 0,0246 |
| Natriumnitrat. | | | |
| 12° | 3,1075 | | |
| 12° | 3,3644 | 0,2569 | 3,2359 |
| Natriumcarbonat + 10H₂O. | | | |
| 12° | 0,1577 | | |
| 12° | 0,1419 | 0,0158 | 0,1498 |
| Chlorammonium. | | | |
| 11° | 4,2703 | | |
| 11° | 4,2419 | 0,0284 | 4,2561 |
| Ammoniumsulfat. | | | |
| 14,5° | 0,1463 | | |
| 14,5° | 0,1222 | 0,0241 | 0,1342 |

| Temp. nach C. | Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. | Differenz. | Arithm. Mittel. |
|---------------------------------------|-------------------------------------|------------|-----------------|
| Löslichkeit in 60% Alkohol. | | | |
| Chlornatrium. | | | |
| 16,5° | 4,3504 | | |
| 16,5° | 4,2926 | 0,0578 | 4,3215 |
| Kaliumnitrat. | | | |
| 16° | 1,3950 | | |
| 16° | 1,3650 | 0,0300 | 1,3800 |
| Kaliumchlorat. | | | |
| 13,5° | 0,8780 | | |
| 13,5° | 0,8732 | 0,0048 | 0,8756 |
| Bromkalium. | | | |
| 15,5° | 6,8100 | | |
| 16,5° | 6,8939 | 0,0839 | 6,8519 |
| Chlorkalium. | | | |
| 14,5° | 2,0685 | | |
| 14,5° | 2,0607 | 0,0078 | 2,0646 |
| Kaliumsulfat. | | | |
| 16° | 0,0359 | | |
| 15° | 0,0323 | 0,0036 | 0,0341 |
| Natriumnitrat. | | | |
| 17° | 7,8150 | 0,160 | |
| 17° | 7,6550 | 0,134 | 7,7530 |
| 17° | 7,7890 | 0,026 | |
| Natriumcarbonat + 10H ₂ O. | | | |
| 13,75° | 0,2975 | | |
| 13,25° | 0,3266 | 0,0291 | 0,3120 |
| Chlorammonium. | | | |
| 13,5° | 6,8967 | | |
| 14° | 6,9081 | 0,0114 | 6,9024 |
| Ammoniumsulfat. | | | |
| 13,5° | 0,3651 | | |
| 13,75° | 0,3570 | 0,0081 | 0,3610 |
| Löslichkeit in 50% Alkohol. | | | |
| Chlornatrium. | | | |
| 18° | 6,8953 | | |
| 16° | 6,6316 | 0,2637 | 6,7634 |

| Temp. nach C. | Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. | Differenz. | Arithm. Mittel. |
|---------------------------------------|-------------------------------------|------------|-----------------|
| Kaliumnitrat. | | | |
| 12° | 1,6888 | | |
| 12° | 1,7092 | 0,0204 | 1,6990 |
| Kaliumchlorat. | | | |
| 16° | 0,6600 | | |
| 16° | 0,6523 | 0,0077 | 0,6561 |
| Bromkalium. | | | |
| 12° | 9,8671 | | |
| 12° | 9,9935 | 0,1264 | 9,9303 |
| Chlorkalium. | | | |
| 15° | 3,2738 | | |
| 15° | 3,2390 | 0,0348 | 3,2564 |
| Kaliumsulfat. | | | |
| 16,5° | 0,0700 | | |
| 16,5° | 0,0711 | 0,0011 | 0,0705 |
| Natriumnitrat. | | | |
| 17° | 11,9352 | | |
| 17° | 12,5882 | 0,6530 | 12,2617 |
| Natriumcarbonat + 10H ₂ O. | | | |
| 12,5° | 0,5269 | | |
| 12,5° | 0,4933 | 0,0336 | 0,5101 |
| Chlorammonium. | | | |
| 13° | 9,5755 | | |
| 12° | 9,2702 | 0,3053 | 9,4228 |
| Ammoniumsulfat. | | | |
| 15° | 1,5298 | | |
| 15° | 1,4978 | 0,0320 | 1,5138 |

Wie aus Vorstehendem ersichtlich, führte ich die Bestimmungen nur in 50, 60, 70, 80, 90 und 99procentigem Alkohol aus. Um zu sehen, ob die Resultate nach der von mir angewandten Methode mit denen von Schiff, welcher die Löslichkeit von Salzen namentlich in weniger procentigem Alkohol ausführte, übereinstimmen, machte ich für Chlornatrium auch Versuche mit 40, 30, 20 und 10procentigem Alkohol, welche zu folgenden, zum Theil nicht mit denen von Schiff (Annalen der Chemie

und Pharmacie Bd. CXVIII. 365) übereinstimmenden Resultaten führten.

| Temp. nach C. | Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. | Differenz. | Arithm. Mittel. |
|------------------|-------------------------------------|------------|-----------------|
|------------------|-------------------------------------|------------|-----------------|

Chlornatrium.

Löslichkeit in 40⁰/₀ Alkohol nach Richter.

| | | | |
|-------|---------|--------|---------|
| 13° | 10,4572 | | |
| 16,5° | 10,6403 | 0,1831 | 10,5487 |

Löslichkeit in 30⁰/₀ Alkohol.

| | | | |
|-------|---------|--------|---------|
| 15° | 13,9381 | | |
| 15,5° | 14,3525 | 0,4144 | 14,1453 |

Löslichkeit in 20⁰/₀ Alkohol.

| | | | |
|-----|---------|--------|---------|
| 12° | 19,3328 | | |
| 12° | 19,3941 | 0,0613 | 19,3634 |

Löslichkeit in 10⁰/₀ Alkohol.

| | | | |
|-------|---------|--------|---------|
| 12,5° | 26,7117 | | |
| 12,5° | 26,2016 | 0,5101 | 26,4566 |

Vergleicht man die obigen Resultate, welche von den verschiedenen Salzen in verschieden procentigem Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur erhalten wurden, so findet man, dass sich annähernd mit einigen Ausnahmen in 90⁰/₀ Alkohol 1,5 mal mehr löst als in 99⁰/₀, in 80⁰/₀ 3,5 mal mehr als in 90⁰/₀, in 70⁰/₀ 3 mal mehr als in 80⁰/₀, in 60⁰/₀ 2 mal mehr als in 70⁰/₀, in 50⁰/₀ 1,5 mal mehr als in 60⁰/₀.

Ausnahmen von dieser Gesetzmässigkeit machen in 90⁰/₀ Alkohol nur das Chlorammonium, in 80⁰/₀ Kaliumsulfat, Ammoniumsulfat, Chlorammonium und Natriumcarbonat, in 70⁰/₀ Kaliumsulfat und Chlorammonium, in 60⁰/₀ Chlorammonium und in 50⁰/₀ Ammoniumsulfat.

Die Abweichungen, welche Kaliumsulfat und Natriumcarbonat zeigen, dürften wegen ihrer sehr geringen Löslichkeit auf oft unvermeidliche Beobachtungsfehler, wie Temperatur- und Barometerstandswechsel, zurückzuführen sein, denn 1 mgr. zu viel oder zu wenig gewogen gibt bei diesen Salzen, auf 100 Theile Alkohol berechnet, schon eine bedeutende Differenz.

Die geringen Differenzen, welche sich zwischen den experimentell gefundenen und den berechneten Zahlen ergeben,

dürften ihre Erklärung vielleicht ebenfalls theils in Beobachtungsfehlern theils in der verschiedenen Versuchstemperatur finden.

Chlorammonium scheint speciell eine Ausnahme von der Gesetzmässigkeit zu machen, indem nur in 50% Alkohol die berechnete Zahl annähernd mit der experimentell gefundenen übereinstimmt.

Der besseren Uebersichtlichkeit halber dürfte es nicht unzweckmässig sein, die berechneten und experimentell gefundenen Zahlen neben einander zu stellen, was in Folgendem mit Hinzufügung der berechneten relativen Löslichkeit auf Chlornatrium in 99% Alkohol gleich 1 bezogen, geschehen soll.

| | Experimentell gefundene | berechnete | relative |
|---|----------------------------|------------|----------|
| Löslichkeit. | | | |
| Löslichkeit in 99% Alkohol nach Richter. | | | |
| NaCl | 0,084 | | 1 |
| KNO ₃ | 0,038 | | 0,462 |
| KClO ₃ | 0,021 | | 0,250 |
| KBr | 0,153 | | 1,821 |
| KCl | 0,043 | | 0,514 |
| K ₂ SO ₄ | 0,012 | | 0,151 |
| NaNO ₃ | 0,244 | | 2,914 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,034 | | 0,414 |
| NH ₄ Cl | 0,525 | | 6,251 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,013 | | 0,163 |
| Löslichkeit in 90% Alkohol. | | | |
| NaCl | 0,177 | 0,126 | 2,12 |
| KNO ₃ | 0,060 | 0,058 | 0,72 |
| KClO ₃ | 0,024 | 0,031 | 0,29 |
| KBr | 0,280 | 0,229 | 3,34 |
| KCl | 0,064 | 0,064 | 0,76 |
| K ₂ SO ₄ | 0,016 | 0,019 | 0,19 |
| NaNO ₃ | 0,438 | 0,367 | 5,21 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,063 | 0,052 | 0,75 |
| NH ₄ Cl | 1,018 | 0,787 | 12,12 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,020 | 0,020 | 0,23 |
| Löslichkeit in 80% Alkohol. | | | |
| NaCl | 0,660 | 0,622 | 7,85 |
| KNO ₃ | 0,212 | 0,211 | 2,53 |

| Experimentell gefundene | berechnete | relative |
|----------------------------|--------------|----------|
| | Löslichkeit. | |

Löslichkeit in 80⁰/₀ Alkohol.

| | | | |
|---|-------|-------|-------|
| KClO ₃ | 0,087 | 0,086 | 1,04 |
| KBr | 1,107 | 0,983 | 13,17 |
| KCl | 0,246 | 0,224 | 2,94 |
| K ₂ SO ₄ | 0,019 | 0,058 | 0,21 |
| NaNO ₃ | 1,443 | 1,533 | 17,19 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,075 | 0,221 | 0,90 |
| NH ₄ Cl | 2,072 | 3,563 | 24,66 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,035 | 0,070 | 0,42 |

Löslichkeit in 70⁰/₀ Alkohol.

| | | | |
|---|-------|-------|-------|
| NaCl | 2,102 | 1,980 | 25,03 |
| KNO ₃ | 0,638 | 0,637 | 7,60 |
| KClO ₃ | 0,173 | 0,262 | 2,06 |
| KBr | 3,633 | 3,323 | 43,25 |
| KCl | 0,834 | 0,740 | 9,93 |
| K ₂ SO ₄ | 0,024 | 0,054 | 0,29 |
| NaNO ₃ | 3,235 | 4,331 | 38,52 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,149 | 0,227 | 1,783 |
| NH ₄ Cl | 4,256 | 6,216 | 50,67 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,134 | 0,105 | 1,59 |

Löslichkeit in 60⁰/₀ Alkohol.

| | | | |
|---|-------|-------|-------|
| NaCl | 4,321 | 4,205 | 51,44 |
| KNO ₃ | 1,380 | 1,276 | 16,42 |
| KClO ₃ | 0,375 | 0,347 | 4,47 |
| KBr | 6,851 | 7,266 | 81,57 |
| KCl | 2,064 | 1,669 | 24,58 |
| K ₂ SO ₄ | 0,034 | 0,049 | 0,40 |
| NaNO ₃ | 7,753 | 6,471 | 92,29 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,312 | 0,299 | 3,71 |
| NH ₄ Cl | 6,902 | 8,512 | 82,17 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,361 | 0,268 | 4,29 |

Löslichkeit in 50⁰/₀ Alkohol.

| | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|
| NaCl | 6,763 | 6,482 | 80,51 |
| KNO ₃ | 1,699 | 2,070 | 20,22 |
| KClO ₃ | 0,656 | 0,563 | 7,81 |

| | Experimentell gefundene | berechnete Löslichkeit. | relative |
|---|--|----------------------------|----------|
| | Löslichkeit in 50 ⁰ / ₀ Alkohol. | | |
| KBr | 9,930 | 10,277 | 118,21 |
| KCl | 3,256 | 3,096 | 38,77 |
| K ₂ SO ₄ | 0,070 | 0,051 | 0,83 |
| NaNO ₃ | 12,261 | 11,629 | 145,97 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,510 | 0,468 | 6,07 |
| NH ₄ Cl | 9,422 | 10,353 | 112,16 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 1,513 | 0,541 | 18,02 |

Um die Löslichkeitszunahme der Salze mit der Abnahme des Alkoholgehaltès des angewandten Lösungsmittels und das Verhalten der einzelnen Salze in Bezug auf ihre Löslichkeit in Alkohol unter sich möglichst übersichtlich darzustellen, mögen die absoluten Löslichkeitscurven der Figur 1 dienen.

Nimmt man in der Figur die Linie, auf welcher die Zahlen 99, 90, 80, 70, 60 und 50 stehen, die den Procentgehalt des angewandten Weingeists an Alkohol ausdrücken, als Basis der Figur an, so entspricht die Ordinate jedes Quadrates $\frac{2}{10}$ des gelösten Salzes. Wie aus der Zeichnung zu ersehen, verlaufen die Curven im Allgemeinen ziemlich gleich, doch schneiden sich auch verschiedene derselben. Vergleicht man zunächst die Curven der drei Salze NaNO₃, KBr und NH₄Cl, so findet man, dass die Löslichkeit des KBr zwischen 80 und 70⁰/₀ Alkohol rascher zunimmt als die des NaNO₃, bis die Löslichkeit des NaNO₃ zwischen 70 und 60⁰/₀ Alkohol wieder schneller zunimmt, als die des KBr. Die Folge davon ist, dass sich die Curven der beiden Salze in 2 Punkten zwischen 80 und 70 und zwischen 70 und 60⁰/₀ Alkohol schneiden. Dasselbe findet zwischen NH₄Cl, KBr und NaNO₃ statt, indem die Löslichkeit des NaNO₃ zwischen 70 und 60⁰/₀ Alkohol rascher zunimmt, als die des NH₄Cl und ferner die Löslichkeit des KBr zwischen 60 und 50⁰/₀ Alkohol im Verhältniss zu NH₄Cl rascher wächst als die Löslichkeit dieses.

Die Löslichkeit des KCl und KNO₃ fällt zwischen 99 und 90⁰/₀ Alkohol zusammen, von wo an die Löslichkeitscurve des KCl im Verhältniss zu KNO₃ rascher steigt. Die Curven des

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KClO_3 und K_2SO_4 verlaufen von 99 bis 60% Alkohol fast gleich, zwischen 60 und 50% steigt aber die Löslichkeit des $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ im Verhältniss zu KClO_3 und Na_2CO_3 sehr rasch und schneidet die Curve des KClO_3 . Betrachtet man die Curve des $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$ näher, so findet man, dass sie die Curve des KClO_3 in 80%, die des $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ zwischen 70 und 60% Alkohol schneidet, indem die Löslichkeit des $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$ von 80% Alkohol an nicht so rasch wächst als die des KClO_3 und $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Wo Curven sich zu einer vereinigen, fällt ihre Löslichkeit zusammen, wie dies z. B. zwischen 99 und 90% Alkohol bei KCl und KNO_3 der Fall ist.

So viel zur Erklärung von Figur 1.

Während der Ausführung obiger Versuche über Löslichkeit bei gewöhnlicher Temperatur, schien es mir nicht uninteressant, auch solche bei höherer Temperatur anzustellen, zu welchem Zwecke ich den von V. Mayer (Berliner Berichte Bd. VIII. 1001) construirten Apparat mit einigen Modifikationen anwandte. Des besseren Verständnisses halber sei der modificirte Apparat (Fig. 3) kurz beschrieben.

Derselbe besteht aus der Allonge A, welche oben mit einem mehrmals durchbohrten Kautschukpfropfen q verschlossen ist. In einer der Durchbohrungen befindet sich die Kugelhöhre a, dieselbe ist oben mit einem durchbohrten Kautschukpfropfen verschlossen, in welchem sich luftdicht der Kühler b befindet; die untere Oeffnung der Röhre a ist ebenfalls mit einem durchbohrten kleineren Kautschukpfropfen versehen, dessen Oeffnung mit einem spitz ausgezogenen Glasstab d verschlossen ist, welcher durch die Glasröhre a und die Röhre des Kühlers b bis c ragt. Der Glasstab selbst ist mit einem Platin- oder Silberdraht unten spiralförmig umwickelt und ragt wie der Glasstab d durch die Kugelhöhre a und den Kühler b bis e.

Die Kugelhöhre a ist ferner durch einen durchbohrten Kautschukpfropfen f mit dem Trichter g in Verbindung gesetzt, in welchem sich ein schwedisches Faltenfilter h befindet. Der Trichter befindet sich unten in der Oeffnung eines doppelt durchbohrten Kautschukpfropfens i, welcher die Oeffnung des gewogenen Kölbchens k schliesst und dadurch das Kölbchen mit dem Trichter in Verbindung bringt. In der zweiten Oeffnung des Pfropfens i befindet sich eine gebogene Glasröhre l, welche durch

einen Kautschukschlauch mit der gleichweiten Röhre m verbunden ist, die mit concentrirter Schwefelsäure getränkte Bimssteinstücke enthält; oben ist die Röhre m wieder durch einen Kautschukschlauch mit der Röhre n in Verbindung gebracht, die unten dieselbe Weite hat, wie die Röhre m oben; nur ist sie oben, wie in der Figur ersichtlich, zu einer feinen Oeffnung ausgezogen. In der Allonge befindet sich ferner ein Thermometer B, welcher sich bis zum Kölbchen k in die Allonge erstreckt. Unten ist die Allonge mit dem Kühler C in Verbindung gesetzt. Durch die Röhre o wird der in dem Kolben D entwickelte Alkoholdampf in die Allonge geleitet. Bei Anwendung des Apparates muss dafür gesorgt werden, dass die inneren Theile desselben vor dem Versuch alle trocken sind.

Will man eine Löslichkeitsbestimmung mit diesem Apparat machen, so nimmt man den Kühler b mit dem Pfropfen aus der Röhre a, bringt die Substanz mit dem Alkohol in die Kugelhöhle a und bringt den Kühler wieder darauf, welcher den Zweck hat, den während der Operation aus der Kugelhöhle a entweichenden Alkohol zu verdichten, ihn wieder in die Kugelhöhle zu bringen und dadurch gleichprocentig zu erhalten.

Wenn der Kühler b wieder auf die Kugelhöhle a gebracht ist, leitet man den Dampf, bei dessen Siedetemperatur die Löslichkeit bestimmt werden soll, in diesem Falle Alkohol, in die Allonge, indem die Flüssigkeit in D zum starken Sieden gebracht wird. Ausserdem sorgt man dafür, dass die beiden Kühler immer mit kaltem Wasser gefüllt sind. Um dies mit einer Wasserleitung bewerkstelligen zu können, leitet man das Wasser vom Kühler C durch den Schlauch E in den Kühler b. Die Pfeile in der Figur zeigen den Lauf des Wassers an. Der untere Kühler hat den Zweck, den aus dem Kolben D entwickelten Dampf, nachdem er zuvor durch die Allonge gegangen und zur gleichmässigen Erwärmung der darin befindlichen Gegenstände gedient hat, wieder zu verdichten. Die Flüssigkeit wird in dem Kolben F aufgefangen und kann z. B. bei Alkohol zu beliebig vielen Versuchen angewandt werden, ohne seinen Siedepunkt zu ändern, wenn man nur c. $\frac{1}{3}$ in dem Kolben D zurücklässt d. h. nicht verdampft, so dass also der schwächere Alkohol immer zurückbleibt. Beide, der in den Kolben D gebliebene und der in den Kolben F überdestillirte Alkohol, können wieder zu neuen Versuchen verwendet werden.

Während der Alkoholdampf durch die Allonge geht, muss dafür gesorgt werden, dass der Alkohol in der Kugelhöhre a genügend mit der Substanz in Berührung kommt, was mit dem Platindraht geschieht, indem man ihn in der Flüssigkeit rasch auf- und abschiebt. Bei dieser Arbeit muss man mit einem Finger bei c auf den Glasstab drücken, weil derselbe sonst, indem man den Platindraht auf- und abschiebt, aus der Oeffnung des Pfropfens gezogen und so die Operation verdorben würde. Wenn die Temperatur in der Allonge constant geworden ist und man überzeugt sein kann, dass sich nichts mehr von der Substanz löst, was nach c. 15 Minuten der Fall ist, zieht man den Glasstab aus der Oeffnung des Pfropfens, der sich in der unteren Oeffnung der Röhre a befindet. Wenn dies geschehen, läuft die gesättigte Lösung durch die Oeffnung des unteren Pfropfens der Röhre a auf das Filter h, wo das überschüssige Salz zurückbleibt, während die gesättigte Lösung in das gewogene Kölbchen k filtrirt. Der in dem Kölbchen k entwickelte Alkoholdampf geht durch das gewogene Röhrchen m und wird hier von der concentrirten Schwefelsäure zurückgehalten. Nachdem die Filtration beendet, unterbricht man die Verdampfung des Alkohol in D, schliesst das zur Kühlung dienende Wasser ab, entfernt den Kühler b mit dem Pfropfen, nachdem man vorher das Wasser aus demselben entfernt hat; nimmt die Röhre o bei p auseinander, zieht das Thermometer aus dem Kautschukpfropfen q und nimmt alles Uebrige mit dem Kautschukpfropfen q aus der Allonge. Hierauf trocknet man den Pfropfen i ab, nimmt das Kölbchen rasch weg und verschliesst es möglichst schnell mit einem Kautschukpfropfen. Darnach nimmt man auch die Bimssteinröhre m weg und verschliesst sie. Wenn das Kölbchen und die Bimssteinröhre erkaltet sind, wird jedes einzeln möglichst rasch ohne Verschluss gewogen. Die Summa der Gewichtszunahme beider gibt das Gewicht der gesättigten Lösung an. Die Bestimmung des Verdampfungsrückstandes geschieht wie bei den oben angeführten Bestimmungen bei gewöhnlicher Temperatur.

Hier sowohl als bei den Bestimmungen bei gewöhnlicher Temperatur wurde der Verdampfungsrückstand vor dem Wiegen bei 100° C. getrocknet.

Zum Verdampfen in den Kolben D wandte ich 98% Alkohol an. Die Tränkung des Bimssteins in der Röhre m ge-

schah durch Erhitzen von kleinen Bimssteinstückchen in concentrirter Schwefelsäure. Wenn man annehmen kann, dass der Bimsstein genügend mit Schwefelsäure getränkt ist, wird die überschüssige Schwefelsäure abfiltrirt und hierauf sofort der Bimsstein in die Röhre m gebracht. Damit die etwa abfließende Schwefelsäure nicht aus dem Röhrchen fließen kann, wird unten ein ziemlich dicker Pfropfen von Glaswolle hineingestopft. Auch oben in die Röhre wird ein Pfropfen von Glaswolle gebracht, damit der Inhalt nicht herausfallen kann.

Die Bimssteinröhre nimmt bei jedem Versuch um c. 0,15 gr. zu und kann, ohne sie frisch zu füllen, zu 3 bis 4 Versuchen verwendet werden.

Den Alkohol, welchen ich als Lösungsmittel anwandte, stellte ich mir her, indem ich reinen, destillirten, starken Weingeist mit Wasser auf den gewünschten Concentrationsgrad verdünnte. Der Procentgehalt an Alkohol wurde mit dem Araometer bestimmt.

Die Salze, deren Löslichkeit bei höherer Temperatur bestimmt wurde, wurden hier ebenso, wie bei den Versuchen bei gewöhnlicher Temperatur angewandt.

Leider reichte mir die Zeit nicht, die Bestimmungen der sämtlichen 10 Salze, deren Löslichkeit ich bei gewöhnlicher Temperatur bestimmte, auch bei höherer Temperatur auszuführen, wesshalb ich nur die Löslichkeit von 5 Salzen in 50, 60, 70, 80, 90 und 99% Alkohol bestimmte, während ich die Bestimmungen der Löslichkeit der übrigen 5 Salze nur in 60, 80 und 99% Alkohol ausführte.

In Folgendem seien nun zunächst die Resultate der 5 Salze, deren Löslichkeit in 99, 90, 80, 70, 60 und 50% Alkohol bestimmt wurde, angeführt und hierauf die der 5 übrigen.

Die Versuchstemperatur war bei allen Versuchen 77,5° C.

| Salzgehalt auf | Differenz. | Arithm. Mittel. |
|--|---------------|-----------------|
| 100 Thl. Alkohol. | | |
| Löslichkeit in 99% Alkohol nach Richter. | | |
| | Chlornatrium. | |
| 0,0983 | 0,0157 | 0,0904 |
| 0,0826 | | |
| | Kaliumnitrat. | |
| 0,1088 | 0,0392 | 0,1284 |
| 0,1480 | | |

Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. Differenz. Arithm. Mittel.

| | | |
|--------|-----------------------|--------|
| | Chlorkalium. | |
| 0,0528 | 0,0042 | 0,0507 |
| 0,0486 | | |
| | Natriumnitrat. | |
| 0,5351 | 0,0582 | 0,5060 |
| 0,4769 | | |
| | Chlorammonium. | |
| 0,6168 | 0,0099 | 0,6118 |
| 0,6069 | | |

Löslichkeit in 90% Alkohol.

| | | |
|--------|-----------------------|--------|
| | Chlornatrium. | |
| 0,2494 | 0,0252 | 0,2620 |
| 0,2746 | | |
| | Kaliumnitrat. | |
| 0,2853 | 0,0003 | 0,2854 |
| 0,2856 | | |
| | Chlorkalium. | |
| 0,1818 | 0,0080 | 0,1858 |
| 0,1898 | | |
| | Natriumnitrat. | |
| 1,4364 | 0,0020 | 1,4374 |
| 1,4384 | | |
| | Chlorammonium. | |
| 1,8599 | 0,0821 | 1,9009 |
| 1,9420 | | |

Löslichkeit in 80% Alkohol.

| | | |
|--------|----------------------|--------|
| | Chlornatrium. | |
| 1,0737 | 0,0019 | 1,0746 |
| 1,0756 | | |
| | Kaliumnitrat. | |
| 1,2613 | 0,0599 | 1,2313 |
| 1,2014 | | |
| | Chlorkalium. | |
| 0,7694 | 0,0035 | 0,7676 |
| 0,7659 | | |

| Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. | Differenz. | Arithm. Mittel. |
|-------------------------------------|------------|-----------------|
| Natriumnitrat. | | |
| 4,9430 | | |
| 4,9106 | 0,0324 | 4,9268 |
| Chlorammonium. | | |
| 4,4731 | | |
| 4,3392 | 0,1339 | 4,4061 |
| Löslichkeit in 70% Alkohol. | | |
| Chlornatrium. | | |
| 3,0458 | | |
| 3,0581 | 0,0123 | 3,0519 |
| Kaliumnitrat. | | |
| 4,1374 | | |
| 4,0982 | 0,0392 | 4,1178 |
| Chlorkalium. | | |
| 2,5384 | | |
| 2,4529 | 0,0855 | 2,4956 |
| Natriumnitrat. | | |
| 12,8595 | | |
| 12,9525 | 0,0930 | 12,9060 |
| Chlorammonium. | | |
| 9,4215 | | |
| 9,3608 | 0,0607 | 9,3911 |
| Löslichkeit in 60% Alkohol. | | |
| Chlornatrium. | | |
| 5,4936 | | |
| 5,7999 | 0,3063 | 5,6467 |
| Kaliumnitrat. | | |
| 9,7587 | | |
| 9,2135 | 0,5452 | 9,4861 |
| Chlorkalium. | | |
| 4,5329 | | |
| 4,5032 | 0,0297 | 4,5180 |
| Natriumnitrat. | | |
| 15,7855 | | |
| 15,5305 | 0,2550 | 15,6580 |

Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. Differenz. Arithm. Mittel.

Chlorammonium.

| | | |
|---------|--------|---------|
| 14,6950 | 0,0504 | 14,7202 |
| 14,7454 | | |

Löslichkeit in 50% Alkohol.

Chlornatrium.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 9,0775 | 0,0297 | 9,0626 |
| 9,0478 | | |

Kaliumnitrat.

| | | |
|---------|--------|---------|
| 17,9739 | 0,1710 | 17,8884 |
| 17,8029 | | |

Chlorkalium.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 9,0975 | 0,3547 | 9,2758 |
| 9,4522 | | |

Natriumnitrat.

| | | |
|---------|--------|---------|
| 33,2851 | 0,3276 | 33,1213 |
| 32,9575 | | |

Chlorammonium.

| | | |
|---------|--------|---------|
| 19,8921 | 0,4911 | 20,1376 |
| 20,3832 | | |

Löslichkeit in 99% Alkohol.

Kaliumchlorat.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,0561 | 0,0117 | 0,0502 |
| 0,0444 | | |

Bromkalium.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,2537 | 0,0100 | 0,2487 |
| 0,2437 | | |

Kaliumsulfat.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,0130 | 0,0010 | 0,0125 |
| 0,0120 | | |

Natriumcarbonat + 10H₂O.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,1117 | 0,0039 | 0,1136 |
| 0,1156 | | |

Ammoniumsulfat.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,0284 | 0,0080 | 0,0244 |
| 0,0204 | | |

Salzgehalt auf 100 Thl. Alkohol. Differenz. Arithm. Mittel.

Löslichkeit in 80% Alkohol.

Kaliumchlorat.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,4927 | | |
| 0,4932 | 0,0005 | 0,4929 |

Bromkalium.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 3,0905 | | |
| 3,0813 | 0,0092 | 3,0859 |

Kaliumsulfat.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,0233 | | |
| 0,0247 | 0,0014 | 0,0240 |

Natriumcarbonat + 10H₂O.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,3788 | | |
| 0,3194 | 0,0594 | 0,3491 |

Ammoniumsulfat.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,0457 | | |
| 0,0432 | 0,0025 | 0,0444 |

Löslichkeit in 60% Alkohol.

Kaliumchlorat.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 3,2260 | | |
| 3,2060 | 0,0200 | 3,2160 |

Bromkalium.

| | | |
|---------|--------|---------|
| 14,3346 | | |
| 14,8225 | 0,4879 | 14,5785 |

Kaliumsulfat.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,0570 | | |
| 0,0563 | 0,0007 | 0,0566 |

Natriumcarbonat + 10H₂O.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 1,3422 | | |
| 1,4310 | 0,0888 | 1,3866 |

Ammoniumsulfat.

| | | |
|--------|--------|--------|
| 0,9829 | | |
| 0,8798 | 0,1031 | 0,9313 |

Vergleicht man die experimentell gefundenen Zahlen von Chlornatrium, Natriumnitrat, Kaliumnitrat, Chlorkalium und Chlorammonium mit einander, so findet man, dass sich mit einigen Ausnahmen annähernd in 90% Alkohol 2,5 mal mehr löst

als in 99⁰/₀, in 80⁰/₀ 4mal mehr als in 90⁰/₀, in 70⁰/₀ 3mal mehr als in 80⁰/₀, in 60⁰/₀ 2mal mehr als in 70⁰/₀, in 50⁰/₀ 2mal mehr als in 60⁰/₀.

Die experimentell gefundenen Zahlen stimmen bei Chlorammonium in allen Fällen nicht mit den berechneten überein. Ausnahmen machen ferner noch das Kaliumnitrat in 60⁰/₀ Alkohol, das Chlornatrium in 50⁰/₀ Alkohol und das Natriumnitrat in 70 und 60⁰/₀ Alkohol.

Während bei gewöhnlicher Temperatur die berechneten Zahlen von Natriumnitrat, Chlornatrium, Kaliumnitrat und Chlorkalium ziemlich mit den experimentell gefundenen ohne Ausnahme übereinstimmen, finden wir, dass dies bei höherer Temperatur nicht der Fall ist.

Der besseren Uebersichtlichkeit halber seien auch hier die berechneten und experimentell gefundenen Zahlen unter Hinzufügung der relativen Löslichkeit auf Chlornatrium in 99⁰/₀ Alkohol bei 77,5⁰ C. gleich 1 bezogen, nebeneinander gestellt.

| | Experimentell gefundene | berechnete | relative |
|---|----------------------------|------------|----------|
| Löslichkeit. | | | |
| Löslichkeit in 99 ⁰ / ₀ Alkohol nach Richter. | | | |
| NaCl | 0,0904 | | 1 |
| KNO ₃ | 0,1284 | | 1,42 |
| KCl | 0,0507 | | 0,56 |
| NaNO ₃ | 0,5060 | | 5,59 |
| NH ₄ Cl | 0,6118 | | 6,76 |
| Löslichkeit in 90 ⁰ / ₀ Alkohol. | | | |
| NaCl | 0,2620 | 0,226 | 2,89 |
| KNO ₃ | 0,2854 | 0,321 | 3,15 |
| KCl | 0,1858 | 0,126 | 2,05 |
| NaNO ₃ | 1,4374 | 1,265 | 15,90 |
| NH ₄ Cl | 1,9009 | 1,529 | 21,02 |
| Löslichkeit in 80 ⁰ / ₀ Alkohol. | | | |
| NaCl | 1,0746 | 1,040 | 11,88 |
| KNO ₃ | 1,2313 | 1,141 | 13,62 |
| KCl | 0,7676 | 0,743 | 8,49 |
| NaNO ₃ | 4,9268 | 5,749 | 54,50 |
| NH ₄ Cl | 4,4061 | 7,603 | 48,74 |

| | Experimentell gefundene | berechnete | relative |
|--------------------|-----------------------------|------------|----------|
| | Löslichkeit. | | |
| | Löslichkeit in 70% Alkohol. | | |
| NaCl | 3,0519 | 3,223 | 33,76 |
| KNO ₃ | 4,1178 | 3,693 | 45,55 |
| KCl | 2,4956 | 2,302 | 27,60 |
| NaNO ₃ | 12,9060 | 14,780 | 142,76 |
| NH ₄ Cl | 9,3911 | 13,218 | 103,88 |
| | Löslichkeit in 60% Alkohol. | | |
| NaCl | 5,6467 | 6,1038 | 62,46 |
| KNO ₃ | 9,4861 | 8,2356 | 104,93 |
| KCl | 4,5180 | 4,9912 | 49,97 |
| NaNO ₃ | 15,6580 | 25,8120 | 173,20 |
| NH ₄ Cl | 14,7202 | 18,7822 | 162,83 |
| | Löslichkeit in 50% Alkohol. | | |
| NaCl | 9,0626 | 11,2934 | 100,25 |
| KNO ₃ | 17,8884 | 18,9722 | 197,88 |
| KCl | 9,2748 | 9,0360 | 102,59 |
| NaNO ₃ | 33,1213 | 31,3160 | 366,38 |
| NH ₄ Cl | 20,1376 | 29,4404 | 222,76 |

Wie aus vorstehenden Zahlen ersichtlich, zeigt namentlich das Natriumnitrat in 60% Alkohol eine interessante Ausnahme. Während die berechnete Zahl in 70% Alkohol noch bis auf $\frac{19}{10}\%$ mit der experimentell gefundenen übereinstimmt, differirt die berechnete und experimentell gefundene Zahl in 60% Alkohol um $\frac{102}{10}\%$, stimmt dagegen in 50% Alkohol wieder bis auf $\frac{18}{10}$ überein.

Aus denselben Gründen, wie bei den Bestimmungen der Löslichkeit bei gewöhnlicher Temperatur, seien auch hier die absoluten Löslichkeitscurven des Chlornatriums, Natriumnitrats, Chlorkaliums, Kaliumnitrats und Chlorammoniums (Fig. 2) gezeichnet. Die Curven sind auf dieselbe Weise, wie die in Fig. 1 dargestellt, nur sind sie im Verhältniss die Hälfte so gross.

Betrachtet man die einzelnen Curven, so findet man, dass sie im Allgemeinen zwar ziemlich gleich verlaufen, sich aber auch in einzelnen Punkten schneiden. So schneidet die Curve des Natriumnitrats, die des Chlorammoniums zwischen 90 und

80% Alkohol, indem die Löslichkeit des Natriumnitrats rascher steigt, als die des Chlorammoniums. Dasselbe findet zwischen Chlornatrium und Chlorkalium statt, indem die Löslichkeit des Chlorkaliums zwischen 60 und 50% Alkohol rascher steigt als die des Chlornatriums und so die Curve von Chlorkalium die von Chlornatrium zwischen 60 und 50% Alkohol schneidet. Die Ausnahme, welche das Natriumnitrat zwischen 70 und 60% Alkohol in Bezug auf die Zunahme der Löslichkeit macht, tritt in der Figur sehr deutlich hervor.

Um nun zu sehen, wie die Löslichkeit der Salze bei 77,5° C. zu- oder abnimmt, im Verhältniss zur Löslichkeit bei gewöhnlicher Temperatur, seien zum Schluss die Resultate nebeneinander gestellt.

Löslichkeit in 99% Alkohol nach Richter.

| | Bei gewöhnlicher Temperatur. | bei 77,5° C. |
|---|---------------------------------|--------------|
| NaCl | 0,084 | 0,0904 |
| KNO ₃ | 0,038 | 0,1284 |
| KClO ₃ | 0,021 | 0,0502 |
| KBr | 0,153 | 0,2487 |
| KCl | 0,043 | 0,0507 |
| K ₂ SO ₄ | 0,012 | 0,0125 |
| NaNO ₃ | 0,244 | 0,5060 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,034 | 0,1136 |
| NH ₄ Cl | 0,525 | 0,6118 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,013 | 0,0244 |

Löslichkeit in 90% Alkohol.

| | | |
|--------------------|-------|--------|
| NaCl | 0,177 | 0,2620 |
| KNO ₃ | 0,060 | 0,2854 |
| KCl | 0,064 | 0,1858 |
| NaNO ₃ | 0,438 | 1,4374 |
| NH ₄ Cl | 1,018 | 1,9009 |

Löslichkeit in 80% Alkohol.

| | | |
|--------------------------------|-------|--------|
| NaCl | 0,660 | 1,0746 |
| KNO ₃ | 0,212 | 1,2313 |
| KClO ₃ | 0,087 | 0,4929 |
| KBr | 1,107 | 3,0859 |
| KCl | 0,246 | 0,7676 |
| K ₂ SO ₄ | 0,019 | 0,0240 |

Bei gewöhnlicher Temperatur. bei 77,5° C.

Löslichkeit in 80⁰/₀ Alkohol.

| | | |
|---|-------|--------|
| NaNO ₃ | 1,443 | 4,9268 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,075 | 0,3491 |
| NH ₄ Cl | 2,072 | 4,4061 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,035 | 0,0444 |

Löslichkeit in 70⁰/₀ Alkohol.

| | | |
|--------------------|-------|---------|
| NaCl | 2,102 | 3,0519 |
| KNO ₃ | 0,638 | 4,1178 |
| KCl | 0,834 | 2,4956 |
| NaNO ₃ | 3,235 | 12,9060 |
| NH ₄ Cl | 4,256 | 9,3911 |

Löslichkeit in 60⁰/₀ Alkohol.

| | | |
|---|-------|---------|
| NaCl | 4,321 | 5,6467 |
| KNO ₃ | 1,380 | 9,4861 |
| KClO ₃ | 0,375 | 3,2160 |
| KBr | 6,851 | 14,5785 |
| KCl | 2,064 | 4,5180 |
| K ₂ SO ₄ | 0,034 | 0,0566 |
| NaNO ₃ | 7,753 | 15,6580 |
| Na ₂ CO ₃ | 0,312 | 1,3866 |
| NH ₄ Cl | 6,902 | 14,7202 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 0,361 | 0,9313 |

Löslichkeit in 50⁰/₀ Alkohol.

| | | |
|--------------------|--------|---------|
| NaCl | 6,763 | 9,0626 |
| KNO ₃ | 1,699 | 17,8884 |
| KCl | 3,256 | 9,2748 |
| NaNO ₃ | 12,261 | 33,1213 |
| NH ₄ Cl | 9,422 | 20,1376 |

Indem ich hiemit vorstehende Arbeit schliesse, glaube ich, einen kleinen Beitrag zur Kenntniss der Löslichkeit anorganischer Salze in Alkohol geliefert zu haben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen](#)

Jahr/Year: 1878-1880

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Zeitler Johann Nicolaus

Artikel/Article: [Ein Beitrag zur Kenntniss der Löslichkeit der Alkalisalze in Alkohol. 148-176](#)