

# Ueber Siedetemperaturen der Salzlösungen und Vergleiche der Erhöhung der Siedetemperaturen mit den übrigen Eigenschaften der Salzlösungen.

Von

**Dr. G. Th. Gerlach**

in Cöln a. Rh.

(Hierzu Tafel II—VIII.)

Die Siedepunkte der Salzlösungen bilden bis jetzt ein recht wenig erforschtes Gebiet. Wir besitzen zwar durch Legrand seit dem Jahre 1835 eine Anzahl guter Bestimmungen über diesen Gegenstand; aber Versuche den Zusammenhang der Siedetemperaturen mit den übrigen Eigenschaften der Salze nachzuweisen, liegen nur spärlich vor.

Ich habe bei einer Reihe von Salzlösungen die Siedetemperaturen bestimmt, mit anderen Worten die Temperatur ermittelt, bei welchen die Dämpfe der Lösungen einen gleichen Druck (760 *mm* Quecksilbersäule) überwinden. Diese Bestimmungen schliessen sich also den Arbeiten von Wüllner, G. Tammann, W. W. J. Nicol und Anderen an, welche Physiker die Spannkraft der Dämpfe aus Salzlösungen bei gleichen Temperaturen ermittelten.

Meine Bemühungen den Zusammenhang der Siedetemperaturen mit den anderen Eigenschaften der Salzlösungen nachzuweisen, bilden den Gegenstand der vorliegenden Abhandlung.

Dieselbe zerfällt in folgende Theile:

- 1) Beobachtungen über einige Vorgänge beim Sieden der Salzlösungen.
- 2) Beschreibung des zur Bestimmung der Siedetemperaturen angewendeten Verfahrens.
- 3) Angaben der durch den Versuch gefundenen Siedetemperaturen bei 760 *mm* Druck.
- 4) Betrachtungen über die Krümmungen der Curven dieser Siedetemperaturen bei gleichmässig wachsender Concentration der Lösungen.
- 5) Betrachtungen über die Uebereinanderlagerung der Siedetemperatur-Curven bei Lösungen analog zusammengesetzter Salze bei gleich-

mässig zunehmenden absoluten Gewichtsmengen der Salze in den Lösungen.

- 6) Dieselben Betrachtungen bei gleichmässig zunehmenden molecularen Gewichtsmengen der Salze in den Lösungen.
- 7) Vergleich der Erhöhung der Siedetemperaturen mit den Moleculargewichten der gelösten Salze.
- 8) Vergleich der Erhöhung der Siedetemperaturen mit den specifischen Gewichten der Salzlösungen.
- 9) Vergleich der Erhöhung der Siedetemperaturen mit der specifischen Wärme der Salzlösungen.
- 10) Vergleich der Erhöhung der Siedetemperaturen mit der Löslichkeit der Salze bei diesen Temperaturen.
- 11) Vergleich der Erhöhung der Siedetemperaturen mit der Verdichtung, welche beim Acte der Auflösung dieser Salze im Wasser stattfindet.
- 12) Ueber den gesetzmässigen Zusammenhang der Siedetemperaturen der Salzlösungen mit der Spannkraft der Dämpfe dieser Lösungen bei anderen Temperaturen und anderen Druckverhältnissen.
- 13) Rückblick auf die wichtigsten der gewonnenen Resultate.

#### I. Beobachtungen über einige Vorgänge beim Sieden der Salzlösungen.

Die Temperatur der Dämpfe des siedenden Wassers beträgt bei 760 *mm* Druck 100° C.; aber die Temperatur des siedenden Wassers selbst kann hierbei eine sehr verschiedene sein.

Donny\*) beobachtete den Eintritt des Siedens von Wasser, welches von Luft befreit war, bei 135° C., aber G. Krebs\*\*) konnte sogar luftfreies Wasser im offenen Gefäss bei gewöhnlichem Barometerstand bis 200° C. erhitzen, ohne dass das Wasser zum Sieden kam. Das Wasser verdampfte hierbei sehr schnell, ohne jedoch ein einziges Mal aufzuwallen. Es scheint also wirklich, als ob völlig luftfreies Wasser, wie Grove\*\*\*) vermuthet, nicht in's Sieden gebracht werden kann.

Auch andere Umstände können Siedeverzüge, wenn auch in weit geringerem Maasse, herbeiführen, namentlich das Material des Kochge-

\*) Ann. de Chim. et de Phys. [Ser. III] **16**, 167 (1846).

\*\*) Poggendorff's Annalen **136**, 148.

\*\*\*) Cosmos 1863, Juni, Seite 698 und Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure **8**, 685 (1864).

gefäßes. Es ist bekannt, dass die Temperaturen der siedenden Flüssigkeiten in Glasgefäßen meist höher befunden werden, als in Metallgefäßen, wenn man nicht die Temperatur der Dämpfe, sondern die Temperatur der Flüssigkeiten selbst misst. Die Temperatur des siedenden Wassers (nicht des Wasserdampfes) liegt in Glasgefäßen meist  $1-1\frac{1}{2}^{\circ}\text{C.}$ , bei vollkommen glatten und mit Säure gereinigten Gläsern sogar um noch mehr, höher als in Metallgefäßen.

Weniger bekannt dürfte es sein, dass umgekehrt gewisse Salze in verdünnten Lösungen in Glasgefäßen den so beobachteten Siedepunkt des Wassers herabdrücken.

Die Adhäsion der Flüssigkeit und der Wasserdämpfe an dem Boden des Glasgefäßes wird durch die Gegenwart geringer Mengen des gelösten Salzes vermindert; es gibt sich dies auch, bei genau derselben Zuführung von Wärme durch ein und dieselbe Gasflamme, durch die bedeutend stärkere Wallung der kochenden Lösung zu erkennen. In Metallgefäßen wird der Siedepunkt des Wassers selbst durch die geringste Menge Salz allemal erhöht.

Bei concentrirten Salzlösungen kann man beobachten, dass ein und dieselbe Lösung in ein und demselben Gefäß einen etwas verschiedenen Siedepunkt zeigt, je nach der Art des Kochens. Bei hoch aufwallendem, kräftigem Sieden steigt das Thermometer bei concentrirten Salzlösungen leicht  $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C.}$  höher, als bei gelinderer Wallung, auch ohne dass das Quecksilbergefäß des Thermometers den Boden des Kochgefäßes berührt.

Die Siedepunkte des reinen Wassers beobachtete ich bei Anwendung verschiedener Gefäße wie folgt:

Temperatur des Wasserdampfes  $100,2^{\circ}$ , Barometerstand  $765,5\text{ mm.}$

Temperatur des Wassers selbst beim Kochen

in einem schmiedeeisernen, emaillirten Becher . .	100,2 <sup>0</sup>
in einem Tiegel von rauhem Biscuit-Porzellan . .	100,2 <sup>0</sup>
in einem Becher von Weissblech . . . . .	100,4 <sup>0</sup>
in einer blank geschuerten, schmiedeeisernen Schale	100,6 <sup>0</sup>
in einem neuen, noch nicht im Gebrauch gewesenen glatten Porzellantiegel . . . . .	101,4 <sup>0</sup>
in einem gläsernen Erlenmeyer'schen Kochkolben	101,5 <sup>0</sup>
in einem anderen Glaskolben, in welchem kurze Zeit (5 Minuten) Schwefelsäure vom specifischen Ge- wicht 1,84 gekocht worden war, nach sorgfältigem Ausspülen des Gefäßes mit reinem Wasser . .	103,3 <sup>0</sup>

Im letzteren Falle rissen sich die Dämpfe nur schwierig von den glatten Wänden des Gefässes unter knatterndem Geräusch vom Boden los, ein gleichmässiges, heftiges Aufwallen war kaum zu erzielen; hierbei ist zu bemerken, dass beim Sieden des reinen Wassers in Glasgefässen, wenn die Thermometerkugel sich im Wasser selbst befindet, der Stand der Quecksilbersäule des Thermometers ein unruhiger und schwankender, oft sogar hüpfender ist. Beim Sieden hoch concentrirter Salzlösungen ist der Stand ein geregelterer und bestimmterer. Ich theile zum gegenseitigen Vergleich die beobachteten Siedepunkte der Chlorbaryumlösungen und der Lösungen von salpetersaurem Blei mit, wie ich solche fand beim Kochen in einem Glasgefäss und beim Kochen in einem emaillirten, schmiedeeisernen Becher.

Temperatur des Wasserdampfes  $100^{\circ}$  C., Barometerstand 760 mm.

Gewichtsmenge des gelösten krystallisirten Chlorbaryums $BaCl_2 + 2H_2O$ in 100 Theilen Wasser	Chlorbaryum		Salpetersaures Blei		
	Temperatur der kochenden Lösung im Glasgefäss °C.	Temperatur der kochenden Lösung im emaillirten eisernen Becher °C.	Gewichtsmenge des gelösten krystallisirten salpetersauren Bleies $Pb(NO_3)_2$ in 100 Theilen Wasser	Temperatur der kochenden Lösung im Glasgefäss °C.	Temperatur der kochenden Lösung im emaillirten eisernen Becher °C.
0	101,2	100,0	0	100,8	100,0
1	100,8	100,1	15	100,6	100,4
2	100,6	100,1	20	100,8	100,6
3	100,6	100,2	25	101,0	100,7
4	100,5	100,3	50	101,9	101,4
5	100,5	100,3	75	102,7	102,0
6	100,5	100,4	100	103,4	102,6
7	100,6	100,5	125	104,1	103,2
8	100,6	100,6			
9	100,7	100,6			
10	100,7	100,7			
11	100,8	100,8			
12	100,9	100,8			
13	101,0	100,9			
14	101,0	100,9			
15	101,1	101,0			
16	101,2	101,0			
17	101,2	101,1			
18	101,3	101,2			
19	101,4	101,3			
20	101,4	101,3			
30	102,1	101,9			
40	102,7	102,5			
50	103,3	103,2			
60	103,9	103,8			
70	104,4	104,4			

Bei den verdünnten Lösungen von Chlorbaryum erkennt man sehr deutlich den Einfluss, welchen der Salzgehalt auf die Erniedrigung des Siedepunktes von Wasser in Glasgefässen ausübt. Die concentrirteren Lösungen dagegen nähern sich um so mehr den Siedepunkten, welche in Metallgefässen gefunden werden, je grösser der Salzgehalt ist, bis schliesslich bei 104,4<sup>o</sup> C. beide Lösungen in beiden Gefässen denselben Siedepunkt zeigen.

Bei den Lösungen von salpetersaurem Blei dagegen sehen wir nicht dieselbe Erscheinung. Hier liegen die Siedepunkte in Glasgefässen durchgängig höher als in Metallgefässen, und der Abstand der Temperaturen wächst mit zunehmender Concentration der Lösung.

Wir sehen also, dass nicht nur die Wahl der Gefässe von Einfluss ist auf den Befund der Siedepunkte von Salzlösungen, sondern dass dieser Einfluss auch ein sehr veränderlicher ist nach der Natur der gelösten Salze.

In noch auffallenderer Weise lässt sich dieser Einfluss bei Lösungen von krystallisirter Citronensäure nachweisen. Die hoch concentrirten Lösungen von Citronensäure trüben sich beim Eindampfen und scheiden wasserfreie Säure aus. In einzelnen Glasgefässen stösst die kochende Flüssigkeit in Folge dieser Ausscheidungen ganz gewaltig, in anderen Glasgefässen weniger. Wenn alles Wasser verdampft ist und das Gewicht der ursprünglich angewendeten Citronensäure wieder hergestellt ist, kann man den Siedepunkt der geschmolzenen krystallisirten Citronensäure bestimmen. Zur Vermeidung von emaillirten Metallgefässen habe ich anfangs Glasgefässe zur Bestimmung der Siedepunkte von Citronensäurelösungen angewendet, später aber Gefässe von Biscuit-Porzellan vorgezogen. Die Unterschiede in den Siedepunkten bei Anwendung dieser Gefässe sind erstaunlich.

Siedepunkte in Glasgefässen (Barometerstand 760 mm) ° C.	Gewichtsmenge krystallisirter Citronensäure bei 100 Theilen Wasser	Siedepunkte in Gefässen von Biscuit-Porzellan (Barometerstand 760 mm) ° C.	Gewichtsmenge krystallisirter Citronensäure bei 100 Theilen Wasser
101,6	0	100	0
105	88	105	145
110	223	110	319,5
115	425	115	552,5
120	669	120	952,4
125	1031	125	1887
130	1754	130	6250
135	4082	132,5	Siedepunkt der geschmolzenen krystallisirten Citronensäure.
139,3	Siedepunkt der geschmolzenen kryst. Citronensäure.		

Aus allen diesen Gründen habe ich die Anwendung von Glasgefässen bei meinen Bestimmungen der Siedepunkte ausgeschlossen. Bei Salzlösungen benutzte ich einen Becher von emaillirtem Eisenblech; bei den Säuren einen Tiegel von rauhem Biscuit-Porzellan; bei Aetzlaugen ein blank gescheuertes Gefäss von gestanztem Eisenblech.

Noch habe ich mich zu äussern über den Einfluss, welchen der wechselnde Barometerstand auf die Siedepunkte der Salzlösungen ausübt.

In einer Abhandlung »über Glycerin« in der Monatsschrift «chemische Industrie» No. 9, 1884\*) habe ich durch eine graphische Darstellung den Zusammenhang zur Anschauung gebracht, welcher zwischen der Spannkraft der Dämpfe von wässrigen Lösungen bei Temperaturen unter den Siedepunkten einerseits und den Siedepunkten dieser Lösungen andererseits besteht.

Ein einziger Blick auf diese graphische Darstellung genügt, um sofort den Grund zu erkennen, weshalb das von Dalton aufgestellte Gesetz, nach welchem »in gleichen Abständen von den Siedetemperaturen die Spannungen der Dämpfe dieselben sein sollen,« nicht richtig sein kann. Der Grund liegt darin, dass die Spannungscurven nicht parallel neben einander laufen. Wir erkennen aber auch aus der erwähnten graphischen Darstellung, dass alle wässrigen Lösungen, welche gleiche Siedepunkte haben, bei gleicher Aenderung des Druckes (Barometerstandes) auch »sehr nahezu« um eine gleiche Temperaturgrösse ihren Siedepunkt ändern müssen.

Ich behaupte nicht, dass wässrige Salzlösungen verschiedener Natur, welche bei irgend einem Drucke gleichen Siedepunkt haben, auch unter allen übrigen Druckverhältnissen ganz genau gleiche Siedetemperatur zeigen, aber ich darf behaupten, dass innerhalb des Wechsels normaler Barometerstände (745—765 *mm*) auch dieselbe Abnahme und Zunahme der Siedetemperaturen bei wässrigen Salzlösungen angenommen werden kann. Die Beweise für die Richtigkeit dieses Ausspruches wird der Leser aus dem letzten Abschnitt dieser Abhandlung ersehen. (Taf. VIII.)

---

\*) Diese Zeitschrift 24, 106 ff.; auch als Separatabdruck erschienen bei J. Springer in Berlin.

Siedetemperaturen von wässrigen Lösungen. Bei 760 mm Barometerstand = 100° C. 110° C. 120° C. 130° C. 140° C. 150° C. 160° C. 170° C. 180° C.		Temperatur - Differenzen, welche bei Barometerständen unter 760 mm zu den gefundenen Siedepunkten zu addiren sind, oder bei Barometerständen über 760 mm von den gefundenen Siedepunkten abzuziehen sind, um den Siedepunkt auf 760 mm Barometerstand zu reduciren.											
		o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.
Barometer- stände in Millimetern	Siedepunkt des reinen Wassers	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.	o C.
773,71	100,5	- 0,5	0,65	0,78	0,90	0,98	1,03	1,07,	1,10	1,12			
771,95	100,4	- 0,4	0,52	0,62	0,72	0,78	0,82	0,86	0,88	0,90			
768,20	100,3	- 0,3	0,39	0,47	0,54	0,59	0,62	0,64	0,66	0,67			
765,46	100,2	- 0,2	0,26	0,31	0,36	0,40	0,41	0,43	0,44	0,45			
762,73	100,1	- - 0,1	0,13	0,16	0,18	0,20	0,21	0,21	0,22	0,22			
760	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
757,28	99,9	+ 0,1	0,13	0,16	0,18	0,20	0,21	0,21	0,22	0,22			
754,57	99,8	+ 0,2	0,26	0,31	0,36	0,40	0,41	0,43	0,44	0,45			
751,87	99,7	+ 0,3	0,39	0,47	0,54	0,59	0,62	0,64	0,66	0,67			
749,18	99,6	+ 0,4	0,52	0,62	0,72	0,78	0,82	0,86	0,88	0,90			
746,50	99,5	+ 0,5	0,65	0,78	0,90	0,98	1,03	1,07	1,10	1,12			

Wässrige Salzlösungen, welche bei 760 *mm* den angegebenen Siedepunkt haben, zeigen bei 745 *mm* Barometerstand die nebenstehenden Siedepunkte:

	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.
Siedepunkte bei 760 <i>mm</i>	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Siedepunkte bei 745 <i>mm</i>	99,44	109,28	119,15	129,02	138,92	148,87	158,80	168,78	178,75
Differenz	0,55	0,72	0,85	0,98	1,08	1,13	1,20	1,22	1,25

mithin eine Temperaturerniedrigung als Correctur gegen den Siedepunkt des reinen Wassers:

°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.
0	0,17	0,30	0,43	0,53	0,58	0,65	0,67	0,70	

Für jeden Millimeter Unterschied in dem Barometerstand, innerhalb des angegebenen Intervalls von 15 *mm* (760—745), beträgt also die Differenz der gefundenen Temperaturerniedrigung als Correctur gegen den Siedepunkt des reinen Wassers:

°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.	°C.
0	0,011	0,020	0,029	0,035	0,039	0,043	0,045	0,047	

Bei Barometerständen über 760 *mm* sind dieselben Zahlen als Correctur der gefundenen Temperaturerhöhung gegen den Siedepunkt des reinen Wassers in Abzug zu bringen, wenn der gefundene Siedepunkt auf 760 *mm* Barometerstand reducirt werden soll.

Alle von mir in der Folge angeführten Temperaturgrade der Siedepunkte beziehen sich auf einen Barometerstand von 760 *mm* und sind also unter sich vergleichbar.

## II. Beschreibung des angewendeten Verfahrens die Siedetemperaturen zu bestimmen.

Eine kurze Beschreibung des höchst einfachen Verfahrens, wie ich die Siedepunkte und den Gehalt der Lösungen an Salzen bestimmte, mögen hier folgen.

Ein emaillirtes, schmiedeeisernes Gefäß in Becherform, dessen Cubikinhalt 350 *cc* beträgt, wurde in einen Dreifuss so eingesenkt, dass die Hälfte des Bechers von einer untergestellten Gasflamme umspült wurde, während der obere Theil des Gefäßes der Einwirkung der directen Flamme entzogen war.

Ein Thermometer, welches in  $\frac{1}{10}$  Grade getheilt war, wurde so aufgehängt, dass das Quecksilbergefäß des Thermometers etwa 1 *mm*



vom Boden des Kochgefässes entfernt blieb. Das Thermometer blieb stets an seinem Orte aufgehängt und verblieb während der ganzen Zeit des Kochens mitten in der Flüssigkeit. Der Becher wurde mit etwa 200 cc destillirtem Wasser gefüllt und vor jeder Versuchsreihe die Temperatur des kochenden Wassers festgestellt.

Zu dem kochenden Wasser wurden 10 g des betreffenden Salzes hinzugefügt und die Flüssigkeit wieder in's Kochen gebracht. Nach einiger Zeit wurde die Temperatur abgelesen und notirt, das Feuer entfernt, der Becher mit der Zange erfasst und auf die Wage gestellt. Der Becher wurde mit einer Weissblechplatte bedeckt und das Gewicht ermittelt.

Wiederum wurden 10 g Salz hinzugefügt, gekocht, die Temperatur abgelesen und notirt, das Feuer entfernt, der Becher erfasst, auf die Wage gestellt, zugedeckt und gewogen.

Auf diese Weise wurde fortgefahren. Bei höheren Concentrationsgraden der Lösung, namentlich bei leicht löslichen Salzen, konnte die jedesmalige Gewichtsmenge des Salzes nach und nach vermehrt werden.

Da die Tara des Bechers, einschliesslich des Deckels, bekannt war, und ebenso die genau gewogenen Mengen des Salzes sich durch Addition der einzelnen Posten ergaben, so war aus dem Gewicht leicht die vorhandene Wassermenge zu ermitteln und die jedesmalige Concentration zu berechnen.

Auf diese Weise gestaltete sich die Bestimmung der Siedepunkte zu einer sehr gleichmässigen, ruhigen und deshalb sicheren Arbeit.

Ich habe mich übrigens nie mit einer einmaligen Versuchsreihe begnügt und habe es bei einzelnen Salzen nicht an sehr reichlichen Controlversuchen fehlen lassen.

Die gewonnenen Zahlen wurden in ein Curvennetz eingetragen, und zwar wurden die Siedetemperaturen als Abscissen, die Mengen Salz, welche mit 100 Theilen Wasser verbunden sind, als Ordinaten eingezeichnet. Die einzelnen Versuchsergebnisse wurden mit der Curvengerte verbunden, so dass ich aus den Curven für jeden Siedepunkt die Concentration und umgekehrt für jede Concentration den Siedepunkt ablesen konnte.

Das Eindampfen der concentrirten Salzlösungen wurde so weit fortgesetzt, bis sich eine Salzhaut bildete. Den Temperaturgrad, bei welchem die Salzhautbildung stattfindet, suchte ich, wenn möglich, genau zu ermitteln.

Ich war der Ansicht, dass die Bildung der Salzhaut auch das Ende der möglichen Concentration der siedenden Lösung bezeichnete, und dass die Salzlösungen wohl noch Salz ausscheiden, aber den Siedepunkt nicht mehr erhöhen könnten. Diese Ansicht ist jedoch eine irrige. Der Siedepunkt steigt oft noch um mehrere Grade, während erneuerte Mengen Salz ausfallen. Dann aber tritt die eigenthümliche Erscheinung ein, dass der Stand des Thermometers längere Zeit ein constanter bleibt, bis er ziemlich plötzlich wieder zu sinken anfängt.

Es ist mir nicht bekannt, dass auf diese Eigenthümlichkeit beim Sieden höchst concentrirter Salzlösungen schon jemals aufmerksam gemacht worden ist; deshalb will ich diese Beobachtung an einem Beispiel erläutern.

Krystallisirtes Glaubersalz schmilzt bei gelinder Erwärmung. Nach Brandes und Firnhaber beginnt die Schmelzung bei  $31^{\circ}$  und ist bei  $37,5^{\circ}$  möglichst vollständig. Das sich dabei in kleinen, festen Krystallen ausscheidende Salz enthält nach Brandes und Firnhaber um so weniger Wasser, je höher die Temperatur. Bei  $100^{\circ}$  scheidet sich wasserfreies Salz aus. Den Siedepunkt dieses geschmolzenen, krystallisirten Glaubersalzes fand ich beim Umrühren der Masse zu  $102,4^{\circ}$ . Wurde die Lösung weiter eingedampft, so erreichte sie den Siedepunkt  $103,2^{\circ}$ . Diesen Siedepunkt behielt die Lösung sehr lange Zeit bei, während sich immer grössere Massen wasserfreies Salz ausschieden. Dann aber fing das Thermometer an zu sinken. Als es die Temperatur  $102^{\circ}$  erreicht hatte, schöpfte ich das ausgeschiedene Salz aus, sehr schnell stieg das Thermometer wieder auf  $103^{\circ}$ , sobald ich aber das ausgeschöpfte Salz wieder zur Flüssigkeit brachte, sank auch die Temperatur der kochenden Lösung wieder auf  $102^{\circ}$ . Als die Masse sich der Trockenheit näherte, sank das Thermometer weiter und zeigte schliesslich in der eingetrockneten, feuchten Masse die Temperatur  $101^{\circ}$  C.

Ich komme jetzt zur Beschreibung eines sehr beachtenswerthen Versuches. Bei dem Interesse, welches ich dem Gegenstande schenkte, bitte ich um Nachsicht, wenn ich den Versuch in allen Einzelheiten beschreibe, damit derselbe auch von Anderen wiederholt und bestätigt werden kann.

700 g krystallisirtes Glaubersalz wurden in einer eisernen Schale geschmolzen und einige Zeit im Kochen erhalten. Hierauf wurde die Schale vom Feuer entfernt und der flüssige Theil so vollständig als möglich abgegossen, während das ausgeschiedene Salz in der Schale gelassert wurde. Ich liess das Ganze bis etwa  $50^{\circ}$  abkühlen, ehe ich die Schale

wieder auf's Feuer setzte. Dann wurde die Schale mit einer Platte von Weissblech bedeckt, welche 2 Stützen hatte. Durch den einen Stützen reichte ein aufgehängtes Thermometer bis auf den Grund der Schale, also in die feuchte Masse selbst, durch den andern Stützen reichte ein aufgehängtes Thermometer nur in den Dampfraum des kochenden Krystallbreis.

Die Flüssigkeit kam schon bei  $82^{\circ}$  C. vollständig in's Kochen, während die entweichenden Wasserdämpfe die Temperatur von  $100^{\circ}$  zeigten. Nur sehr langsam und nach und nach stieg die Temperatur des kochenden Salzbreis und erreichte die Temperatur von nahe  $100^{\circ}$  als die Masse fast eingetrocknet war.

Zu dieser fast eingetrockneten Masse fügte ich wiederum 100 g krystallisiertes Glaubersalz, welches unter Umrühren zum Schmelzen gebracht wurde.

Jetzt kochte der Krystallbrei sogar schon bei  $72^{\circ}$  C., während die Wasserdämpfe  $100^{\circ}$  C. zeigten.

Gegen das Ergebniss dieses Versuches wird man vielleicht den Einwand erheben, dass alle festen, pulverförmigen Körper in grossen Massen einer Flüssigkeit zugefügt den Siedepunkt erniedrigen. Dieser Einwand hat insoweit seine scheinbare Berechtigung, als in der That die brodelnden Wallungen, welche beim Erhitzen von Wasser entstehen, dem ein halbes Volumen reiner Sand zugefügt ist, nicht vom Sieden zu unterscheiden sind und doch zeigt die Temperatur des Wassers bei diesen vollkommen siedeähnlichen Wallungen nur wenig über  $80^{\circ}$  C., aber die entwickelten Wasserdämpfe haben in demselben Apparat eine niedrigere Temperatur, und erst wenn die Temperatur des kochenden Wassers  $100^{\circ}$  beträgt, zeigen auch die Dämpfe  $100^{\circ}$  C.

Beim Sieden des kochenden Krystallbreis von Glaubersalz war die Temperatur des entweichenden Wasserdampfes  $100^{\circ}$  und dennoch betrug die Temperatur der kochenden Lösung nur  $82^{\circ}$ , respective  $72^{\circ}$ . Ganz offenbar also ist die Gegenwart grosser Mengen ausgeschiedenen Salzes die Veranlassung, weshalb bei diesen Salzlösungen der Siedepunkt um beinahe  $30^{\circ}$  C. herabgedrückt wird. Könnte man diesen Vorgang auf rein mechanische Weise erklären, wie bei obigem Beispiel mit Wasser und Sand, so hätte diese auffallende Erscheinung eine sehr einfache und nüchterne Erklärung gefunden, aber da die Temperatur des Wasserdampfes  $100^{\circ}$  C. beträgt, so scheint es mir erwiesen, dass kein Brodeln, sondern ein vollständiges Kochen der wässrigen Lösung stattfand.

Um sicher gegen jedes Anbrennen des ausgeschiedenen wasserfreien Glaubersalzes zu sein, habe ich diesen Versuch auch in der Weise gemacht, dass ich das Schmelzen des krystallisirten Glaubersalzes in der oben beschriebenen eisernen Schale nicht über der offenen Flamme vornahm, sondern durch Einstellen der eisernen Schale in ein Oelbad, dessen Temperatur ich auf 170° C. constant erhielt.

Das Glaubersalz schmilzt hierbei ohne Umrühren sehr schnell in der Schale, auf welcher die Weissblechplatte mit 2 Stützen den Verschluss bildet.

Die Temperatur des Dampfes der geschmolzenen Glaubersalzkrystalle nahm bald 100° C. an, aber wenn jedes Umrühren der kochenden Lösung vermieden wurde, zeigte das aufgehängte Thermometer in dem geschmolzenen kochenden Glaubersalz sehr verschiedene Temperaturen, je nach der Höhe des Eintauchens. Unten in dem ausgeschiedenen wasserfreien oder sehr wasserarmen Glaubersalz zeigte das Thermometer nur etwa 75° C., aber oben in der kochenden, dünnen Lösung 103° C.

Wollte man die niedrige Temperatur des kochenden Salzbreies in der schlechten Wärmeleitung des ausgeschiedenen Salzes suchen, so würde es immer räthselhaft bleiben, weshalb andere Körper (zum Beispiel Sand oder Glaspulver) nicht ebenfalls diese Erscheinung hervorbringen.

Im Vaporimeter\*) zeigen geschmolzene Glaubersalzkrystalle bei 100° eine Spannkraftsverminderung gegen die Spannkraft des Wasserdampfes aus reinem Wasser. Es ist allerdings bemerkenswerth, dass selbst durch Zufügung grosser Mengen wasserfreien Glaubersalzes im Vaporimeter keine nennenswerthe Aenderung in der Grösse dieser Spannkraftsverminderung beobachtet werden konnte.

Bekannt ist durch die Versuche von Regnault, v. Babo, Wüllner, Tamann, W. W. J. Nicol und Anderen, dass die Dampfspannung der Wasserdämpfe aus Salzlösungen bei gleichen Temperaturen geringer ist, als aus reinem Wasser; bekannt ist ferner durch die Versuche von Rudberg, dass die Temperatur des Wasserdampfes aus siedenden Salzlösungen bei 760 mm nur 100° C. beträgt, selbst wenn der Siedepunkt der Lösung weit über dem Siedepunkt des Wassers liegt; aber unbeachtet ist es meines Wissens geblieben, dass ausgeschiedene Salze den Siedepunkt der Salzlösungen herabzudrücken vermögen. Dass aber wirklich eine chemische Wirkung die Veranlassung zur Erniedrigung des Siedepunktes beim Ausscheiden

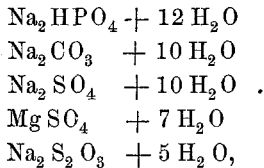
\*) Beschrieben in der Zeitschrift „Chemische Industrie“ No. 9, 1884. Auch in dieser Zeitschrift 24, 578.

von Salz ist, scheint mir durch vorstehende Versuche unwiderlegbar festgestellt zu sein.

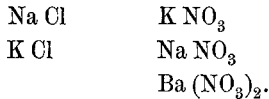
Sehen wir also auf der einen Seite, dass concentrirte Salzlösungen, deren Siedepunkt weit über 100° C. liegt, dennoch nur Wasserdämpfe von 100° aussenden, so sehen wir hier auf der anderen Seite, dass Salzlösungen, welchen grosse Mengen wasserfreien, respective wasserarmen Salzes beigemischt sind und deren Siedepunkt weit unter 100° liegen kann, ebenfalls Wasserdämpfe von 100° aussenden.

In beifolgender Zusammenstellung habe ich die Temperaturen angegeben, bei welchen ich den Eintritt der Salzhautbildung bei den verschiedenen Salzlösungen beobachtete, und gleichzeitig gebe ich die Menge Salz an, welche bei dieser Siedetemperatur neben 100 Theilen Wasser vorhanden ist; ferner gebe ich an die höchste beobachtete Siedetemperatur und die Temperaturerniedrigung bei dem Eintrocknen der Salzmasse.

Wie man bemerken wird, sind es hauptsächlich die Kystallwasser enthaltenden Salze, bei welchen ein Sinken der Temperatur vor dem Eintrocknen der Salzmasse beobachtet wurde, namentlich bei



während bei den wasserfreien Salzen in den meisten Fällen kein Sinken der Temperatur eintrat, zum Beispiel nicht bei



Es scheint daher diese Temperaturerniedrigung beim Eintrocknen der Salze mit der Abgabe des letzten Antheils Krystallwasser zusammen zu hängen. Wie ich später zeigen werde, haben wir in den siedenden Lösungen die Moleküle der Krystallwasser enthaltenden Salze nicht in wasserfreiem Zustande, sondern an Krystallwasser gebunden anzunehmen. Da nun bei der Krystallwasserbindung meist eine Verdichtung des Wassers eintritt und beim Krystallisiren dieser Salze Wärme frei wird, so wird umgekehrt mit der Losreissung und Abgabe der letzten Antheile Krystallwasser eine Temperaturerniedrigung eintreten müssen, gerade wie beim Lösen Krystallwasser enthaltender Salze im Wasser.

426 Gerlach: Siedetemperaturen der Salzlösungen und Vergleiche der Erhöhung

Name der Verbindung	Chemische Formel	Beobachtungen von Griffiths				Beobachtungen von Legrand		Eigene Beobachtungen			
		Procentgehalt der Lösung	Gewichtstheile Salz bei 100 Thl. Wasser	Siedetemperatur, Grade Fahrenheit	Siedetemperatur, Grade Celsius	Gewichtstheile Salz bei 100 Thl. Wasser	Siedepunkte, Grade Celsius	Gewichtstheile Salz bei 100 Thl. Wasser	Temperatur, bei welcher die Salz- hautbildung eintrat o C.	Beobachtete höchste Siedetemperatur o C.	Temperaturen, bis zu wel- chemd. Sinken beobachtet wurde beim Eindampfen. o C.
Schwefelsaures Natron .	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	31,5	46	213	100,6			43,9	102,9	103,2	101
Schwefelsaures Kali . .	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	17,5	21,2	215	101,7			25,3	101,7	102,1	
Saures schwefels. Kali .	KHSO <sub>4</sub>	—	—	222	105,5						
Schwefels. Ammoniak .	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>							88,2	106,2	108,2	107,2
Schwefelsaure Magnesia	MgSO <sub>4</sub>	57,5	135,3	222	105,5			48,4	104,1	108	102
Schwefelsaures Zink . .	ZnSO <sub>4</sub>	45	81,8	220	104,4			68	103,5	105	
„ Eisen . .	FeSO <sub>4</sub>	64	177,7	216	102,2					102,4	
„ Mangan .	MnSO <sub>4</sub>							48,7	101,6	102,4	
„ Nickel .	NiSO <sub>4</sub>	65	185,7	235	112,8						
„ Kupfer .	CuSO <sub>4</sub>	45	81,8	216	102,2			60,3	102,3	104,8	
Schwefelsaures Kupfer- oxyd-Kali . . . . .	Cu K <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	40	66,6	217	102,8						
Alaun . . . . .	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> + K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	52	103,3	220	104,4			114,2	106,3	—	Kein Sinken
Unterschwefligsaures Natron . . . . .	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>							272,5	123,5	125,5	121
Chlornatrium . . . . .	Na Cl	30	42,9	224	106,6	41,2	108,4	38,7	108,3	108,8	Kein Sink.
Chlorkalium . . . . .	K Cl					59,4	108,3	52,7	107,7	108,5	Kein Sink.
Chlorlithium . . . . .	Li Cl							119,5	159	166	Kein Sink.
Salmiak . . . . .	NH <sub>4</sub> Cl	50	100	236	113,3	88,9	114,2	74,2	113	114,8	111,9
Chlormagnesium . . . .	Mg Cl <sub>2</sub>							52,9	122,5	—	Kein Sink.
Chlorcalcium . . . . .	Ca Cl <sub>2</sub>					325	179,5	178	150	—	Kein Sink.
Chlorstrontium . . . . .	Sr Cl <sub>2</sub>					117,5	117,6	102,7	115,5	119	116
Chlorbaryum . . . . .	Ba Cl <sub>2</sub>	45	81,8	220	104,4	60,1	104,4	54,1	104,4	104,9	102,7
Bronnatrium . . . . .	Na Br										
Bromkalium . . . . .	K Br										
Jodnatrium . . . . .	Na J										
Jodkalium . . . . .	K J										
Jodsaures Natron . . . .	Na JO <sub>3</sub>										
Jodsaures Kali . . . . .	K JO <sub>3</sub>										
Bromsaures Natron . . . .	Na Br O <sub>3</sub>										
Bromsaures Kali . . . . .	K Br O <sub>3</sub>										
Chlorsaures Natron . . . .	Na ClO <sub>3</sub>										
Chlorsaures Kali . . . . .	K ClO <sub>3</sub>										

gesättigte Lösung.

gesättigte Lösung.

(Kremers)

Name der Verbindung	Chemische Formel	Beobachtungen von Griffiths				Beobachtungen von Legrand		Eigene Beobachtungen			
		Procentgehalt der Lösung	Gewichtstheile Salz bei 100 Thl. Wasser	Siedetemperatur, Grade Fahrenheit	Siedetemperatur, Grade Celsius	Gewichtstheile Salz bei 100 Thl. Wasser	Siedepunkte, Grade Celsius	Gewichtstheile Salz bei 100 Thl. Wasser	Temperatur, bei welcher die Salz- hautbildung eintritt ° C.	Beobachtete höchste Siedetemperatur ° C.	Temperaturen, bis zu wel- chen d. Sinken beobachtet wurde beim Eindampfen. ° C.
Chlorsaures Kali . .	KClO <sub>3</sub>	40	66,6	218	103,3	61,5	104,2			104,4	103
Salpetersaures Natron .	NaNO <sub>3</sub>	60	150	246	118,9	224,8	121	194	118	120,5	Kein Sink.
„ Kali . .	KNO <sub>3</sub>	74	284,6	238	114,4	335,1	115,9	215	111	115,3	Kein Sink.
„ Ammoniak	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	—	—	360	182,2	∞	180	—	—	∞	Kein Sink.
Salpetersaurer Kalk .	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>					362,2	151	333,5	141	151	Kein Sink.
„ Strontian	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	53	112,8	224	106,6			116,5	106,3	107	105
„ Baryt .	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	26,5	36	214	101,1			29,5	101,1	101,5	Kein Sink.
Salpetersaures Blei .	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	52,5	140	216	102,2			—	—	103,5	Kein Sinken
„ Kupfer .	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	—	—	344	173,3						
Phosphorsaures Natron	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	—	—	222	105,5	113,2	106,5	108,8	106,4	106,8	101,5
Borsäure . . . . .	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	—	—	218	103,3						
Borax . . . . .	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	52,5	110,5	222	105,5			60,4	103	104,3	103,5
Kohlensaures Natron .	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	—	—	220	104,4	48,5	104,6	42,2	104,1	105	102
„ Kali . .	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>					205	133	158	126	134,9	Kein Sinken
Aetznatron . . . . .	NaOH	—	—	420	215,5			∞	—	310	
Aetzkali . . . . .	KOH	—	—	316	157,7			623,6	—	315	
Gelbes Blutlaugensalz	K <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	55	122,2	218	103,3						
Quecksilberchlorid . .	HgCl <sub>2</sub>	—	—	214	101,1						
Quecksilbercyanid . .	Hg(NH) <sub>2</sub>	35	53,8	214	101,1						
Essigsäures Natron . .	NaC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	60	150	256	124,4	209	124,37	187,5	123,5	125,2	123
„ Kali . . . . .	KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>					798,2	169	575	158	—	—
„ Blei . . . . .	Pb(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	41,5	70,9	215	101,7						
„ Kupfer . . . . .	Cu(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	16,5	19,7	214	101,1						
Kleesäure, krystallisirt	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O	—	—	234	112,2			∞	—	125,2	
Kleesaures Kali . . .	K <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	40	66,6	220	104,4						
„ Ammoniak . . . . .	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	29	40,8	218	103,3						
Weinsäure, krystallisirt	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>							∞	—	170	
Krystallisirtes weinsäu- res Kali-Natron . . .	KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> + 4H <sub>2</sub> O	90	900	240	115,5			∞	—	115,6	
Weipsaures Kali . . .	K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	68	212,5	234	112,2	269,2	114,67	199,5	112,5	115,6	112
Saures weinsaures Kali	KHC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	9,5	10,9	214	101						
Weinsaures Natron . .	Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>							115	106,7	108,4	
Citronensäure, krystallisirt	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> + H <sub>2</sub> O							∞	—	132,5	

Um dieser Zusammenstellung eine möglichste Vollständigkeit zu geben, fügte ich auch einige ältere Angaben über denselben Gegenstand bei, und zwar die Angaben von T. Griffiths,\*) von J. Legrand\*\*) und von P. Kremers.\*\*\*)

Griffiths bestimmte die Salzmenge in einem Theil der siedenden Lösung »durch Verdampfen zur Trockne«. Ich vermuthe, dass also bei den Vitriolen das siebente Molecül Wasser, welches nach Graham als salinisches Wasser zu betrachten ist und erst bei höherer Temperatur entweicht, im »trocknen Salz« verblieb.

Legrand nahm die Bestimmungen der Siedetemperatur in einer 6 Zoll langen, 11 Linien breiten, unten zugeschmolzenen Glasröhre vor und legte zur Verminderung des Aufstossens der kochenden Flüssigkeit etwas Zinkmetall ein. Legrand beobachtete, dass ungeachtet der Bewegung beim Sieden sich oftmals ein Siedeverzug einstellte. Am auffallendsten zeigte sich diese Erscheinung beim kohlen-sauren Kali. Einmal sah Legrand die Lösung von kohlen-saurem Kali die Temperatur von 140° C. erreichen ohne Salz auszuscheiden; allein plötzlich fand unter starkem Aufbrausen eine bedeutende Salzablagerung statt und sogleich sank das Thermometer auf 135° C., wo es sich nun fortwährend erhielt.

Ich habe bei meinen vielen Versuchen ein solches plötzliches Sinken des Thermometers durch Siedeverzug nie beobachtet und vermuthe, dass die Verschiedenheit der gewählten Kochgefäße die Ursache hiervon ist; es sei denn, dass man die zu hoch gefundenen Siedepunkte der Citronen-säurelösungen in Glasgefäßen als derartige Siedeverzüge betrachten will.

Man wird übrigens beobachten wollen, dass meine Versuche nicht immer direct vergleichbar sind mit den Versuchen der genannten Physiker, da ich den Eintritt der Salzhautbildung notirte, während die Genannten die Siedetemperaturen der gesättigten Lösungen beobachteten.

---

\*) Journal of Science No. 35, S. 90; auch in Poggendorff's Annalen 2, 227, (1824).

\*\*) Annales de Chimie et de Physique 53, 423; auch in Poggendorff's Annalen 37, 379 (1836); Journal für praktische Chemie von O. L. Erdmann (1835).

\*\*\*) Poggendorff's Annalen 97, 19 (1856).



III. Angabe der durch den Versuch gefundenen Siedetemperaturen bei 760 mm Druck.

Ich wende mich jetzt zur Mittheilung meiner Versuche über die Siedetemperaturen der Salzlösungen bei verschiedenen Concentrationsgraden und einiger anderen hierbei gemachten Beobachtungen.

Da wo ich krystallisirte Salze mit bestimmt ausgesprochenem Krystallwassergehalt anwenden konnte, habe ich dies gethan; aber bei Salzen, welche gar zu leicht verwittern (wie  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$ ), oder welche zu leicht zerfließen (wie  $\text{LiCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ ), oder einen fraglichen Krystallwassergehalt haben [wie  $(\text{K}_2\text{CO}_3)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ], habe ich vorgezogen, die scharf getrockneten oder geglühten Salze in Anwendung zu bringen.

Ist ein Krystallwasser enthaltendes Salz in 100 Theilen Wasser gelöst und setzt man

A für das Gewicht des gelösten wasserfreien Salzes,

B für das Gewicht des Krystallwassers,

C für das Gewicht des gelösten, Krystallwasser enthaltenden Salzes,

so erfährt man das Gewicht des wasserfreien Salzes, welches in 100 Theilen Wasser gelöst ist, nach der Formel:

$$\frac{(C - B) \times 100}{100 + B} = A = \text{Gewichtstheile}$$

des wasserfreien Salzes, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind.

Ist das Salz in wasserfreiem Zustande in 100 Theilen Wasser gelöst, so erfährt man das Gewicht des Krystallwasser enthaltenden Salzes, welches in 100 Theilen Wasser gelöst ist, nach der Formel:

$$\frac{(A + B) \times 100}{100 - B} = C = \text{Gewichtstheile}$$

des Krystallwasser enthaltenden Salzes, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind.

Schwefelsaures Natron  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{Na}_2\text{SO}_4$	141,80	44,12	100	78,41
$10\text{H}_2\text{O}$	179,60	55,88	126,66	100
Moleculargewicht	321,40	100	226,66	178,41

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind.			
	Wasserfreies Salz Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Differenz		Krystallisirtes Salz Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 10 H <sub>2</sub> O Differenz	
100 . . .	0		0	
100,5 . . .	9,5	9,5	24,5	24,5
101 . . .	18	8,5	52,8	28,3
101,5 . . .	26	8	87,9	35,1
102 . . .	33	7	128,5	40,6
102,5 . . .	39	6	174,7	46,2
103 . . .	44,5	5,5	231,1	56,4
103,2 . . .	46,7		258,6	

Bei der Siedetemperatur 102,9<sup>0</sup> traten einzelne kleine Krystalle scharf auf der Oberfläche der kochenden Flüssigkeit auf, die beim Erkalten wieder verschwanden. Glaubersalz hat bekanntlich sein Löslichkeitsmaximum weit unter dem Siedepunkte der Lösungen. Bei 103,2<sup>0</sup> konnte man schon auf dem Boden des Kochgefäßes ausgeschiedenes, wasserfreies Salz fühlen. Diese Temperatur 103,2<sup>0</sup> behielt die Lösung lange Zeit bei, während immer grössere Mengen Salz ausfielen. Infolge dieser Salzausscheidungen sank dann nach und nach das Thermometer bis 101<sup>0</sup>, wobei das Salz starke Neigung zum Anbrennen zeigte.

Schwefelsaures Kali K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Moleculargewicht 173,90).

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theil. Wasser Differenz	
	100 . . .	0
100,5 . . .	7	7
101 . . .	14,5	7,5
101,5 . . .	22,1	7,6
102 . . .	30	7,9
102,1 . . .	31,6	

Bei 101,7<sup>0</sup> bildeten sich auf der Oberfläche der kochenden Lösung kleine Krystalle, welche sich bald zu einer deutlichen Salzhaut zusammen zogen. Das Thermometer stieg noch bis 102,1<sup>0</sup>, wobei sich jedoch schon wenig Salz auf dem Boden zu erkennen gab. Das Thermometer sank von hier ab in dem Maasse, als sich Salz ausschied. Wurde das Salz ausgeschöpft, so stieg das Thermometer wieder bis 101,7<sup>0</sup>.

Schwefelsaures Ammoniak  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   
(Moleculargewicht 131,84).

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser Differenz
100 . . . .	0 7,8
100,5 . . . .	7,8 7,6
101 . . . .	15,4 7,4
101,5 . . . .	22,8 7,3
102 . . . .	30,1 7,1
102,5 . . . .	37,2 7,0
103 . . . .	44,2 6,9
103,5 . . . .	51,1 6,9
104 . . . .	58 6,9
104,5 . . . .	64,9 6,9
105 . . . .	71,8 6,9
105,5 . . . .	78,7 6,8
106 . . . .	85,5 6,8
106,5 . . . .	92,3 6,8
107 . . . .	99,1 6,8
107,5 . . . .	105,9 6,7
108 . . . .	112,6
108,2 . . . .	115,3

Bei 106,2° begann sich ein Salzhütchen auf der kochenden Flüssigkeit zu zeigen. Dieses Salzhütchen nahm beim Eindampfen zu und bei 108,2° war eine geringe Menge ausgeschiedenes Salz mit dem Glasstab auf dem Boden des Kochgefäßes zu fühlen. Während sich immer grössere Mengen Salz ausschieden, behielt die kochende Lösung die Temperatur 108,2° lange Zeit bei; als aber die eingedickte Masse zu spritzen anfang, sank das Thermometer und erreichte die Temperatur 107,2°.

Schwefelsaure Magnesia  $\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{MgSO}_4$	119,76	48,79	100	95,26
$7\text{H}_2\text{O}$	125,72	51,21	104,98	100
	<u>245,48</u>	<u>100</u>	<u>204,98</u>	<u>195,26</u>

Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.			
	Wasserfreies Salz Mg SO <sub>4</sub>		Krystallisirtes Salz Mg SO <sub>4</sub> + 7 H <sub>2</sub> O	
	Differenz		Differenz	
100 . . .	0,	8,8	0	20
100,5 . . .	8,8	7,9	20	21,5
101 . . .	16,7	6,8	41,5	22,5
101,5 . . .	23,5	6,0	64	23,5
102 . . .	29,5	5,2	87,5	24,5
102,5 . . .	34,7	4,8	112	26
103 . . .	39,5	4,3	138	28
103,5 . . .	43,8	3,9	166	30
104 . . .	47,7	3,6	196	32
104,5 . . .	51,3	3,3	228	34
105 . . .	54,6		262	
108 . . .	75,?		722,?	

Bei 104,1° begann sich eine schwache Salzhaut zu bilden; bei 105° war dieselbe sehr stark, bei weiterem Eindampfen schäumte und spritzte die Lauge und zeigte bei 107° starke Neigung zum Anbrennen. Das Thermometer stieg noch bis 108,1°. Die Salzmasse bildete einen dicken krystallinischen Brei, der lange Zeit die Temperatur 108° beibehielt; dann aber konnte ein Sinken des Thermometers beobachtet werden bis etwa 102°; in dem Maasse als die Salzmasse eintrocknete stieg es von hier ab wieder.

Zinkvitriol Zn SO<sub>4</sub> + 7 H<sub>2</sub> O.

Zn SO <sub>4</sub>	160,72	56,11	100	127,84
7 H <sub>2</sub> O	125,72	43,89	78,22	100
	286,44	100	178,22	227,84

Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.			
	Wasserfreies Salz Zn SO <sub>4</sub>		Krystallisirtes Salz Zn SO <sub>4</sub> + 7 H <sub>2</sub> O	
	Differenz		Differenz	
100 . . .	0	13,1	0	26
100,5 . . .	13,1	11,9	26	29,5
101 . . .	25	10,7	55,5	33
101,5 . . .	37,7	9,7	88,5	37
102 . . .	45,4	8,5	125,5	41
102,5 . . .	53,9	7,1	166,5	41,3
103 . . .	61	7,0	207,8	56,2
103,5 . . .	68	6,9	264	59
104 . . .	74,9	5,8	323	66,5
104,5 . . .	80,7	5,0	389,5	74,5
105 . . .	85,7		464	

Bei 103,5<sup>o</sup> bildete sich eine schwache, gallertartige Salzhaut, bei 105<sup>o</sup> war diese Salzhaut fester und stärker, aber gleichzeitig erschien die kochende Flüssigkeit schwach milchig gefärbt, es fand also schon eine Ausscheidung von wasserfreiem Salz statt, oder vielmehr, nach Analogie der Lösungen von schwefelsaurer Magnesia, eine Ausscheidung von ZnSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O, denn bei 100<sup>o</sup> verlieren die Krystalle des Zinkvitriols ebenfalls nur 6 Molecüle Wasser, während das siebente Molecül erst beim gelinden Glühen entweicht.

Eisenvitriol FeSO<sub>4</sub> + 7 H<sub>2</sub>O.

	FeSO <sub>4</sub>	151,72	54,69	100	120,68
	7 H <sub>2</sub> O	125,72	45,31	82,86	100
		277,44	100	182,86	220,68

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.			
	Wasserfreies Salz FeSO <sub>4</sub>		Krystallisirtes Salz FeSO <sub>4</sub> + 7 H <sub>2</sub> O	
	Differenz		Differenz	
100 . . .	0	17,7	0	38
100,5 . . .	17,7	16,7	38	50
101 . . .	34,4	16	88	70
101,5 . . .	50,4		158	
101,6 . . .	53,2		174	

Eisenvitriol gehört zu den Salzen, welche ihr Löslichkeitsmaximum unter dem Siedepunkt haben. Eine warme Lösung, welche auf 100 Theile Wasser 174 Theile krystallisirten Eisenvitriol enthält, scheidet schon beim Erwärmen auf 90<sup>o</sup> ein Krystallhäutchen aus. — Eine bei 70<sup>o</sup> gesättigte Lösung bildet eine trübe Lauge, die schon bei 80<sup>o</sup> eine Salzhaut bildet, welche sich beim weiteren Erwärmen (nicht Eindampfen) vermehrt. Diese trübe Lauge kocht bei 102,4<sup>o</sup> unter Stossen und Salzausscheidung. Die Salzhaut verschwand wieder beim Erkalten auf 73<sup>o</sup>, wenn die Flüssigkeit umgerührt wurde, kam aber bei 68<sup>o</sup> wieder stärker zum Vorschein; bei 50<sup>o</sup> krystallisirte die Lauge.

Manganvitriol MnSO<sub>4</sub> + 4 H<sub>2</sub>O.

	MnSO <sub>4</sub>	150,62	67,71	100	209,66
	4 H <sub>2</sub> O	71,84	32,29	47,70	100
		222,46	100	147,70	309,66

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.			
	Wasserfreies Salz MnSO <sub>4</sub>		Krystallisirtes Salz MnSO <sub>4</sub> + 4 H <sub>2</sub> O	
	Differenz		Differenz	
100 . . . .	0	17,1	0	27,5
100,5 . . . .	17,1	15,0	27,5	28,5
101 . . . .	32,1	14,1	56	31,5
101,5 . . . .	46,2	12,7	87,5	33,5
102 . . . .	58,9		121	
102,4 . . . .	68,4		150	

Schon bei 101,6° bildete sich auf der kochenden Flüssigkeit ein Salzhütchen, welches sich beim Erkalten verstärkte. Bei 101,8° begann die Flüssigkeit sich zu trüben von pulverförmig ausgeschiedenem Salz. Das Thermometer stieg noch beim weiteren Einkochen während dieser Salzausscheidung bis 102,4° und behielt diese Temperatur längere Zeit bei. Ein Sinken der Temperatur beim ferneren Einkochen konnte nicht beobachtet werden.

Kupfervitriol CuSO<sub>4</sub> + 5 H<sub>2</sub>O.

CuSO <sub>4</sub>	158,92	63,89	100	178,09
5 H <sub>2</sub> O	89,80	36,11	56,51	100
	248,72	100	156,51	278,09

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.			
	Wasserfreies Salz CuSO <sub>4</sub>		Krystallisirtes Salz CuSO <sub>4</sub> + 5 H <sub>2</sub> O	
	Differenz		Differenz	
100 . . . .	0	21,3	0	38
100,5 . . . .	21,3	15,6	38	35
101 . . . .	36,9	11,1	73	29
101,5 . . . .	48	8,2	102	27
102 . . . .	56,2	6,8	129	26
102,5 . . . .	63	6	155	25
103 . . . .	69	5,9	180	25
103,5 . . . .	74,9	5,2	205	24
104 . . . .	80,1		229	
104,2 . . . .	82,2		240	

Bei 102,3° zeigte sich Neigung zur Bildung einer Salzhaut; sie erschien sofort, wie die Lösung bis 102° erkaltete. Bei 104,2° schieden

sich kleine Krystalle auf den Blasen der kochenden Lösung aus und von dieser Temperatur ab fand reichliche Salzausscheidung während des Kochens statt. Das Thermometer stieg noch bis 104,8°, bei welcher Temperatur die eintrocknende Salzmasse stark spritzte. Ein Fallen des Thermometers konnte nicht beobachtet werden, sondern das Thermometer stieg beim Eintrocknen der Salzmasse.

Krystallisirter Kali-Alaun  $Al_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 24 H_2O$ .

$Al_2K_2(SO_4)_4$	515,96	54,48	100	120,55
$24 H_2O$	431,04	45,52	83,54	100
	947,00	100	183,54	220,55

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.		Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen krystalli- sirtem Alaun.	
	Wasserfreier Alaun $AlK(SO_4)_2$	Krystallisirter Alaun $AlK(SO_4)_2 + 12 H_2O$ Differenz	Differenz	
100 . . .	0	0	∞	
100,5 . . .	17	35,5	279	144
101 . . .	30,2	74	135	50,1
101,5 . . .	41,8	117,8	84,9	24,9
102 . . .	51,6	167	60	15,4
102,5 . . .	60,4	224	44,6	10,8
103 . . .	68,7	296	33,8	8,3
103,5 . . .	76,7	392	25,5	6,1
104 . . .	83,9	515	19,4	4,9
104,5 . . .	90,7	690	14,5	4,2
105 . . .	97,6	971	10,3	3,4
105,5 . . .	103,9	1449	6,9	3,1
106 . . .	110,5	2632	3,8	2,7
106,5 . . .	116,9	9091	1,1	
106,7 . . .	120,55	∞	0	

Der angewendete Alaun gab mit Kalilauge gekocht keinen Ammoniakgehalt zu erkennen. Bei 104,9° wurde die kochende Lösung schwach milchig; bei 106,3° waren Salzhäutchen auf den Blasen der kochenden Lösung, 100 Theile Wasser enthalten 114,2 wasserfreien Alaun gelöst. Bei 106,7° war durch Verdampfung des Lösungswassers das Gewicht des angewendeten krystallisirten Alauns wieder hergestellt; die Temperatur 106,7° ist also die Siedetemperatur des geschmolzenen krystallisirten Kali-Alauns. Bei 109° konnte man am Boden mit dem Glasstab eine zähe, klebrige, angebrannte Masse fühlen; bei 110° glich die Masse einem fadenziehenden Kleister. Während bei weiterem Eindampfen das An-

brennen am Boden des Kochgefäßes zunahm, vermehrte sich auch die Zähigkeit der sich aufblähenden Masse, so dass ich bei 114° den Versuch einstellte. Es war wenig über die Hälfte des vorhandenen Kristallwassers verdampft.

Unterschwefligsaures Natron  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	157,82	63,73	100	175,75
$5\text{H}_2\text{O}$	89,80	36,27	56,90	100
	247,62	100	156,90	275,75

Siedetemperatur °C.	Gewichtsteile Salz bei 100 Theilen Wasser.				Siedetemperatur °C.	Gewichtsteile Salz bei 100 Theilen Wasser.			
	Wasserfreies Salz $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		Krystallisirtes Salz $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$			Wasserfreies Salz $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		Krystallisirtes Salz $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$	
	Differenz		Differenz			Differenz		Differenz	
100	0	14	0	23,8	113	131,5	10	819,2	319,9
101	14	13	23,8	26,2	114	141,5	10,5	1129,1	626,2
102	27	12	50	28,6	115	152	12	1765,3	1580,8
103	39	10,5	78,6	29,5	116	164	12	3346,1	
104	49,5	9,5	108,1	31,2	117	175,75	11,75	∞	
105	59	9	139,3	34,7	118	188	13		
106	68	9	174	41,6	119	201	13,5		
107	77	9	215,6	48,6	120	214,5	14,5		
108	86	9	264,2	60,2	121	229	15		
109	95	9	324,4	75,3	122	244	18		
110	104	9	399,7	96,7	123	262	21		
111	113	9	496,4	129,6	124	283	28		
112	122	9,5	626	193,2	125	311	37		
113	131,5		819,2		126	348			

Es wurde gross krystallisirtes, anscheinend lufttrockenes Salz angewendet. Unterschwefligsaures Natron schmilzt beim Erwärmen in seinem Kristallwasser. Bei 123,5° begann sich ein Salzhäutchen auf den Blasen der kochenden Lösung zu bilden und bei 125,5° war die Flüssigkeit schon milchig von ausgeschiedenem Salz, obgleich mit dem Glasstab kein Salz auf dem Boden des Kochgefäßes gefühlt werden konnte. Die Temperatur von 125,5° behielt die kochende Lösung während des Eindampfens und der folgenden Salzausscheidung lange Zeit bei. Als der eingedickte Salzbrei zu spritzen anfang, sank das Thermometer während des Eintrocknens der Masse bis 121°.

Chlorlithium  $\text{LiCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{LiCl}$	42,37	54,12	100	117,96
$2\text{H}_2\text{O}$	35,92	45,88	84,78	100
	78,29	100	184,78	217,96



Siede- temperatur. ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.				Siede- temperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.			
	Wasserfreies Salz Li Cl		Krystallisirtes Salz Li Cl + 2 H <sub>2</sub> O			Wasserfreies Salz Li Cl		Krystallisirtes Salz Li Cl + 2 H <sub>2</sub> O	
	Differenz		Differenz			Differenz		Differenz	
100	0	3,5	0	6,5	135	65	1,5	267,5	14,5
101	3,5	3,5		6,5	136	66,5	1,5	282	15,5
102	7	3	13	6,5	137	68	1,75	297,5	17,5
103	10	2,5	19,5	6,5	138	69,75	1,75	315	19,5
104	12,5	2,5	26	6	139	71,50	1,75	334,5	22
105	15	2,5	32	6	140	73,25	1,75	356,5	25
106	17,5	2,5	38	6	141	75	2	381,5	28
107	20	2,5	44	6	142	77	2	409,5	32
108	22	2	50	6	143	79	2	441,5	36,2
109	24	2	56	6	144	81	2	477,7	40,5
110	26	2	62	6	145	83	2	518,2	44,9
111	28	2	68	6	146	85	2,5	563,1	63,6
112	30	2	74	6	147	87,5	2,5	626,7	74,8
113	32	1,5	80	6	148	90	2,5	701,5	89,6
114	33,5	1,5	86	6	149	92,5	2,5	791,1	108,9
115	35	1,5	92	6	150	95	2,5	900	135,1
116	36,5	1,5	98	6	151	97,5	2,5	1035,1	172,1
117	38	1,5	104	6	152	100	2,5	1207,2	238,6
118	39,5	1,5	110	6,5	153	102,5	2,5	1445,8	317,8
119	41	1,5	116,5	6,5	154	105	2,5	1763,6	467,9
120	42,5	1,5	123	7	155	107,5	3	2231,5	1009,5
121	44	1,5	130	7	156	110,5	3	3241	2277,4
122	45,5	1,5	137	7,5	157	113,5	3	5518,4	11035,6
123	47	1,5	144,5	8	158	116,5	3	16554,0	
124	48,5	1,5	152,5	8	158,5	117,96	3	∞	
125	50	1,5	160,5	8,5	159	119,5	3		
126	51,5	1,5	169	9,5	160	122,5	3		
127	53	1,5	173,5	9,5	161	125,5	3		
128	54,5	1,5	188	9,5	162	128,5	3		
129	56	1,5	197,5	9,5	163	131,5	3,5		
130	57,5	1,5	207	11	164	135	3,5		
131	59	1,5	218	12	165	138,5	4		
132	60,5	1,5	230	12	166	142,5	4		
133	62	1,5	242	12,5	167	146,5	4,5		
134	63,5	1,5	254,5	13	163	151			
135	65		267,5						

Das krystallisirte Chlorlithium ist leicht zerfliesslich und schmilzt im eigenen Krystallwasser; auch das wasserfreie Chlorlithium schmilzt bei dunkler Rothgluth und ist bekanntlich flüchtiger als Chlorkalium.

Der Feuchtigkeitsgehalt des angewendeten Salzes wurde durch gelindes Glühen festgestellt.

Bei 159° ist der Beginn der Salzhautbildung auf der kochenden Lösung. Bei 168° wurde die kochende Lösung milchig von ausgeschiedenem Salz. Die Temperatur 168° behielt die Flüssigkeit sehr lange während des Eindampfens der Lösung bei, bis der milchweisse Salzbrei umherspritzte. Als die Masse sich der Trockenheit näherte, sank die Temperatur bis 166°; unter Abgabe der letzten Antheile Feuchtigkeit stieg dann die Temperatur wieder.

## Chlornatrium NaCl (Moleculargewicht 58,36.)

Siedetemperatur ° C.	NaCl Differenz	Siedetemperatur ° C.	NaCl Differenz
100 . .	0 3,4	105 . .	25,5 2,0
100,5 . .	3,4 3,2	105,5 . .	27,5 2,0
101 . .	6,6 3,0	106 . .	29,5 2,0
101,5 . .	9,6 2,8	106,5 . .	31,5 2,0
102 . .	12,4 2,5	107 . .	33,5 2,0
102,5 . .	14,9 2,3	107,5 . .	35,5 2,0
103 . .	17,2 2,2	108 . .	37,5 2,0
103,5 . .	19,4 2,1	108,5 . .	39,5 2,0
104 . .	21,5 2,0	108,8 . .	40,7 2,0
104,5 . .	23,5		

Es wurde scharf getrocknetes Salz angewendet. Bei 108,3° erschienen die ersten kleinen Krystalle auf der Oberfläche der kochenden Flüssigkeit, die sich bei Entfernung der Flamme sofort zu einer Salzkruste vermehrten. Bei 108,5° bildete sich eine Salzhaut auf den Blasen der kochenden Lösung; diese Salzhaut vermehrte sich beim Eindampfen, ohne dass die Temperatur höher stieg als 108,8°.

## Chlorkalium KCl (Moleculargewicht 74,41).

Siedetemperatur ° C.	KCl Differenz	Siedetemperatur ° C.	KCl Differenz
100 . .	0 4,9	105 . .	36,2 3,1
100,5 . .	4,9 4,3	105,5 . .	39,3 3,1
101 . .	9,2 3,9	106 . .	42,4 3,1
101,5 . .	13,1 3,6	106,5 . .	45,5 3,1
102 . .	16,7 3,4	107 . .	48,4 3,1
102,5 . .	20,1 3,3	107,5 . .	51,5 3,1
103 . .	23,4 3,3	108 . .	54,5 3,1
103,5 . .	26,7 3,2	108,5 . .	57,4 3,1
104 . .	29,9 3,2		
104,5 . .	33,1		

Es wurde scharf getrocknetes Salz angewendet. Die ersten kleinen Krystalle waren bei 107,7° auf den Blasen der kochenden Flüssigkeit sichtbar. Bei 108,5° bildete sich auf der Flüssigkeit selbst eine Salzhaut. Diese Temperatur 108,5° behielt die kochende Flüssigkeit während des Eindampfens bei, selbst als sich schon viel Salz ausgeschieden hatte. Ein Sinken des Thermometers konnte nicht beobachtet werden, selbst als fast alles Wasser verdampft war und die Masse zur Trockenheit gelangte.

Salmiak NH<sub>4</sub>Cl (Moleculargewicht 53,38).

Siedetemperatur ° C.	NH <sub>4</sub> Cl Differenz	Siedetemperatur ° C.	NH <sub>4</sub> Cl Differenz
100 . .	0 6,5	108 . .	45 5,6
101 . .	6,5 6,3	109 . .	50,6 5,6
102 . .	12,8 6,2	110 . .	56,2 5,7
103 . .	19 5,7	111 . .	61,9 5,9
104 . .	24,7 5,0	112 . .	67,8 6,4
105 . .	29,7 4,9	113 . .	74,2 7,1
106 . .	34,6 5,0	114 . .	81,3
107 . .	39,6 5,4	114,8 . .	87,1

Schon bei 113° zeigte sich Neigung zur Salzhautbildung; das Thermometer stieg aber immer höher bei der Concentration der Lösung bis 114,8°. Auf diesem Punkt blieb es lange Zeit unverändert stehen, während sich viel Salz ausschied. Nach und nach sank das Thermometer wieder und erreichte endlich im steifen Salzbrei die Temperatur 111,9°. Ein niedrigerer Stand konnte nicht beobachtet werden, im Gegentheil stieg das Thermometer von hier ab unablässig in dem steifen Krystallbrei, der schliesslich ganz eintrocknete.

Jodkalium KJ (Moleculargewicht 165,57).

Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser Differenz	Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser Differenz
100 . .	0 15	110 . .	134 11
101 . .	15 15	111 . .	145 10
102 . .	30 15	112 . .	155 10
103 . .	45 15	113 . .	165 10
104 . .	60 14	114 . .	175 10
105 . .	74 13	115 . .	185 10
106 . .	87 12,5	116 . .	195 10
107 . .	99,5 12	117 . .	205 10
108 . .	111,5 11,5	118 . .	215
109 . .	123 11	118,5 . .	220
110 . .	134		

Bei 117,5° war eine deutliche Salzhaut auf der kochenden Lösung bemerkbar. Die Temperatur stieg noch bis 118,5°, welche Temperatur das Thermometer lange Zeit beibehielt, während sich immer grössere Massen Salz ausschieden. Selbst als die eingedickte Salzmasse spritzte, stieg das Thermometer nicht höher als 118,5° C.

Chlormagnesium  $MgCl_2 + 6H_2O$ .

$MgCl_2$	94,68	46,77	100	87,86
$6H_2O$	107,76	53,23	113,81	100
	202,44	100	213,81	187,86

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser		Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser	
	Wasserfreies Salz	Krystallisirtes Salz		Wasserfreies Salz	Krystallisirtes Salz
	$MgCl_2$ Differenz	$MgCl_2 + 6H_2O$ Differenz		$MgCl_2$ Differenz	$MgCl_2 + 6H_2O$ Differenz
100	0	0	116	43,4	183
101	4,9	11	117	44,9 1,5	197 14
102	9,2	22	118	46,4 1,5	211 14
103	13,2	33	119	47,9 1,5	226 15
104	16,7	44	120	49,4 1,4	241 16
105	19,9	55	121	50,8 1,4	257 17
106	22,5	66	122	52,2 1,4	274 19
107	25,0	77	123	53,6 1,4	293 20
108	27,5	88	124	55,0 1,4	313 20
109	29,9	99	125	56,4 1,3	333 23
110	32,3	110	126	57,7 1,3	356 25
111	34,6	121	127	59,0 1,3	381 29
112	36,6	133	128	60,3 1,3	410 30
113	38,4	145	129	61,6 1,3	440 31
114	40,2	157	130	62,9	471
115	41,8	170			

Es wurde lufttrockenes, krystallisirtes Chlormagnesium verwendet. Der Anfang der Bildung einer Salzhaut ist bei diesem Salze schwierig festzustellen, es scheint die Temperatur 122,5° zu sein; bei 128,5° war die kochende Lösung schwach milchig gefärbt von ausgeschiedenem Salz. Bei ungefähr 136° wurde die Flüssigkeit breiartig und schäumte stark auf. Wurde die Lösung so weit abgedampft, dass auf 100 Theile Wasser 87,86° Gewichtstheile wasserfreies Salz (theils gelöst, theils breiförmig

ausgeschieden) vorhanden waren, also im Verhältniss wie im krystallisirten Salze, so war der Siedepunkt 151,5°. Bei weiterem Eindampfen schäumte der Brei auf, die Temperatur stieg unaufhaltsam, das Salz brannte an und entwickelte schliesslich Salzsäuredämpfe.

Chlorcalcium  $\text{CaCl}_2 + 6 \text{H}_2 \text{O}$ .

Ca Cl <sub>2</sub>	110,64	50,66	100	102,67
6 H <sub>2</sub> O	107,76	49,34	97,39	100
	218,40	100	197,39	202,67

Siede- tempe- ratur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser				Siede- tempe- ratur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser			
	Wasserfreies Salz		Krystallisirtes Salz			Wasserfreies Salz		Krystallisirtes Salz	
	Ca Cl <sub>2</sub>		Ca Cl <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O			Ca Cl <sub>2</sub>		Ca Cl <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O	
	Differenz		Differenz			Differenz		Differenz	
100	0	6	0	12,6	125	84,5	16,5	941,8	11243,2
101	6	5,5	12,6	13	130	101	16,5	12185,0	
102	11,5	5	25,6	13,2	130,4	102,67	18	∞	
103	16,5	4,5	38,8	13,2	135	119	18,5		
104	21	4	52	13,2	140	137,5	19,5		
105	25	4	65,2	14	145	157	21		
106	29	3,5	79,2	14,2	150	178	22		
107	32,5	3	93,4	14,4	155	200	22		
108	35,5	3	107,8	14,6	160	222	23		
109	38,5	3	122,4	15	165	245	23		
110	41,5	13,5	137,4	96,6	170	268	24		
115	55	14	234	181,3	175	292			
120	69	15,5	415,3	526,5	178	305			

Es wurde lufttrockenes, krystallisirtes Salz angewendet. Bei 150° war die ausgeschiedene Salzhaut auf der Oberfläche der kochenden Flüssigkeit schon ziemlich dick und die Salzmasse schäumte auf; bei 160° erstarrte die Oberfläche der Salzmasse sofort zu einer festen Kruste, wenn die eiserne Schale vom Feuer genommen wurde. Bei 178° bildete die Masse einen steifen Brei und es entwickelten sich kaum noch Wasserdämpfe. Das Salz hielt bei dieser Temperatur das vorhandene Wasser energisch zurück; die Temperatur 178° blieb sehr lange constant und erst bei kräftiger Vermehrung der Hitze stieg das Thermometer. Die Masse enthielt auf 100 Theile Wasser 305 Theile CaCl<sub>2</sub> und ist

also sehr annähernd zu betrachten als  $\text{Ca Cl}_2 + 2 \text{H}_2 \text{O}$ . Ueber den Schmelzpunkt, noch nicht bis zum Glühen, erhitzt, verliert die Verbindung unter starkem Aufschäumen alles Wasser.

Chlorstrontium  $\text{Sr Cl}_2 + 6 \text{H}_2 \text{O}$ .

$\text{Sr Cl}_2$	157,94	59,44	100	146,56
$6 \text{H}_2 \text{O}$	107,76	40,56	68,23	100
	265,70	100	168,23	246,56

Siede- tempe- ratur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser				Siede- tempe- ratur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser			
	Wasserfreies Salz		Krystallisirtes Salz			Wasserfreies Salz		Krystallisirtes Salz	
	$\text{Sr Cl}_2$		$\text{Sr Cl}_2 + 6 \text{H}_2 \text{O}$			$\text{Sr Cl}_2$		$\text{Sr Cl}_2 + 6 \text{H}_2 \text{O}$	
	Differenz		Differenz			Differenz		Differenz	
100	0	11	0	20	109	66,2	5,2	203	31
101	11	9,5	20	20	110	71,4	5,1	234	35
102	20,5	8,2	40	20	111	76,5	5,1	269	41
103	28,7	7,5	60	21	112	81,6	5,4	310	50
104	36,2	7	81	22	113	87	6,1	360	70
105	43,2	6,4	103	23	114	93,1	6,4	430	95
106	49,6	5,8	126	24	115	99,5	6,4	525	125
107	55,4	5,4	150	25	116	105,9	6,4	650	160
108	60,8	5,4	175	28	117	112,3		810	

Es kam lufttrockenes, krystallisirtes Salz zur Anwendung. Bei  $115,5^\circ$  begann das Bestreben zur Bildung einer Salzhaut; bei  $117^\circ$  fing der Salzbrei an zu spritzen; das Thermometer stieg noch bis  $119^\circ$  bei starker Salzausscheidung und heftigem Umherspritzen der Masse, so dass das Gefäß bedeckt werden musste. Von hier ab sank das Thermometer wieder bis  $116^\circ$ , aber nicht tiefer. Die Salzmasse trocknete ein, brannte an und das Thermometer kam wieder in's Steigen.

Chlorbaryum  $\text{Ba Cl}_2 + 2 \text{H}_2 \text{O}$ .

$\text{Ba Cl}_2$	207,54	85,25	100	577,80
$2 \text{H}_2 \text{O}$	35,92	14,75	17,31	100
	243,46	100	117,31	677,80

Siede- tempe- ratur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser				Siede- tempe- ratur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser			
	Wasserfreies Salz		Krystallisirtes Salz			Wasserfreies Salz		Krystallisirtes Salz	
	Ba Cl <sub>2</sub>		Ba Cl <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O			Ba Cl <sub>2</sub>		Ba Cl <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	
	Differenz		Differenz			Differenz		Differenz	
100	0	6,4	0	7,4	103	37,7	6,0	47,3	8,1
100,5	6,4	6,3	7,4	7,6	103,5	43,7	5,8	55,4	8,1
101	12,7	6,3	15	8	104	49,5	5,7	63,5	8,1
101,5	19	6,3	23	8,1	104,5	55,2	—	71,6	—
102	25,3	6,3	31,1	8,1	104,4	—	—	70	—
102,5	31,6	6,1	39,2	8,1					

Es wurde krystallisirtes Salz abgewogen. Bei 104,4° begann sich eine schwache Salzhaut zu bilden, bei 104,9° trübte sich die Flüssigkeit ein wenig, ein Zeichen, dass sich Salz auszuschcheiden anfang; trotzdem blieb das Thermometer sehr lange Zeit auf dieser Temperatur 104,9° stehen, selbst als die ganze kochende Lösung ein milchweisses Ansehen von ausgeschiedenem Salz hatte. Erst als sich grosse Mengen Salz auf dem Boden ausgeschieden hatten, sank das Thermometer langsam und erreichte schliesslich die Temperatur 102,7°, wobei die Salzmasse anfang zu spritzen und nahezu trocken war. Von da ab stieg das Thermometer in dem Maasse, als die Salzmasse vollständig eintrocknete.

Salpetersaures Natron NaNO<sub>3</sub> (Moleculargewicht 84,88).

Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser NaNO <sub>3</sub>		Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser NaNO <sub>3</sub>	
	Differenz			Differenz	
100 . . .	0	9	110 . . .	99,5	11
101 . . .	9	9,5	111 . . .	110,5	11
102 . . .	18,5	9,5	112 . . .	121,5	11,5
103 . . .	28	10	113 . . .	133	11,5
104 . . .	38	10	114 . . .	144,5	11,5
105 . . .	48	10	115 . . .	156	12,5
106 . . .	58	10	116 . . .	168,5	12,5
107 . . .	68	10,5	117 . . .	181	13
108 . . .	78,5	10,5	118 . . .	194	13,5
109 . . .	89	10,5	119 . . .	207,5	14,5
			120 . . .	222	

Bei 118<sup>0</sup> bildete sich auf den Blasen der kochenden Flüssigkeit ein Salzhäutchen, bei 120<sup>0</sup> war die Flüssigkeit noch klar und die Salzhaut war stärker, aber schon bei 120,1<sup>0</sup> hatte sich viel Salz ausgeschieden und die Flüssigkeit erschien milchig gefärbt. Das Thermometer stieg noch bis 120,5<sup>0</sup> bis die dicke spritzende Salzmasse eintrocknete. Ein Sinken der Temperatur beim Eintrocknen des Salzes fand nicht statt.

Salpetersaures Kali KNO<sub>3</sub> (Moleculargewicht 100,93).

Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser KNO <sub>3</sub> Differenz	Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser KNO <sub>3</sub> Differenz
100 . . .	0	106 . . .	101 19,5
100,5 . .	7,5 7,5	107 . . .	120,5 21
101 . . .	15,2 7,7	108 . . .	141,5 22,5
101,5 . .	23 7,8	109 . . .	164 24,5
102 . . .	31 8	110 . . .	188,5 26,5
102,5 . .	39 8,5	111 . . .	215 28
103 . . .	47,5 8,5	112 . . .	243 31
103,5 . .	56 8,5	113 . . .	274 32
104 . . .	64,5 8,5	114 . . .	306 32,5
104,5 . .	73 9	115 . . .	338,5
105 . . .	82 19		

Bei 111<sup>0</sup> bildete sich eine dünne Salzhaut, die bei 113<sup>0</sup> stärker wurde; bei 115<sup>0</sup> spritzte die eingedampfte kochende Salzmasse. Als aus der eintrocknenden Salzmasse nur noch spärlich Wasserdämpfe entwichen, konnte einmal die Temperatur 115,3<sup>0</sup> beobachtet werden. Ein Sinken der Temperatur fand beim Eintrocknen des Salzes nicht statt.



Salpetersaures Ammoniak  $\text{NH}_4\text{NO}_3$   
(Moleculargewicht 79,90).

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser Diffe- renz	Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen Salz	Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser Diffe- renz	Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen Salz	Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser Diffe- renz	Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen Salz
100	0	∞	125	337		150	977	
101	10	10	126	356	19	151	1009	32
102	20	10	127	376	20	152	1043	34
103	30	10	128	396	20	153	1079	36
104	41	11	129	417	21	154	1116	37
105	52	11	130	439	22	155	1155	39
106	63	11	131	461	22	156	1196	41
107	74	11	132	484	23	157	1238	42
108	85	11	133	507	23	158	1281	43
109	96	11	134	530	23	159	1325	44
110	108	12	135	554	24	160	1370	45
111	120	12	136	578	24	161	1417	47
112	132	12	137	603	25	162	1464	47
113	145	13	138	629	26	163	1511	47
114	158	13	139	655	26	164	1558	47
115	172	14	140	682	27	165	1606	48
116	187	15	141	719	27	166	1653	47
117	202	15	142	737	28	167	1700	47
118	217	15	143	765	28	168	1748	48
119	232	15	144	793	28	169	1796	48
120	248	16	145	823	30	170	1844	48
121	265	17	146	853	30	170	1844	48
122	283	18	147	883	30	180	2400	5,42
123	301	18	148	914	31	190	3112	4,17
124	319	18	149	945	31	200	4099	3,21
125	337	18	150	977	32	210	5618	2,44
		29,67			10,23	220	8547	1,78
						230	16950	1,17
						240	∞	0,59
								0

Es wurde scharf getrocknetes, krystallisirtes Salz angewendet. Meine Beobachtungen über den Salzgehalt der Lösungen weichen bei gleichen Siedepunkten erheblich von den Angaben Legrand's ab. So gibt Legrand\*) bei der Siedetemperatur 164° einen Salzgehalt von 2084

\*) Annal. de Chim. et de phys. 53, 423. Poggendorff's Annalen 37, 379. Journal für praktische Chemie 1835.

Theilen bei 100 Theilen Wasser an, während ich nur 1558 Theile Salz bei 100 Theilen Wasser fand. Offenbar war das von Legrand angewendete Salz nicht ganz trocken gewesen. Nehme ich einen Feuchtigkeitsgehalt von nur 1,522 % an, so enthielten jene 2084 Theile Salz 31,72 Gewichtstheile Wasser; werden diese zum Lösungswasser hinzu gerechnet, so waren  $(2084 - 31,72)$  2052,28 Theile Salz in 131,72 Theilen Wasser gelöst oder 1558 Theile Salz in 100 Theilen Wasser, was mit meinen Beobachtungen übereinstimmt. Dieses Beispiel zeigt recht deutlich, welchen bedeutenden Einfluss selbst ein geringer Feuchtigkeitsgehalt eines Salzes auf die berechneten Verhältnisszahlen des gelösten Salzes zu dem Lösungswasser ausübt.

Wurde eine genau abgewogene Menge dieses trocknen Salzes mit nur wenig Wasser übergossen und zum Sieden erhitzt, und bei 190° Siedetemperatur das Thermometer aus der Flüssigkeit gezogen, so rauchte die Thermometerkugel; ein Beweis, dass bei dieser Temperatur schon die Zersetzung des Salzes beginnt. Bei weiterem Eindampfen entwichen mit den Wasserdämpfen geringe Mengen weisser Nebel (salpetrigsaures Ammoniak); bei 240° war alles Wasser verdampft und die Salzmenge zeigte wieder ihr ursprüngliches Gewicht. Da bis zu dieser Temperatur erhebliche Mengen des Salzes noch nicht zersetzt waren, so kann man die Temperatur 240° als die Siedetemperatur des geschmolzenen Salzes betrachten.

#### Salpetersaurer Kalk $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2 \text{O}$ .

Das Salz bildete eine geschmolzene Masse von muschlichem Bruch.

Von dem angewendeten salpetersauren Kalk zersetzten 5 g genau 2,67 g wasserfreies kohlensaures Natron. Das Salz hatte also die Zusammensetzung  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2 \text{O}$ .

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	163,68	82	100	455,68
$2 \text{H}_2 \text{O}$	35,92	18	21,94	100
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	199,60	100	121,94	555,68

Siede- tempe- ratur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser		Siede- tempe- ratur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser	
	Wasserfreies Salz $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ Differenz	Krystallisiertes Salz $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 +$ $+ 2 \text{H}_2\text{O}$ Differenz		Wasserfreies Salz $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ Differenz	Krystallisiertes Salz $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 +$ $+ 2 \text{H}_2\text{O}$ Differenz
100	0	0	127	215,5	503,5
101	10	10	128	222,5	7 537
102	20	10	129	230	7,5 571,5
103	30	10	130	237,5	7,5 607
104	40	10	131	245	7,5 648
105	50	10	132	253	8 696
106	60	10	133	261,5	8,5 751
107	70	10	134	270	8,5 811
108	80	10	135	278,5	8,5 877
109	89	9	136	287	8,5 950
110	98	9	137	296	9 1035
111	106,5	8,5	138	296	9 1035
112	114,5	8	139	305	9 1131
113	122,5	8	140	314,5	9,5 1245
114	130	7,5	141	324	9,5 1376
115	137,5	7,5	142	333,5	9,5 1528
116	144	6,5	143	343,5	10 1712
117	150,5	6,5	144	354	10,5 1952
118	157	6,5	145	364,5	10,5 2245
119	163,5	6,5	146	375	10,5 2614
120	170	6,5	147	386	11 3125
121	176	6	148	397,5	11,5 3864
122	182,5	6,5	149	409	11,5 4980
123	189	6,5	150	420,5	12 6849
124	195,5	6,5	151	432,5	12 10880
125	202	6,5	151,97	444,5	12 24538
126	208,5	7		455,68	∞ 13658

Bei 141° war eine kleine Salzhaut auf der kochenden Lösung zu erkennen; bei 146° stellte sich auf den Blasen der kochenden Lösung Salzhautbildung ein, diese Haut vermehrte sich beim weiteren Eindampfen der Lösung. Bei 150,5° war die Lösung durch ausgeschiedenes Salz trübe. Die Temperatur 151° behielt die Lösung lange Zeit bei, bis sie eine dicke, steife Salzmasse geworden war, die nur noch wenig Wasserdämpfe abgab. Die vorhandene Feuchtigkeit wurde energisch zurückgehalten. Wurde diese breiige Masse in eine Porzellanschale gegossen,

so erstarrte sie beim Erkalten zu einer festen Masse mit strahligem Gefüge und hatte wieder die Zusammensetzung  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2 \text{O}$ . Aus der wässrigen Lösung schießt das Salz in Verbindung mit 4 Moleculen Wasser an  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 4 \text{H}_2 \text{O}$ . (Gmelin B. II., Seite 197.)

Salpetersaurer Strontian  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$   
(Moleculargewicht 210,98).

Es wurde krystallisiertes, wasserfreies Salz angewendet. Setzt man eine verdünnte Lösung der Kälte aus, so krystallisirt  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 + 5 \text{H}_2 \text{O}$ . (Gmelin B. II., Seite 166.)

Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser	
	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	Differenz
100 . . .	0	12
100,5 . . .	12	12
101 . . .	24	10,8
101,5 . . .	34,8	10,2
102 . . .	45	9,4
102,5 . . .	54,4	9,2
103 . . .	63,6	9,0
103,5 . . .	72,6	8,8
104 . . .	81,4	8,2
104,5 . . .	89,6	8,0
105 . . .	97,6	7,4
105,5 . . .	105	7,2
106 . . .	112,2	
106,3 . . .	116,5	

Eine bei 70° bis 80° gesättigte Lösung von salpetersaurem Strontian schied beim Erwärmen bis 90° einige kleine Krystalle auf der Oberfläche aus, deren Menge bei 100° zunahm. Also auch salpetersaurer Strontian hat sein Löslichkeitsmaximum in geringem Maasse unterhalb des Siedepunktes. Bei 106,3° zeigten sich Salzhäutchen auf den Blasen der kochenden Lösung und bei 106,4° trübte sich die Lösung von ausgeschiedenem Krystallmehl. Der Siedepunkt stieg noch bis 107°, welche Temperatur die trübe Lösung beim Eindampfen lange Zeit beibehielt. Vor dem völligen Eintrocknen der Salzmasse, als nur noch 9% Wasser zugegen waren, sank das Thermometer plötzlich auf 105° C.

Salpetersaurer Baryt  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  (Moleculargewicht 260,58).

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.	
	Differenz	
100 . .	0	12,5
100,5 . .	12,5	13,5
101 . .	26	
101,1 . .	27,5	

Wenn beim Eindampfen der Lösung die Temperatur  $101,1^\circ$  beträgt, scheiden sich auf der Oberfläche der kochenden Lösung kleine Krystalle aus. Bei  $101,2^\circ$  stösst die kochende Flüssigkeit und auf dem Boden des Gefässes sind kleine Krystalle fühlbar. Die Lösung erreicht beim weiteren Eindampfen und bei fernerer Ausscheidung von Salz noch die Temperatur  $101,5^\circ$ , welche die kochende Flüssigkeit lange Zeit beibehielt. Ein Sinken der Temperatur konnte beim Eindampfen bis beinahe zur Trockenheit nicht beobachtet werden.

Salpetersaures Blei  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  (Moleculargewicht 330,18).

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.	
	Differenz	
100 . .	0	11
100,5 . .	11	15
101 . .	26	18
101,5 . .	44	21
102 . .	65	22
102,5 . .	87	24
103 . .	111	26
103,5 . .	137	

Die höchste Temperatur betrug in emaillirtem Eisengefäss  $103,5^\circ$ . Zur Bildung einer Salzhaut kam es nicht, weil das ausgeschiedene Salz sofort zu Boden fiel. Diese Temperatur  $103,5^\circ$  behielt die Lösung beim Kochen lange Zeit bei, selbst als sich schon viel Salz ausgeschieden hatte und die Masse einen steifen Krystallbrei bildete.

In Glasgefässen betrug die höchste Temperatur  $104,1^\circ$ . Beim Herausfallen von schon sehr viel Salz war das Thermometer um  $0,4^\circ$  gesunken und zeigte  $103,7^\circ$ .

Chlorsaures Kali  $\text{KClO}_3$  (Moleculargewicht 122,29).

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.	
	Differenz	
100 . . .	0	6,5
100,5 . . .	6,5	6,7
101 . . .	13,2	7
101,5 . . .	20,2	7,6
102 . . .	27,8	8
102,5 . . .	35,8	8,8
103 . . .	44,6	8,8
103,5 . . .	53,4	8,8
104 . . .	62,2	8,8
104,4 . . .	69,2	

Eine Salzhaute bildete sich auf der kochenden Lösung nur, wenn durch Daraufblasen Abkühlung hervorgebracht wurde. Beim Eindampfen erreichte die Lösung die Temperatur  $104,4^{\circ}$ ; beim weiteren Eindampfen sank das Thermometer. Bei  $104,1^{\circ}$  hatte sich schon viel Salz ausgeschieden, bei  $103,6^{\circ}$  bildete die Masse einen dicken Brei und spritzte, bei  $103^{\circ}$  näherte sich die Masse der Trockenheit, weshalb der Versuch unterbrochen wurde.

Gewöhnliches phosphorsaures Natron  $\text{HNa}_2\text{PO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{HNa}_2\text{PO}_4$	141,78	39,68	100	65,78
$12\text{H}_2\text{O}$	215,52	60,32	152,01	100
	<u>357,30</u>	<u>100</u>	<u>252,01</u>	<u>165,78</u>

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile wasserfreies Salz bei 100 Theilen Wasser. $\text{HNa}_2\text{PO}_4$		Gewichtstheile krystallisirtes Salz bei 100 Theilen Wasser. $\text{HNa}_2\text{PO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$	
	Differenz			
100 . . .	0	8,6	0	
100,5 . . .	8,6	8,6	24,9	
101 . . .	17,2	8,6	58,7	
101,5 . . .	25,8	8,6	106,8	
102 . . .	34,4	8,5	181,7	
102,5 . . .	42,9	8,5	310,8	
103 . . .	51,4	8,5	592,2	
103,5 . . .	59,9	8,5	1686,0	
104 . . .	68,4	8,5		
104,5 . . .	76,9	8,4		
105 . . .	85,3	8,4		
105,5 . . .	93,7	8,4		
106 . . .	102,1	8,4		
106,5 . . .	110,5	8,4		

Das Salz schmilzt vollständig in seinem Krystallwasser.

Der Siedepunkt des geschmolzenen krystallisirten phosphorsauren Natrons ( $\text{HNa}_2\text{PO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ ) ist  $103,85^\circ$ .

Bei  $106,4^\circ$  erschienen auf der Oberfläche der Blasen der kochenden Flüssigkeit schwach trübe Ausscheidungen von Salz und auf dem Boden des Gefäßes konnte man mit einem Glasstab geringe Mengen von sandartigem, wasserfreiem Salz fühlen. Bei weiterem Eindampfen wurde die Flüssigkeit trüb und das Thermometer stieg bis  $106,8^\circ$  selbst bis  $106,9^\circ$ . Die Temperatur  $106,8^\circ$  behielt das Thermometer lange Zeit bei, während sich grosse Mengen wasserfreien Salses ausschieden; dann aber sank die Temperatur der hoch aufwallenden Lösung. Bei  $106^\circ$  spritzte der dünne Salzbrei und von da ab sank die Temperatur schneller, nach und nach bis  $102^\circ$ , selbst bis  $101,5^\circ$ , bis die Masse ganz eintrocknete und das Thermometer wieder stieg.

Pyrophosphorsaures Natron  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 10\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	265,60	59,66	100	147,88
$10\text{H}_2\text{O}$	<u>179,60</u>	<u>40,34</u>	<u>67,62</u>	<u>100</u>
	445,20	100	167,62	247,88

Das pyrophosphorsaure Natron gehört zu denjenigen Salzen, welche ihr Löslichkeitsmaximum unterhalb  $100^\circ$  haben. Eine in der Wärme gesättigte Lösung trübt sich beim Kochen und scheidet Salz aus. Das Löslichkeitsmaximum liegt zwischen  $60^\circ$  und  $80^\circ$ , denn oberhalb und unterhalb dieser Temperatur findet Salzausscheidung aus der klaren concentrirten Lösung statt.

Eine concentrirte Lösung des pyrophosphorsauren Natrons kocht bei  $101,25^\circ$  und enthält bei dieser Temperatur auf 100 Theile Wasser 102 Theile krystallisirtes Salz gelöst.

Borax  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	201,70	52,90	100	112,30
$10\text{H}_2\text{O}$	<u>179,60</u>	<u>47,10</u>	<u>89,04</u>	<u>100</u>
	381,30	100	189,04	212,30

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile wasserfreier Borax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ bei 100 Theilen Wasser		Gewichtstheile krystallisirter Borax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10\text{H}_2\text{O}$ bei 100 Theilen Wasser		Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen krystallisirtem Borax	
	Differenz		Differenz		Differenz	
	100 . .	0		0		$\infty$
100,5 . .	8,64	8,64	17,7	17,7	565	
101 . .	17,2	8,56	39	21,3	256,4	308,6
101,5 . .	26,5	9,3	63	24	158,7	97,7
102 . .	37,5	11	93,2	30,2	107,3	51,4
102,5 . .	48,5	11	140	46,8	71,43	45,87
103 . .	61,2	12,7	254,2	114,2	39,33	32,10
103,5 . .	75,4	14,2	452,4	198,2	22,10	17,23
104 . .	90,8	15,4	898,5	446,1	11,13	10,97
104,5 . .	109	18,2	5555,5	4657	1,8	9,33
104,6 . .	112,3		$\infty$		0	

Bei  $103^0$  bildete sich ein Salzhäutchen, die Lösung enthielt dann auf 100 Theile Wasser 254,2 Theile krystallisirten Borax oder auf 100 Theile Wasser 61,2 Theile wasserfreien Borax. Der Borax schied sich bei weiterem Eindampfen der Lösung in Form kleiner Krystalle aus; bei  $104,3^0$  spritzte die eintrocknende Masse, das Thermometer sank bis  $103,5^0$ , stieg aber sehr bald wieder in der erhärtenden Krystallmasse. Bei  $104,6^0$  ist alles zugefügte Wasser verdampft und die Krystallmasse zeigt wieder das Gewicht vom angewendeten krystallisirten Borax. Bei  $110^0$  war die Hälfte des Krystallwassers verdampft. Der Versuch wurde nicht bis zum Schmelzen des wasserfreien Borax fortgesetzt.

Weinsaures Natron  $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	193,62	84,35	100	539,03
$2\text{H}_2\text{O}$	35,92	15,65	18,55	100
	229,54	100	118,55	639,03

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile krystallisirtes Salz bei 100 Theilen Wasser.		Gewichtstheile wasserfreies Salz bei 100 Theilen Wasser.	
	Differenz		Differenz	
100 . .	0		0	
101 . .	21,4	21,4	17,5	17,5
102 . .	44,4	23,0	35	17,5
103 . .	68,2	23,8	52	17
104 . .	93,9	25,7	69	17
105 . .	121,3	27,4	86	17
106 . .	150,9	29,6	103	17
107 . .	183	32,1	120	17
108 . .	218,8	35,8	137,5	17,5
108,4 . .	237,3		146	



Bei 106,7<sup>0</sup> C. bildete sich eine Salzhaut auf den Blasen der kochenden Lösung. Bei 108,4<sup>0</sup> wurde die Flüssigkeit milchig trübe von ausgeschiedenem Salz. Beim weiteren Eindampfen spritzte der Salzbrei; ein nennenswerthes Sinken des Thermometers konnte nicht beobachtet werden.

Das weinsaure Natron verliert im Luftbad sein Krystallwasser (15,65 %) vollständig bei der Temperatur von 150<sup>0</sup>. Höhere Temperatur ist zu vermeiden.

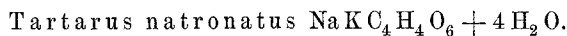
Neutrales weinsaures Kali  $K_2 C_4 H_4 O_6 + \frac{1}{2} H_2 O$ .

$K_2 C_4 H_4 O_6$	225,72	96,17	100	2513,58
$\frac{1}{2} H_2 O$	8,98	3,83	3,98	100
	234,70	100	103,98	2613,58

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile krystallisiertes Salz bei 100 Theilen Wasser.		Gewichtstheile wasserfreies Salz bei 100 Theilen Wasser
	Differenz		
100 . .	0	18	0
101 . .	18	18	17,19
102 . .	36	18	34,15
103 . .	54	18	50,88
104 . .	72	18	67,38
105 . .	90	18	83,66
106 . .	108	18,5	99,64
107 . .	126,5	18,5	116,03
108 . .	145	18,5	132,11
109 . .	163,5	18,5	147,97
110 . .	182	19	163,62
111 . .	201	20	179,48
112 . .	221	21	195,96
113 . .	242	21	212,99
114 . .	263	21	229,79
115 . .	284		246,32

Schon bei 112,5<sup>0</sup> bildeten sich zarte Häutchen auf den Blasen der kochenden Lösung; bei 113<sup>0</sup> war die Salzhaut deutlicher; bei 115,5<sup>0</sup> trübte sich die Lösung von ausgeschiedenem Salz, bei 115,6<sup>0</sup> spritzte der steife, krystallinische Brei und das Thermometer sank auffallend schnell bis 112<sup>0</sup> herab. Das Salz war angebrannt und entwickelte brenzlichen Geruch.

Setzt man die Krystalle des weinsauren Kalis ( $K_2C_4H_4O_6 + \frac{1}{2}H_2O$ ) während 24 Stunden einer Temperatur von  $155^\circ C$ . im Luftbad aus, so verlieren sie 8,98% Wasser, die Krystalle behalten ihre Form bei, werden aber milchig und trübe. Bei höherer Temperatur bräunen sie sich und erleiden Zersetzung.



$NaKC_4H_4O_6$	209,67	74,48	100	291,86
$4H_2O$	71,84	25,52	34,26	100
	281,51	100	134,26	391,86

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile krystallisirtes Salz bei 100 Theilen Wasser.	Gewichtstheile wasserfreies Salz bei 100 Theilen Wasser.	Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen wasserfreiem Salz.	Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile wasserfreies Salz bei 100 Theilen Wasser.	Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen wasserfreiem Salz.
100	0	0	8	116	295	33,2
101	25	17,3	572	117	318	31
102	53,5	34,5	286	118	342	29
103	84	51,3	192	119	366	27,2
104	118	68,1	145	120	390	25,5
105	157	84,8	116	121	414	24
106	208	101,5	97	122	438	22,7
107	266	118	83	123	462	21,5
108	340	134,8	73	124	486	20,4
109	426	152	64,5	125	510	19,4
110	554	171	57,3	130	671	14,9
111	730	190	51,6	135	855	11,7
112	988	209	46,5	140	1087	9,2
113	1427	229	42,4	145	1429	7
114	2339	250	38,8	150	2000	5
115	5510	272,5	35,8	155	3125	3,2
115,6	$\infty$			160	6666	1,5
				165	$\infty$	0

Tartarus natronatus schmilzt im eigenen Krystallwasser; der Siedepunkt des geschmolzenen Salzes liegt bei  $115,6^\circ C$ . Bei weiterem Eindampfen und grösserer Concentration wird die Flüssigkeit dick und gleicht bei etwa  $135^\circ$  einem fadenziehenden Syrup; noch höher erhitzt schmilzt die glasartige Masse. Bei ungefähr  $153^\circ$  war schwacher empyreuma-

tischer Geruch bemerkbar, die Masse schäumte auf und fing an sich zu bräunen, der Versuch musste deshalb unterbrochen werden. Aus der graphischen Aufzeichnung der gefundenen Siedepunkte ergibt sich, dass der Schmelzpunkt des wasserfreien Salzes ungefähr bei 165° liegt.

Essigsäures Natron  $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	81,85	60,30	100	151,91
$3\text{H}_2\text{O}$	53,88	39,70	65,84	100
	135,73	100	165,84	251,91

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.				Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.			
	Wasserfreies Salz $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$		Krystallisirtes Salz $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$			Wasserfreies Salz $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$		Krystallisirtes Salz $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	
	Differenz		Differenz			Differenz		Differenz	
100	0	8,5	0	14,9	113	85	7	320,1	66,9
101	8,5	7,5	14,9	15,1	114	92	7,5	387	93
102	16	7,5	30	16,1	115	99,5	8	480	129,9
103	23,5	7	46,1	16,4	116	107,5	8,5	609,9	204,6
104	30,5	6	62,5	17,2	117	116	10	814,5	411,7
105	36,5	6	79,7	18,2	118	126	10	1226,2	930
106	42,5	6	97,9	20,2	119	136	10	2156,2	4093,8
107	48,5	5,5	118,1	20,9	120	146	10	6250	
108	54	6	139	25,4	120,54	151,91	11	∞	
109	60	6	164,4	29,6	121	157	11		
110	66	6	194	33,4	122	168	11		
111	72	6,5	227,4	42	123	181	13		
112	78,5	6,5	269,4	50,7	124	194	13		
113	85		320,1		125	207	13		

Es wurde lufttrockenes, krystallisirtes Salz angewendet. Bei 123,5° zeigte sich ein schwaches Beginnen zur Salzhautbildung auf der kochenden Lösung, aber schon bei 124° war die Salzhaut sehr stark und bei 125° bildete die Masse einen zarten, festen Krystallbrei. Das Thermometer stieg noch bis 125,2°, behielt diesen Stand nur kurze Zeit und sank dann bis 123°. Es entwichen nur noch wenig Wasserdämpfe und das Thermometer kam während des Entweichens der letzten Wasserdämpfe wieder in's Steigen. Die letzten 2 Moleculé Krystallwasser verliert also das Salz erst bei höherer Hitze.

$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	81,85	227,8
$2\text{H}_2\text{O}$	35,93	100
	117,78	327,8

Essigsäures Kali  $\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  (Moleculargewicht 97,90).

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz $\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ bei 100 Theilen Wasser		Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz $\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ bei 100 Theilen Wasser		Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile Salz $\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ bei 100 Theilen Wasser	
	Differenz			Differenz			Differenz z	
100	0	6	121	141,5	7,5	142	333,5	12,5
101	6	6	122	149	7,5	143	346	12,5
102	12	6	123	156,5	7,5	144	358,5	12,5
103	18	6,5	124	164	7,5	145	371,5	13
104	24,5	6,5	125	171,5	7,5	146	385,5	14
105	31	6,5	126	179,5	8	147	400	14,5
106	37,5	6,5	127	187,5	8	148	414,5	14,5
107	44	6,5	128	195,5	8	149	429	14,5
108	50,5	6,5	129	203,5	8	150	444,5	15,5
109	57	6,5	130	212	8,5	151	460,5	16
110	63,5	6,5	131	220,5	8,5	152	476,5	16
111	70	6,5	132	229,5	9	153	493	16,5
112	77	7	133	238,5	9	154	509,5	16,5
113	84	7	134	247,5	9	155	526	16,5
114	91	7	135	256,5	9	156	542,5	16,5
115	98	7	136	266	9,5	157	559	16,5
116	105	7	137	276	10	158	575,5	16,5
117	112	7	138	286,5	10,5	159	592	16,5
118	119	7	139	297,5	11	160	609	17
119	126,5	7,5	140	309	11,5	161	626	17
120	134	7,5	141	321	12			
121	141,5	7,5	142	333,5	12,5			

Bei 158° fing sich die Neigung zur Salzhautbildung auf der kochenden Lösung zu zeigen an; die Oberfläche der Salzlösung erstarrte sofort zu einer Kruste, sobald das Feuer entfernt wurde; bei 160° war auf der kochenden Flüssigkeit deutlich eine Salzhaut sichtbar. Je concentrirter die Lösung wurde, um so mehr entwickelten sich saure Dämpfe und selbst verdünnte Lösungen von essigsäurem Kali können bei der Siedehitze nicht neutral erhalten werden; die kochenden Lösungen reagieren immer alkalisch.

Bleizucker  $Pb(C_2H_3O_2)_2 + 3H_2O$ .

$Pb(C_2H_3O_2)_2$	324,12	85,75	100	601,56
$3H_2O$	53,88	14,25	16,62	100
	378,00	100	116,62	701,56

Siedetemperatur °C.	Gewichts- theile krystalli- sirtes Salz bei 100 Thei- len Wasser		Gewichts- theile wasser- freies Salz bei 100 Thei- len Wasser		Gewichts- theile Wasser bei 100 Thei- len wasser- freiem Salz		Siedetemperatur °C.	Gewichts- theile wasser- freies Salz bei 100 Thei- len Wasser		Gewichts- theile Wasser bei 100 Thei- len wasser- freiem Salz	
	Diffe- renz		Diffe- renz		Diffe- renz			Diffe- renz		Diffe- renz	
100	0		0		∞		107	666,6	15	2,9	
100,5	43,3	43,3	35	35	285,7		108	793,7	12,6	2,4	
101	106	62,7	79	44	126,6	159,1	109	926	10,8	1,8	
101,5	184	78	125	46	80	46,6	110	1064	9,4	1,4	
102	278	94	171	46	58,5	21,5	111	1220	8,2	1,2	
102,5	397	119	217,5	46,5	46	12,5	112	1370	7,3	0,9	
103	552	155	265	47,5	37,7	8,3	113	1538,3	6,5	0,8	
103,5	771	219	315	50	31,7	6,0	114	1724,1	5,8	0,7	
104	1047	276	365	50	27,4	4,3	115	1904,8	5,25	0,55	
104,5	1559	512	415	50	24,1	3,3	116	2127,6	4,7	0,55	
105	2387	832	465	50	21,5	2,6	117	2353	4,25	0,45	
105,5	3662	1275	510	45	19,6	1,9	118	2631,6	3,8	0,45	
106	9098	5436	558,6	48,5	17,9	1,7	119	2941	3,4	0,4	
106,4	∞		601,56		16,62		120	3226	3,1	0,3	
							125	6060,6	1,65	1,45	
							130	18181,4	0,55	1,10	
							133	∞	0		

Um die Siedepunkte der höheren Concentrationsgrade und namentlich auch des geschmolzenen krystallisirten Bleizuckers, sowie des geschmolzenen wasserfreien Bleizuckers zu bestimmen, wurde die Tara des erwähnten Bechers von emaillirtem Eisenblech sammt dem Weissblechdeckel notirt und genau 400 g krystallisirter Bleizucker eingewogen. Es wurden ungefähr 25 cc destillirtes Wasser hinzugefügt, der Bleizucker geschmolzen und die Lösung zum Sieden erhitzt. Von Zeit zu Zeit wurden die Siedetemperaturen und das Gewicht ermittelt und festgestellt, dass bei der Siedetemperatur 106,4° das Gewicht des Bleizuckers genau 400 g betrug. Beim weiteren Eindampfen entwickelten sich schwach saure Dämpfe von Essigsäure. Wiederholte Notirungen der Siedetempe-

ratur und des Gewichtes wurden beim weiteren Eindampfen vorgenommen. Bei 120,3° bildete sich ziemlich plötzlich eine Salzhaut, die Masse schäumte auf und bildete eine zarte, blättrige Salzmasse, die nur wenig Wasserdampf mehr abgab. Beim Umrühren und weiteren Erhitzen kam die Masse wieder in Fluss. Die Temperatur stieg von hier ab ziemlich schnell, aber es fand auch Zersetzung des ruhig schmelzenden, wasserfreien Salzes statt. Anfangs entwich Essigsäure, später Aceton und Kohlensäure bis eine kohlige Masse zurückblieb, die beim Erhitzen an der Luft ein mennigrothes Bleioxyd gab.

Kohlensaures Natron  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{Na}_2\text{CO}_3$	105,83	37,08	100	58,92
$10\text{H}_2\text{O}$	179,60	62,92	169,71	100
	285,43	100	269,71	158,92

Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Salz bei 100 Theilen Wasser.			
	Wasserfreies Salz $\text{Na}_2\text{CO}_3$		Krystallisirtes Salz $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$	
	Differenz		Differenz	
100 . .	0	5,2	0	15,4
100,5 . .	5,2	5,2	15,4	18,7
101 . .	10,4	5,2	34,1	23
101,5 . .	15,6	5,2	57,1	29,6
102 . .	20,8	5,2	86,7	38,8
102,5 . .	26	5,2	125,5	52,1
103 . .	31,1	5,1	177,6	75,5
103,5 . .	36,2	5,0	253,1	116,3
104 . .	41,2	5,0	369,4	207,5
104,5 . .	46,2	5,0	576,9	476
105 . .	51,2	5,0	1052,9	

Bei 104,1° fing sich ein Salzhütchen auf den wallenden Blasen der kochenden Flüssigkeit zu bilden an. Die höchste Temperatur, welche die kochende Lösung erreichte, war 105°. Diese Temperatur behielt die Flüssigkeit sehr lange Zeit bei, selbst als sich schon viel Salz ausgeschieden hatte. Von da ab sank die Temperatur der kochenden Lösung in dem Maasse, als Salz ausfiel, und erreichte endlich 102°, ein tieferer Stand wurde nicht beobachtet. Die Salzmasse trocknete schliesslich ein.

Kohlensaures Kali  $K_2CO_3 + 2H_2O$  und  $2K_2CO_3 + 3H_2O$ .

$K_2CO_3$	137,93	79,34	100	383,99
$2H_2O$	35,92	20,66	26,04	100
	173,85	100	126,04	483,99
$2K_2CO_3$	275,86	83,66	100	512,00
$3H_2O$	53,88	16,34	19,53	100
	329,74	100	119,53	612,00

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile wasserfreies Salz $K_2CO_3$ bei 100 Theilen Wasser.		Gewichtstheile krystallisirtes Salz $K_2CO_3 + 2H_2O$ bei 100 Theilen Wasser.		Gewichtstheile krystallisirtes Salz $2K_2CO_3 + 3H_2O$ bei 100 Theilen Wasser.		Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile wasserfreies Salz $K_2CO_3$ bei 100 Theilen Wasser.		Gewichtstheile krystallisirtes Salz $K_2CO_3 + 2H_2O$ bei 100 Theilen Wasser.		Gewichtstheile krystallisirtes Salz $2K_2CO_3 + 3H_2O$ bei 100 Theilen Wasser.	
°C.	Diffe- renz		Diffe- renz		Diffe- renz		°C.	Diffe- renz		Diffe- renz		Diffe- renz	
100	0		0		0		118	117,5		214,5		182,5	
101	11,5	11,5	14	14	13,5	13,5	119	122,5	5	227,5	13	193	9,5
102	22,5	11	28	14	27	13,5	120	127,5	5	240,6	13,1	202,9	9,9
103	32	9,5	42	14	40	13	121	132,5	5	255	14,4	213,3	10,4
104	40	8	55,8	13,8	51,5	11,5	122	137,5	5	270	15	224	10,7
105	47,5	7,5	68,3	12,5	62,6	11,1	123	142,5	5	285	15	235	11
106	54,5	7	80,5	12,2	73	10,4	124	147,5	5	301,5	16,5	247	12
107	61	6,5	91,5	11	83	10	125	152,5	5	318,8	17,3	259,6	12,6
108	67	6	102,5	11	92,5	9,5	126	158	5,5	339	20,1	273,5	13,9
109	73	6	113,5	11	102	9,5	127	163,5	5,5	360	21	288	14,5
110	78,5	5,5	124,3	10,8	110,8	8,8	128	169,5	6	382,5	22,5	303	15
111	83,5	5	135	10,7	119,6	8,8	129	175,5	6	407,5	25	318,5	15,5
112	88,5	5	145,9	10,9	128,4	8,8	130	181,5	6	433,7	26,2	336,1	17,6
113	93,5	5	156,8	10,9	137,2	8,8	131	187,5	6	464	30,3	354	17,9
114	98,5	5	167,7	10,9	146	8,8	132	193,5	6	495	31	372	18
115	103,5	5	178,6	10,9	155	9	133	199,5	6	527	32	390,5	18,5
116	108,5	5	190	11,4	164	9	133,5	202,5					
117	113,5	4	202	12	173	9,5							
				12,5									

Es wurde scharf getrocknetes, wasserfreies kohlensaures Kali in abgewogenen Mengen zu den Lösungen verwendet. Auf der kochenden Lösung von kohlensaurem Kali bildete sich bei 126° ein dünnes Salzhäutchen, bei 132° erschienen Salzhäutchen auf den Blasen der kochenden Lösung, welche sich bei 134° wesentlich verstärkten. Bei 135,7° verdickte sich die Lösung zu einem Brei, das Thermometer sank hierauf

bis  $134,4^{\circ}$ , behielt diesen Stand einige Zeit bei und stieg allmählich bis  $134,9^{\circ}$ . Diesen letzteren Stand behielt das Thermometer ganz auffallend lange bei, während kaum noch ein Entweichen von Wasserdampf sichtbar war. Die eingedampfte Masse enthielt auf 100 Gewichtstheile  $K_2CO_3$  21,3 Gewichtstheile Wasser. Das Feuer musste ganz bedeutend vermehrt werden, wenn weiterer Wasserverlust eintreten sollte.

Ueber den Wassergehalt des krystallisirten kohlen-sauren Kalis habe ich mich schon bei früherer Gelegenheit ausgesprochen (Chemische Industrie 1886, No. 8).

Wurde eine Lösung, die bei  $120^{\circ}C$ . siedet, über Nacht zum Krystallisiren hingestellt, so schossen zollgrosse, tafelförmige und zugespitzte Krystalle an. Sie wurden nach dem Abtropfen der Mutterlauge so lange zwischen erneuerten Lagen von Fliesspapier getrocknet, bis sie an das Papier keine merkliche Feuchtigkeit mehr abgaben. Die Mutterlauge hatte bei  $25^{\circ}C$ . das specifische Gewicht 1,56.

Der Glühverlust des so getrockneten Salzes betrug 22,23%. Das krystallisirte Salz konnte aber durch mehrtägiges Trocknen zwischen Fliesspapier bei einer Temperatur von  $60^{\circ}$  bis  $70^{\circ}C$ . ganz trocken erhalten werden. Ein Theil der Krystalle fing schon an zu verwittern. Es wurden helle, nicht verwitterte Krystalle ausgelesen. Der Glühverlust bei diesen scharf getrockneten, nicht verwitterten Krystallen betrug 18,79%. Die Krystallform bietet also beim kohlen-sauren Kali keine Garantie für eine constante Zusammensetzung, da die Krystalle einen Theil des Wassergehaltes abgeben können, ohne ihr äusseres Ansehen zu verändern.

Nach Berzelius (dessen Lehrbuch III., Seite 152) enthalten die Krystalle 20,47% oder 2 Moleküle Krystallwasser und die Mutterlauge hat (kalt gewogen) das specifische Gewicht 1,62.

Meine Resultate stimmen mithin genügend mit den Angaben von Berzelius überein. Das specifische Gewicht der Krystalle  $K_2CO_3 + 2H_2O$  bestimmte ich zu 2,043 (Wasser von  $4^{\circ} = 1$ ).

Nach der Formel  $K_2CO_3 + 2H_2O$  ist der Wassergehalt 20,66%, nach der Formel  $2K_2CO_3 + 3H_2O$  ist der Wassergehalt 16,34%.

Ich kann den Ansichten Derjenigen nicht beistimmen, welche annehmen, dass das unter normalen Verhältnissen krystallisirte kohlen-saure Kali der Formel  $2K_2CO_3 + 3H_2O$  entspreche.\*)

\*) Gmelin-Kraut, Handbuch der Chemie, 6. Auflage, B. II., S. 23.



Um dieses letztgenannte Salz zu erhalten, dampfte ich eine kochende Lösung bis zum Siedepunkt  $126^{\circ}$  ein und stellte diese concentrirte Lösung in einer wohlverschlossenen Flasche bei einer Temperatur von  $50^{\circ}$  bis  $60^{\circ}$  C. zur langsamen Krystallisation hin. Selbst bei dieser hohen Temperatur schossen hasselnuss-grosse, wohl ausgebildete Krystalle von  $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$  an. Die Mutterlauge hatte, bei  $40^{\circ}$  C. gewogen, das specifische Gewicht 1,615. Beim Erkalten krystallisirten aus dieser Mutterlauge wiederum Krystalle von  $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$  und die Mutterlauge hatte dann das specifische Gewicht 1,58.

Ich will durchaus nicht die Existenz eines Salzes  $2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$  in Zweifel ziehen, aber ich muss bekennen, dass es mir bis jetzt nicht möglich war dieses Salz aus reinen Laugen zu erhalten. Städeler\*) selbst gibt an, dass man diese Krystalle namentlich nach Zusatz von Aetzkali zum kohlen-sauren Kali erhält und bestreitet die Existenz eines Salzes  $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Wurde eine Lösung von reinem kohlen-saurem Kali bis zum Siedepunkt  $114^{\circ}$  C. abgedampft und zur Krystallisation hingestellt, so schossen selbst beim Erkalten bis  $15^{\circ}$  C. keine Krystalle an; aber bei einer Temperatur von  $10^{\circ}$  C. erhielt ich ein Krystallconglomerat, welches, von der Mutterlauge getrennt, sich vollkommen bei  $50^{\circ}$  bis  $60^{\circ}$  trocknen liess. Die Mutterlauge hatte das specifische Gewicht 1,475.

Die scharf getrockneten Krystalle verloren beim Glühen 31,1% Krystallwasser. Das kohlen-saure Kali hatte also die Zusammensetzung  $\text{K}_2\text{CO}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$ . (Die Theorie erfordert 34,22%.) Dieses Salz ist in verschlossenen Gefässen durchaus luftbeständig, wenn das Salz von der Mutterlauge befreit und scharf getrocknet ist. Das specifische Gewicht dieses Salzes fand ich zu 1,997 (Wasser von  $4^{\circ}$  C. = 1).

Ich bezweifle nicht, dass man aus verdünnteren Lösungen in der Frostkälte Krystalle mit noch höherem Krystallwassergehalt erhalten wird.

#### Aetznatron.

Das angewendete Aetznatron war aus der chemischen Fabrik von H. Trommsdorff in Erfurt bezogen. Es bildete eine weisse Masse von blättrigen, ausgebildeten Krystallen, die sich vollkommen trocken anfühlte, aber an der Luft schnell Feuchtigkeit anzog. Das Aetznatron war frei von Chlorverbindungen, frei von schwefelsauren Salzen und gab

\*) Liebig's Annalen 133, 371.

selbst mit Kalkwasser nur geringe Trübung. 5 g dieses krystallisirten Aetznatrons erforderten 111,2 cc Normalkleesäure (63 g im Liter) zur Sättigung, entsprechend  $(111,2 \times 0,040) = 4,448$  g oder 88,96 % Natronhydrat. — Das krystallisirte Aetznatron hatte demnach die Zusammensetzung nach der Formel  $\text{Na}_2\text{O} + 1\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  oder  $2\text{Na}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$ ; oder  $(\text{NaOH})_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

Wurden 300 g von diesem krystallisirten Aetznatron mit wenig Wasser geschmolzen und erhitzt, so stieg das Thermometer bis  $302^\circ$ , bei welcher Temperatur der Quecksilberfaden dann urplötzlich in die Höhe schnellte, so dass das Feuer sofort entfernt werden musste. Nach einigen Minuten der Abkühlung wiederholte sich dieser Vorgang. In der steifen Masse werden nicht alle Theile gleichmässig erhitzt sein. Das plötzliche Aufschnellen des Quecksilberfadens fand statt bei  $303^\circ$ , dann bei  $305^\circ$ , dann bei  $310^\circ$ . Offenbar hing dieses urplötzliche Steigen des Thermometers mit der Abgabe der letzten Spuren Feuchtigkeit zusammen. Die ruhig schmelzende Masse wurde noch einige Zeit über Feuer stehen gelassen und zeigte dann das Gewicht 267 g oder 89 % von dem ursprünglich angewendeten Gewichte des krystallisirten Aetznatrons. Auch dieses Ergebniss zeigt, dass das krystallisirte Aetznatron nach der Formel  $2\text{Na}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$  zusammengesetzt ist, während das geschmolzene Aetznatron der Formel  $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$  oder NaOH entspricht.

Krystallisirtes Aetznatron  $2\text{Na}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$ .

Natronhydrat	$2(\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O})$	159,80	89,89		
Wasser	$\text{H}_2\text{O}$	17,96	11,11		
		177,76	100		
Natron	$2\text{Na}_2\text{O}$	123,88	69,68	100	230
Wasser	$3\text{H}_2\text{O}$	53,88	30,32	43,39	100
		177,76	100	143,39	330

Natronhydrat oder geschmolzenes Aetznatron

$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$  oder NaOH.

$\text{Na}_2\text{O}$	61,94	77,52	100	344,88
$\text{H}_2\text{O}$	17,96	22,48	29	100
	79,90	100	129	444,88

Siedetemperatur 0 C.	Gewichtstheile Natronhydrat NaOH bei 100 Theilen Wasser		Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen Natronhydrat		Siedetemperatur 0 C.	Gewichtstheile Natronhydrat NaOH bei 100 Theilen Wasser		Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen Natronhydrat	
	Diffe- renz			Diffe- renz		Diffe- renz			Diffe- renz
100	0	17	∞		210	425,5		23,5	
105	17	13	583,2	254,9	215	475,5	50	21,05	2,45
110	30	11	333,3	89,4	220	526,3	50,8	19	2,05
115	41	10	243,9	47,8	225	583,3	57	17,2	1,8
120	51	9,1	196,1	29,7	230	645,2	61,9	15,5	1,7
125	60,1	10	166,4	23,8	235	714,3	69,1	14	1,5
130	70,1	11	142,6	19,3	240	800	85,7	12,5	1,5
135	81,1	12,4	123,3	16,3	245	888,8	88,8	11,25	1,25
140	93,5	13	107	13,1	250	1000	111,2	10	1,25
145	106,5	13,9	93,9	10,8	255	1142,8	142,8	8,75	1,25
150	120,4	14,1	83,1	8,8	260	1333,3	190,5	7,5	1,25
155	134,5	16,3	74,3	8,3	265	1534	200,7	6,52	0,98
160	150,8	18	66	6,75	270	1739,1	205,1	5,75	0,77
165	168,8	18,2	59,25	6,75	275	2000	261,1	5	0,75
170	187	21,3	53,5	5,5	280	2353	353	4,25	0,75
175	208,3	21,7	48	4,5	285	2857	504	3,5	0,75
180	230	24,5	43,5	4,25	290	3571,4	714,4	2,8	0,7
185	254,5	27,2	39,25	3,75	295	4651,1	1079,7	2,15	0,65
190	281,7	30,6	35,5	3,5	300	6451,6	1800,5	1,55	0,60
195	312,3	32,7	32	3,0	305	10526,3	4074,7	0,95	0,60
200	345	35,9	29	2,75	310	22222,2	11696,9	0,45	0,50
205	380,9	44,6	26,25	2,75	314	∞		0	

Aetzkali.

Das angewendete geschmolzene Aetzkali war ebenfalls von H. Trommsdorff in Erfurt bezogen.

5 g erforderten 66,2 cc Normalkleesäure (63 g im Liter) zur Sättigung, entsprechend annähernd der Zusammensetzung  $\text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$

$$(66,2 \times 0,0562) = 3,72 \text{ g, das ist } 74,4\% \text{ } \text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{oder } (66,2 \times 0,0652) = 4,316 \text{ g, } < < 86,32\% \text{ } \text{K}_2\text{O} + 2 \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{oder } (66,2 \times 0,0742) = 4,912 \text{ g, } < < 98,14\% \text{ } \text{K}_2\text{O} + 3 \text{H}_2\text{O.}$$

Es ist bekannt, dass in der Kälte aus einer Lösung von Aetzkali  $\text{K}_2\text{O} + 5 \text{H}_2\text{O}$  krystallisirt.

K <sub>2</sub> O	94,04	83,90	100	523,61			
H <sub>2</sub> O	17,96	16,10	19,10	100			
	<u>112,00</u>	<u>100</u>	<u>119,10</u>	<u>623,61</u>			
K <sub>2</sub> O	94,04	72,36	100	261,80	=	K <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O	623,60 100
2 H <sub>2</sub> O	35,92	17,64	38,20	100		Wasser	100 16,04
	<u>129,96</u>	<u>100</u>	<u>138,20</u>	<u>361,80</u>			<u>723,60</u> <u>116,04</u>
K <sub>2</sub> O	94,04	63,57	100	174,55	=	K <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O	311,80 75,72
3 H <sub>2</sub> O	53,88	36,43	57,29	100		Wasser	100 24,28
	<u>147,92</u>	<u>100</u>	<u>157,29</u>	<u>274,55</u>			<u>411,80</u> <u>100</u>

Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Kalihydrat KOH bei 100 Theilen Wasser		Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen Kalihydrat		Siedetemperatur ° C.	Gewichtstheile Kalihydrat KOH bei 100 Theilen Wasser		Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen Kalihydrat	
		Diffe- renz		Diffe- renz			Diffe- renz		Diffe- renz
100	0		∞		215	210,5		47,5	
105	20,5	20,5	487,8		220	219,8	9,3	45,5	2
110	34,5	14	289,8	198	225	230	10,2	43,5	2
115	46,25	11,75	216,2	73,6	230	240,9	10,9	41,5	2
120	57,5	11,25	173,9	42,3	235	251,9	11	39,7	1,8
125	67,5	10	148,2	25,7	240	263,1	11,2	38	1,7
130	76,8	9,3	130,3	17,9	245	274,4	11,3	36,5	1,5
135	85	8,2	117,7	12,6	250	285,7	11,3	35	1,5
140	92,5	7,5	108,1	9,6	255	298,5	12,8	33,5	1,5
145	99,8	7,3	100,2	7,9	260	312,5	14	32	1,5
150	106,5	6,7	93,9	6,7	265	328	15,5	30,5	1,5
155	114,05	7,55	87,7	6,2	270	343,5	15,5	29	1,5
160	121,7	7,65	82,2	5,5	275	359	15,5	27,7	1,3
165	129,35	7,65	77,3	4,9	280	375	16	26,5	1,2
170	137	7,65	73	4,3	285	391	16	25,5	1
175	144,8	7,8	69,1	3,9	290	408,2	17,2	24,5	1
180	152,6	7,8	65,5	3,6	295	425,5	17,3	23,5	1
185	160,4	7,8	62,3	3,2	300	444,4	18,9	22,5	1
190	168,2	7,8	59,4	2,9	310	484	39,6	20,5	2
195	176,5	8,3	56,6	2,8	320	526,3	42,3	19	1,5
200	185	8,5	54	2,6	330	571,5	45,2	17,5	1,5
205	193,5	8,5	51,7	2,3	340	623,6	52,1	16,04	1,46
210	202	8,5	49,5	2					

Wurden 300 g von diesem Aetzkali im Tiegel mit wenig Wasser geschmolzen und erhitzt, so stieg das Thermometer unter Verdampfung

des Wassers allmählich bis 315°; auch hier fand ungefähr von dieser Temperatur ab ein auffallend schnelles Steigen des Thermometers statt, welches mit der Abgabe der letzten Antheile Wasser im Zusammenhang steht; sicherlich waren in der steifen Masse nicht alle Theile gleichmässig erhitzt und andere Theile mochten eine weit höhere Temperatur haben. Der Quecksilberfaden stieg schnell bis an das Ende der Scala (360°). Obige 300 g hatten 40 g Wasser verloren und das Aetzkali wog 260 g. Es wird also bei dieser Temperatur  $K_2O + 2H_2O$  erhalten, oder  $2KOH + H_2O$ . Ueber Nacht war die Schmelze zu ausgebildeten, harten, scharfkantigen Krystallen erstarrt.

Beim weiteren Erhitzen floss die Masse schliesslich ruhig wie Oel und bildete  $K_2O + H_2O$  oder  $KOH$ , welches beim Erkalten kein krystallinisches Gefüge erkennen liess.

Krystallisirte Kleesäure  $C_2H_2O_4 + 2H_2O$ .

$C_2H_2O_4$	89,78	71,42	100	249,94
$2H_2O$	35,92	28,58	40,01	100
	125,70	100	140,01	349,94

Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile wasserfreier Kleesäure $C_2H_2O_4$ bei 100 Theilen Wasser		Gewichtstheile krystallisirter Kleesäure $C_2H_2O_4 + 2H_2O$ bei 100 Theilen Wasser		Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen krystallisirter Kleesäure		Siedetemperatur °C.	Gewichtstheile wasserfreier Kleesäure $C_2H_2O_4$ bei 100 Theilen Wasser		Gewichtstheile krystallisirter Kleesäure $C_2H_2O_4 + 2H_2O$ bei 100 Theilen Wasser		Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen krystallisirter Kleesäure	
	Differenz		Differenz		Differenz			Differenz		Differenz		Differenz	
100	0		0		8		117	169,5		741	128	13,5	
101	12,9	12,9	19	19	526	276	118	178,5		869	189	11,5	2
102	25,6	12,7	40	21	250	87	119	188	9,5	1053	263	9,5	1,9
103	37,6	12	61,5	21,5	163	47	120	197,5	9,5	1316	351	7,6	1,6
104	49,3	11,7	86	24,5	116	27,3	121	207,5	10	1667	605	6	1,6
105	60,6	11,3	112	26	89,3	17,9	122	217,5	10	2272	1061	4,4	1,6
106	70,5	9,9	140	28,5	71,4	12,1	123	227,5	10,5	3333	3117	3	1,4
107	80	9,5	168,5	30,5	59,3	9,1	124	238	10,5	6250		1,6	1,4
108	89	9	199	31	50,2	6,7	125	248,5	10,5	50000		0,2	1,4
109	98	9	230	32	43,5	5,3	125,2	249,94		∞		0	
110	107	9	262	35	38,2	4,5	130	310,6					
111	116	9	297	45	33,7	3,8	135	392,1					
112	125	9	342	51	29,2	3,7	140	520,8					
113	134	9	393	67	25,4	3,2	145	747,4					
114	143	8,7	460	80	21,7	2,5	150	1250					
115	151,7	8,8	540	88	18,5	2,5	155	3333					
116	160,5	9	628	113	16	2,5	158	∞					

Es wurde krystallisirte Kleesäure angewendet und hieraus der Gehalt an wasserfreier Säure in den Lösungen berechnet. Bei 116° entwickelten sich aus der siedenden Lösung Gasblasen und schwach stechende Dämpfe, die aber bei 130° zum Niesen und Husten reizten. Bei 132° konnte reichliche Gasentwicklung, also Zersetzung der Flüssigkeit beobachtet werden. Bei 150° bildete sich plötzlich eine Krystallhaut, die Flüssigkeit schäumte auf und nach Entfernung der Flamme erstarrte die Lösung zu einer schaumigen Masse. Es ist bekannt, dass zwischen 150° und 160° die wasserfreie Kleesäure  $C_2H_2O_4$  sublimirt erhalten werden kann. Krystallisirte Weinsäure  $C_4H_6O_6$  (Moleculargewicht 149,64).

Siedetemperatur	Gewichtstheile krystallisirter Weinsäure bei 100 Theilen Wasser	Diffe- renz	Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen krystallisirter Weinsäure	Diffe- renz	0 C.	Gewichtstheile krystallisirter Weinsäure bei 100 Theilen Wasser	Diffe- renz	Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen krystallisirter Weinsäure	Diffe- renz	0 C.	Gewichtstheile krystallisirter Weinsäure bei 100 Theilen Wasser	Diffe- renz	Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen krystallisirter Weinsäure	Diffe- renz
100	0		∞		124	460		21,7		148	1492		6,7	
101	17	17	588	298	125	483	23	20,7	1,0	149	1588	96	6,3	0,4
102	34,5	17,5	290	108	126	507	24	19,75	0,95	150	1695	107	5,9	0,4
103	52	17,5	192	48	127	531	25	18,85	0,85	151	1802	107	5,55	0,35
104	69,5	17,5	144	29	128	556	26	18	0,8	152	1923	139	5,2	0,35
105	87	18	115	19,8	129	582	26	17,2	0,75	153	2062	160	4,85	0,35
106	105	18	95,2	14	130	608	26	16,45	0,75	154	2222	187,5	4,5	0,35
107	123	18	81,2	9,2	131	634	29	15,7	0,7	155	2409,5	187,5	4,15	0,3
108	141	18	72	8,8	132	663	32	15	0,7	156	2597	220	3,85	0,3
109	159	18	63,2	6,7	133	695	33	14,3	0,6	157	2817	260	3,55	0,3
110	177	18	56,5	5	134	728	35,4	13,7	0,6	158	3077	313	3,25	0,3
111	195	19	51,5	4,7	135	763,4	41,6	13,1	0,6	159	3390	383,6	2,95	0,3
112	214	19	46,8	3,8	136	805	42	12,5	0,6	160	3773,6	481,4	2,65	0,3
113	233	19,5	43	3,3	137	847	43	11,9	0,6	161	4255	623	2,35	0,3
114	252,5	19,5	39,7	2,9	138	890	44	11,3	0,6	162	4878	836	2,05	0,3
115	272	20	36,8	2,4	139	934	46,4	10,7	0,5	163	5714	952	1,75	0,25
116	292	20	34,4	2,2	140	980,4	50,6	10,2	0,5	164	6666	1333	1,50	0,25
117	312	20,5	32,2	2,1	141	1031	51	9,7	0,45	165	8000	2000	1,25	0,25
118	332,5	20,5	30,1	1,7	142	1082	54	9,25	0,45	166	10000		1	0,25
119	353	20,5	28,4	1,6	143	1136	63	8,8	0,45	167	13333		0,75	0,25
120	373,5	20,5	26,8	1,4	144	1199	67	8,35	0,45	168	20000		0,50	0,25
121	394	21	25,4	1,3	145	1266	67	7,9	0,5	169	40000		0,25	0,25
122	415	22	24,1	1,3	146	1333	75	7,5	0,4	170	∞		0	
123	437	23	22,8	1,1	147	1408	84	7,1	0,4					

Um die Siedepunkte der hochconcentrirten Lösungen der Weinsäure zu bestimmen und den Siedepunkt der geschmolzenen krystallisirten Weinsäure zu ermitteln, wurden, ähnlich wie beim Tartarus natronatus, beim Bleizucker, bei der Kleesäure und bei der Citronensäure, 400 g Weinsäure mit etwa 50 cc Wasser übergossen und langsam erwärmt. Es wurden wiederholte Wägungen während des Eindampfens vorgenommen. Als das Gewicht der eingedampften kochenden Lösung wieder 400 g betrug, war der Siedepunkt 170°. Es ist jedoch hierbei zu bemerken, dass beim Eindampfen dieser concentrirten Lösungen theilweise Zersetzung der Weinsäure eintrat. Schon unter 150° war ein schwacher brenzlicher Geruch wahrnehmbar und die Flüssigkeit färbte sich weingelb. Beim Siedepunkt 170° war also ein Theil der Säure in Brenzweinsäure umgewandelt.

Krystallisirte Citronensäure  $C_6H_8O_7 + H_2O$ .

$C_6H_8O_7$	191,54	91,43	100	1066,26
$H_2O$	17,96	8,57	9,38	100
	<u>209,50</u>	<u>100</u>	<u>109,38</u>	<u>1166,26</u>

°C.	Siedepunkt Gewichtstheile wasserfreier Citronensäure $C_6H_8O_7$ bei 100 Theilen Wasser		Diffe- renz		Gewichtstheile krystallisirter Citronensäure $C_6H_8O_7 + H_2O$ bei 100 Theilen Wasser		Diffe- renz		Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen krystalli- sirter Citronensäure		°C.	Siedepunkt Gewichtstheile krystalli- sirter Citronensäure $C_6H_8O_7 + H_2O$ bei 100 Theilen Wasser		Diffe- renz		Gewichtstheile Wasser bei 100 Theilen wasser- freier Citronensäure	
100	0	26	0	29	8	120	952,4	10,5	20,9								
101	26	24,5	29	29	344,8	121	1075	9,3	19,6								
102	50,5	23,5	58	29	172,4	122	1234	8,1	18,4								
103	74	22,5	87	29	115	123	1408	7,1	17,3								
104	96,5	22	116	29	87	124	1613	6,2	16,2								
105	118,5	22	145	29	69	125	1887	5,3	15,2								
106	140,5	22	175,5	30,5	57	126	2247	4,45	14,2								
107	162,5	22	208	32,5	48	127	2703	3,7	13,3								
108	184,5	22	242,5	34,5	41,2	128	3333	3	12,5								
109	206,5	22	280	37,5	36	129	4348	2,3	11,7								
110	228,5	22	319,5	39,5	31,3	130	6250	1,6	11								
111	250,5	22	359	39,5	27,6	131	10000	1	10,47								
112	272,5	22	399	40	25,1	132	166666	0,15	9,7								
113	294,5	22	442,4	43,4	22,6	132,5	∞	0	9,38								
114	316,5	22	497,5	45,1	20,1	135			8								
115	341	24,5	552,5	55	18,1	140			5,8								
116	367	26	613,5	61	16,3	145			4,2								
117	394,3	27,3	685	71,5	14,7	150			2,88								
118	421,8	27,5	763,3	78,3	13,1	155			1,85								
119	450	28,2	854,7	91,4	11,7	160			0,99								
120	479,3	29,3	952,4	97,7	10,5	165			0,1								
						166			0								

Bei 120° fing die kochende Flüssigkeit an sich zu trüben von aus-  
 verschiedener (wasserfreier) Säure. Schon bei 150° war ein ganz schwacher  
 Geruch nach Zersetzungsproducten wahrnehmbar; die Flüssigkeit glich  
 einem milchigen, kochenden Syrup. Bei 160° war der Geruch nach  
 Aceton etwas stärker, bei 170° war die Flüssigkeit gelblich gefärbt, bei  
 180° bräunlich.

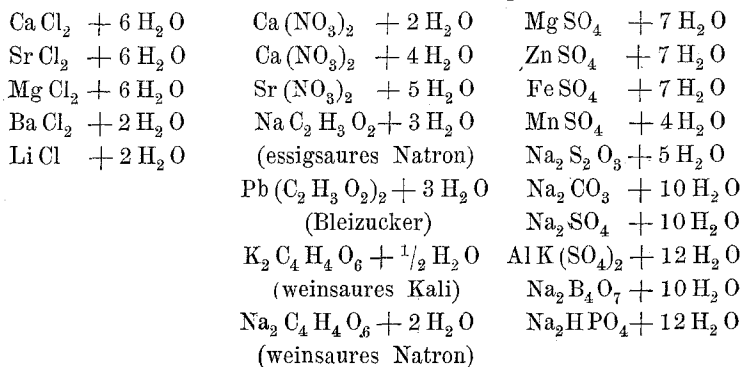
#### IV. Betrachtungen über die Krümmungen der Curven der Siedetemperaturen bei gleichmässig wachsendem Con- centrationsgrade der Lösungen.

Die Zahlenwerthe der vorstehenden Tabellen sind in Tafel II und  
 III graphisch in ein Curvennetz aufgezeichnet und zwar in der Weise,  
 dass die Siedetemperaturen als Abscissen und die Salzmengen, welche  
 in 100 Theilen Wasser gelöst sind, als Ordinaten eingetragen sind.

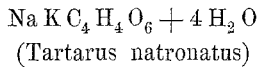
Ogleich sich nun die Curven der Siedepunkte in der mannigfal-  
 tigsten Art kreuzen und schneiden, so wird man doch bei näherer Be-  
 trachtung manche Gesetzmässigkeit aus diesen Aufzeichnungen heraus-  
 lesen können, namentlich wenn man Glieder gleicher Gruppen mit ein-  
 ander vergleicht.

Vor Allem wird es auffallen, dass sämtliche Curven der Tafel II  
 gegen die Abscissenachse gekrümmt sind, während sämtliche Curven  
 der Tafel III gegen die Ordinatenachse gekrümmt sind und erst  
 im weiteren Verlauf bei hochsiedenden Salzlösungen und bei grösserer  
 Concentration ebenfalls gegen die Abscissenachse.

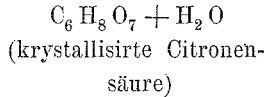
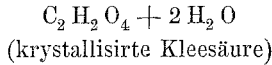
Wir finden, dass die Curven der Siedepunkte aller Salze, welche  
 mit Krystallwasser krystallisiren sich gegen die Abscissen-  
 achse krümmen. Diesen Satz finden wir bestätigt bei







Ferner bei

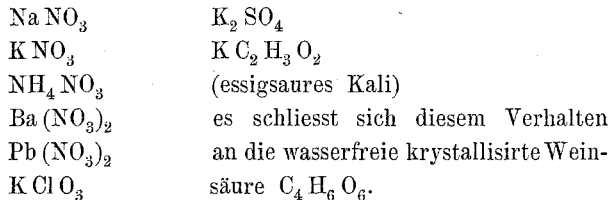


Ausnahmen von dieser Regel finden statt beim Kupfervitriol  $\text{Cu SO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}$ , dessen Curve der Siedepunkte sich gegen die Ordinatenachse krümmt, indess würde auch diese Curve sich gegen die Abscissenachse krümmen, wenn wir berechtigt wären, wie bei den übrigen Vitriolen 7 Moleculé Wasser in Rechnung zu ziehen. (Die Curve ist nicht eingezeichnet.)

Eine fernere Ausnahme findet statt beim kohlen-sauren Kali  $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$  (Tafel II). Die Curve der Siedepunkte krümmt sich ebenfalls gegen die Ordinatenachse und erst später gegen die Abscissenachse. Wir werden sehen, dass die Curve sich also ganz so verhält wie die Curven der krystallwasserhaltenden Salze in ihrem wasserfreien Zustande. Dieses Verhalten lässt sich beim krystallisirten kohlen-sauren Kali erklären durch das feste Zurückhalten seines Krystallwassergehaltes und durch den nachgewiesenen Umstand, dass  $\text{K}_2\text{CO}_3$  mit mehr als zwei Moleculen Wasser krystallisiren kann.

Wir finden ferner, dass die Curven der Siedepunkte der Lösungen aller solcher Salze, welche ohne Krystallwasser krystallisiren, sich ebenfalls gegen die Abscissenachse krümmen. (Taf. II.)

Wir finden dies bestätigt bei



Ausnahmen von dieser Regel finden statt bei  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;  $\text{K Cl}$ ;  $\text{Na Cl}$ ;  $\text{K J}$  (Tafel III); auch bei  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (Tafel II). Die Haloidsalze der genannten Alkalien verhalten sich wie die mit Krystallwasser krystallisirenden Salze in ihrem wasserfreien Zustande und schliessen sich also dem wasserfreien Chlorcalcium, Chlorstrontium, Chlorbaryum und Chlor-

lithium an. Wir haben uns hierbei zu erinnern, dass wenigstens das Chlornatrium in der Frostkälte mit Krystallwasser krystallisirt. Diese Krystalle haben die Zusammensetzung  $\text{Na Cl} + 2 \text{H}_2 \text{O}$ .

Wir finden ferner, dass die Curven der Siedepunkte aller Salze welche mit Krystallwasser krystallisiren, sich sehr abweichend verhalten, wenn wir nicht in Betracht ziehen, wie viel krystallisirtes Salz, sondern wie viel wasserfreies Salz in 100 Theilen Wasser gelöst ist. Alsdann krümmen sich die Curven anfangs gegen die Ordinatenachse, in ihrem späteren Verlauf bei leicht löslichen, hoch siedenden Flüssigkeiten gegen die Abscissenachse.

In dieser Beziehung erscheint sehr belehrend die Betrachtung der Siedecurve der Lösungen von wasserfreiem Chlorcalcium (Tafel III).

Legen wir ein gerades Lineal an bei dem Siedepunkt  $100^{\circ}$ , also bei dem Siedepunkt des reinen Wassers, und führen wir das Lineal bis an die Chlorcalciumcurve heran, so tangirt die gerade Linie die Chlorcalciumcurve bei  $130,4^{\circ}$ , bei welcher Temperatur eine Lösung siedet, die auf 100 Theile Wasser 102,67 Theile wasserfreies Chlorcalcium enthält, oder mit anderen Worten, bei welcher Temperatur das geschmolzene krystallisirte Chlorcalcium ( $\text{Ca Cl}_2 + 6 \text{H}_2 \text{O}$ ) siedet.

Bei den Siedepunkten der Chlorlithiumlösungen (Taf. III) berührt unter gleichen Umständen die Tangente die Siedecurve bei  $140^{\circ}$ , während das geschmolzene krystallisirte Chlorlithium ( $\text{Li Cl} + 2 \text{H}_2 \text{O}$ ) bei  $158,5^{\circ}$  siedet.

Bei der Siedecurve des essigsauen Natrons (Taf. III) findet diese Berührung der Tangente schon bei  $112^{\circ}$  statt, während das geschmolzene krystallisirte Salz  $\text{Na C}_2 \text{H}_3 \text{O}_2 + 3 \text{H}_2 \text{O}$  erst bei  $120^{\circ}$  siedet.

Bei der Siedecurve des salpetersauren Kalkes (Taf. III) berührt die Tangente die Curve bei  $131^{\circ} \text{C.}$ , während das geschmolzene krystallisirte Salz  $\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2 \text{O}$  bei  $152^{\circ}$  siedet. Aber das geschmolzene krystallisirte  $\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 + 4 \text{H}_2 \text{O}$  enthält auf 100 Theile Wasser 227,84 Theile wasserfreien salpetersauren Kalk; eine solche Lösung siedet schon bei  $128,7^{\circ}$ .

Bei der Siedecurve von unterschwefligsaurem Natron (Taf. III) findet die Tangentenberührung bei  $113^{\circ}$  statt, während das geschmolzene krystallisirte Salz  $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3 + 5 \text{H}_2 \text{O}$  bei  $117^{\circ}$  siedet.

Bei anderen Siedecurven, wie zum Beispiel bei denen des Chlormagnesiums, Chlorstrontiums und salpetersauren Strontians (Taf. III) erreichen die Curven überhaupt nicht die Krümmung nach der Abscissenachse, weil die mit Krystallwasser krystallisirenden Salze nicht in ihrem Krystallwasser zu schmelzen vermögen.

Namentlich die Curven der schwerlöslichen schwefelsauren und phos-

phorsäuren Salze zeigen in ihrem kurzen Lauf nur die Krümmung nach der Ordinatenachse, wenn wir in Betracht ziehen, wie viel wasserfreies Salz (nicht krystallwasserhaltendes Salz) in 100 Theilen Wasser gelöst sind; während die Siedepunkte der Lösungen von Salzen mit organischen Säuren, wie Tartarus natronatus und Bleizucker, nur ganz im Beginn eine geringe Krümmung gegen die Ordinatenachse zeigen und der ganze übrige Verlauf sich gegen die Abscissenachse krümmt; ebenso verhält sich die wasserfreie Kleesäure und die wasserfreie Citronensäure.

Diese Beobachtungen berechtigen zu dem Schluss, dass wir in den siedenden Salzlösungen so lange Krystallwasser chemisch gebunden mit den Salzmoecülen anzunehmen haben, als die Krümmung der Siedecurve sich gegen die Ordinatenachse richtet, dass wir aber neben dem geschmolzenen krystallwasserhaltenden Salz wasserfreies Salz in den Lösungen anzunehmen haben, sobald die Krümmung gegen die Abscissenachse beginnt. Ich erlaube mir in dieser Beziehung nochmals an das Verhalten der Chlorcalciumcurve zu erinnern, weil dieses leicht lösliche und in seinen Lösungen hoch siedende Salz in hervorragender Weise Gelegenheit zur Beurtheilung der Verhältnisse bietet.

Dieser Beugungspunkt in der Siedepunktscurve hat darin seinen Grund, dass wir bei dieser Betrachtungsweise stets wechselnde, und zwar abnehmende Mengen Lösungswasser bei den vorhandenen Mengen krystallisirten Salzes in Rechnung ziehen, zum Beispiel:

	Gewichts- theile Lösungs- wasser	Gewichts- theile wasserfreies Ca Cl <sub>2</sub>	Gewichts- theile Lösungs- wasser	Gewichts- theile krystallisirtes CaCl <sub>2</sub> +6H <sub>2</sub> O	Gewichts- theile wasserfreies Ca Cl	Siede- punkt °C.
Krümmung gegen die Ordinatenachse.	100	+ 10	= 90,261	+ 19,739		101,75
	100	+ 20	= 80,522	+ 39,478		103,75
	100	+ 30	= 70,783	+ 59,217		106,3
	100	+ 40	= 61,044	+ 78,956		109,5
	100	+ 50	= 51,305	+ 98,695		113,1
	100	+ 100	= 2,61	+ 197,39		129,2
	100	+ 102,67	= 0	+ 202,67		130,4
	Ca Cl <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O					
Krümmung gegen die Abscissenachse.	100	+ 150	= 0	+ 202,67	+ 47,33	143,2
	100	+ 200	= 0	+ 202,67	+ 97,33	155
	100	+ 300	= 0	+ 202,67	+ 197,33	176,7
	100	+ 305,34	= 0	+ 202,67	+ 202,67	177,8
	100	+ 308,02	= 0	+ 202,67	+ 205,35	178,3
		Ca Cl <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O.				

Beugungspunkte in den Siedepunktscurven (Tafel III) finden wir aus diesem Grunde vertreten bei den Lösungen von wasserfreien Salzen: Chlorcalcium, Chlorlithium, unterschwefligsaurem Natron, essigsäurem Natron, salpetersaurem Kalk, kohlen-säurem Kali und, wie schon erwähnt, auch bei dem krystallisirten Salze  $K_2CO_3 + 2H_2O$  (Taf. II), ferner bei den Lösungen der wasserfreien Citronensäure und der wasserfreien Kleesäure und ebenso bei den Laugen von Kalihydrat und Natronhydrat. (Taf. III.)

Eine nur anfangs schwache Krümmung gegen die Ordinatenachse zeigen die Siedepunkte der Lösungen von wasserfreiem Tartarus natronatus und Bleizucker.

Neigung zur Bildung des zweiten Theiles der Curve (Krümmung gegen die Abscissenachse) finden wir bei Chlorstrontium, Chlormagnesium und Salmiak (Tafel III).

Der zweite Theil der Curven fehlt ganz bei den schwerlöslichen Salzen: kohlen-säures Natron, schwefelsäures Natron, schwefelsäure Magnesia, Zinkvitriol, Eisenvitriol, schwefelsäures Manganoxydul, Kupfervitriol, salpetersaurer Strontian (Tafel III).

Wir haben also in Betreff der Siedepunktscurven drei Arten von Salzen in ihren Lösungen zu unterscheiden

- 1) Salze, welche mit Krystallwasser krystallisiren in ihrem krystallisirten Zustande.
- 2) Salze, welche mit Krystallwasser krystallisiren, in ihrem wasserfreien Zustande.
- 3) Salze, welche ohne Krystallwasser krystallisiren.

Aus den vorhergehenden Untersuchungen lassen sich folgende Gesetze aufstellen:

Bei gleichmässiger Zunahme der Siedetemperatur wachsen die Differenzen der Salz-mengen, welche in einer gleich bleibenden Wassermenge gelöst sind, sowohl bei Salzen, welche mit Krystallwasser krystallisiren als auch bei Salzen, welche ohne Krystallwasser krystallisiren. Zieht man aber bei Krystallwasser enthaltenden Salzen die Salz-molecüle in ihrem wasserfreien Zustande in Betracht, welche in einer gleich bleibenden Wassermenge gelöst sind, so vermindern sich bei gleichmässiger Zunahme der Siedetemperatur anfangs die Differenzen der Salz-mengen, nehmen aber bei leicht löslichen Salzen im weiteren Verlauf bei gleichmässiger Siedepunktserhöhung zu.

Es ist nur die umgekehrte Form der Ausdrucksweise, wenn ich sage:

Wenn in einer gleich bleibenden Menge Wasser nach und nach gleich grosse Mengen eines krystallwasserhaltenden Salzes gelöst werden,

oder eines Salzes, das wasserfrei krystallisirt, so nehmen die Differenzen in den Siedepunkten ab. — Zieht man aber bei Salzen, welche mit Krystallwasser krystallisiren, die Salzmoecüle in ihrem wasserfreien Zustande in Betracht, die in einer gleich bleibenden Wassermenge nach und nach in gleich grossen Mengen gelöst werden, so wachsen anfangs die Differenzen der Siedetemperaturen, nehmen aber bei Lösungen grösserer Mengen dieser wasserfreien Salze ebenfalls ab.

V. Betrachtungen über die Uebereinanderlagerung der Siedepunktcurven bei Lösungen analog zusammengesetzter Salze bei gleichmässig zunehmenden absoluten Gewichtsmengen der Salze in den Lösungen.

Haben wir bis jetzt also im Allgemeinen ein Bild erhalten von der Krümmung der Siedepunktcurven, so sind wir doch noch ohne allen Aufschluss über den Zusammenhang zwischen der Erhöhung des Siedepunktes des Wassers durch aufgelöstes Salz mit den übrigen Eigenschaften der Salze in ihren Lösungen.

Werden in einer gleich bleibenden Menge Wasser nach und nach gleich grosse absolute Gewichtsmengen Salz gelöst, so finden wir bei analog zusammengesetzten Salzen (und Verbindungen) folgende Uebereinanderlagerung der Siedepunktcurven. Die höchst siedende Lösung ist zuerst genannt.

Salze und Verbindungen in ihrem wasserfreien Zustande.

Li Cl	Mg Cl <sub>2</sub>	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Na NO <sub>3</sub>	Mg SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	KOH
Na Cl	Ca Cl <sub>2</sub>	Sr (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na OH
NH <sub>4</sub> Cl	Sr Cl <sub>2</sub>	Ba (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	K NO <sub>3</sub>	Zn SO <sub>4</sub>		
K Cl	Ba Cl <sub>2</sub>			K Al (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>		
				Mn SO <sub>4</sub>		
				Fe SO <sub>4</sub>		

Tafel III      III      III      II      III      III      III

Bei näherer Betrachtung finden wir jedoch, dass die Siedecurven, selbst bei analog zusammengesetzten Verbindungen keineswegs immer gleichmässigen Verlauf zeigen. Einige Curven von derselben Gruppe schneiden sich sogar in ihrem Verlaufe.

Ein solches Schneiden der Siedecurven findet zum Beispiel statt bei den Lösungen von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron; anfangs liegt die Curve des kohlen-sauren Kalis unter der Curve des kohlen-sauren Natrons später jedoch über der letzteren.

Bei der Siedetemperatur 103,3<sup>o</sup> C. enthalten beide Lösungen auf 100 Theile Wasser 35 Gewichtstheile wasserfreies Salz gelöst.

In gleicher Weise schneiden sich die Siedecurven von Kalihydrat und Natronhydrat; auch hier liegt anfangs die Curve des Kalihydrates unter der Curve des Natronhydrates, später jedoch über derselben. Bei der Siedetemperatur 139<sup>o</sup> enthalten beide Lösungen auf 100 Theile Wasser 91 Gewichtstheile Kalihydrat, respective Natronhydrat gelöst.

Salze und Verbindungen in ihrem Krystallwasser  
enthaltenden Zustande.

Die Uebereinanderlagerung der Siedepunktcuren ist folgende:

$\text{Mg Cl}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$	$\cdot$	$\text{Mg SO}_4 + 7 \text{ H}_2\text{O}$	$\cdot$	krystallisirte Weinsäure,
$\text{Ca Cl}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$	$\cdot$	$\text{Zn SO}_4 + 7 \text{ H}_2\text{O}$	$\cdot$	< Kleesäure,
$\text{Sr Cl}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$	$\cdot$	$\text{Fe SO}_4 + 7 \text{ H}_2\text{O}$	$\cdot$	< Citronensäure.
Tafel II		II		II

Auch hier sehen wir, dass sich die Siedecurven der Kleesäure- und der Citronensäurelösungen schneiden. Anfangs liegt die Curve der Kleesäure über der Curve der Citronensäure, später jedoch unter der letzteren. Bei der Siedetemperatur 115,5<sup>o</sup> C. enthalten beide Lösungen auf 100 Theile Wasser 583 Gewichtstheile krystallisirter Säure gelöst.

Diese Beispiele beweisen zur Genüge, dass sich kein allgemein gültiges Gesetz für die Siedetemperaturen nachweisen lässt, wenn wir die Salze (Verbindungen) nach den gelösten absoluten Gewichtsmengen in Betracht ziehen.

Da die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körper in hervorragender Weise Functionen des Moleculargewichtes sind, so stand zu erwarten, dass ein Aufschluss über diese bis jetzt unbekanntten Verhältnisse nur zu erhalten sei, wenn man die Salze nicht nach ihren absoluten Gewichtstheilen, sondern nach ihren Moleculargewichten in Betracht zieht.

Ich habe daher in nachfolgender Tabelle die Siedetemperaturen der Salzlösungen verzeichnet, wenn in 100 Gewichtstheilen Wasser gleichmäßig wachsende Moleculargewichtsmengen der Salze gelöst sind.

Vergleichen wir die Siedepunkte der Lösungen der wasserfrei krystallisirenden Salze  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$  mit dem ebenfalls wasserfrei krystallisirenden Salze  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , so ist es einleuchtend, dass wir hier nicht eigentlich moleculare Gewichtsmengen mit einander vergleichen können, sondern vielmehr chemisch-aequivalente Gewichtsmengen, denn 2 Atome der einwerthigen Elemente Na und K und 2 Molecüle der Verbindung  $\text{NH}_4$  werden in ihren Salzen durch 1 Atom des zweiwerthigen Elementes Pb substituirt.



	Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = 1/10$		Siedetemperaturen		Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind		Siedetemperaturen	
	Mg Cl <sub>2</sub> 94,68 Molecular- gewicht	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	° C.		Ca Cl <sub>2</sub> 110,64 Molecular- gewicht	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	° C.	
1	9,468	101,9	11,064	102,05	15,794	101,5	20,754	101,65
2	18,936	104,7	22,128	104,3	31,588	103,4	41,508	103,3
3	28,404	108,4	33,192	107,35	47,382	105,65		
4	37,872	112,8	44,256	110,9	63,176	108,45		
5	47,340	118,7	55,320	115,15	78,970	111,5		
6	56,808	125,3	66,384	119,1	94,764	114,25		
7			77,448	122,7	110,558	116,7		
8			88,512	126,4				
9			99,576	129,6				
10			110,640	132,7				

	Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = 1/10$		Siedetemperaturen		Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind		Siedetemperaturen	
	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 163,68 Molecular- gewicht	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	° C.		Sr (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 210,98 Molecular- gewicht	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	° C.	
1	16,368	101,65	21,098	100,85	26,058	101,15		
2	32,736	103,3	42,196	101,8				
3	49,104	104,95	63,294	102,95				
4	65,472	106,55	84,392	104,2				
5	81,840	108,2	105,490	105,55				
6	98,208	110,05	126,588	107				
7	114,576	112						
8	130,944	114,15						
9	147,312	116,45						
10	163,680	119						
15	245,52	131,05						
20	327,36	140,3						
25	409,20	148						



	Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind		Siedetemperaturen		Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind		Siedetemperaturen		Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind		Siedetemperaturen	
	NaNO <sub>3</sub> 84,88 Moleculargewicht		° C.		NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 79,90 Moleculargewicht		° C.		KNO <sub>3</sub> 100,93 Moleculargewicht		° C.	
1	8,488	100,95	7,99	100,8	10,093	100,65	16,509	100,5	12,229	100,9		
2	16,976	101,85	15,98	101,6	20,186	101,3	33,018	101,10	24,458	101,75		
3	25,464	102,7	23,97	102,4	30,279	101,95	49,527	101,45	36,687	102,55		
4	33,952	103,6	31,96	103,15	40,372	102,6	66,036	101,9	48,916	103,3		
5	42,440	104,45	39,95	103,9	50,465	103,2	82,545	102,25	61,145	104		
6	50,928	105,3	47,94	104,65	60,558	103,8	99,054	102,65				
7	59,416	106,15	55,93	105,35	70,651	104,35	115,563	103,0				
8	67,904	107	63,92	106,1	80,744	104,9	132,072	103,4				
9	76,392	107,8	71,91	106,8	90,837	105,45						
10	84,880	108,6	79,90	107,55	100,930	106						
15	127,32	112,5	119,85	111	151,395	108,45						
20	169,76	116,1	159,80	114,15	201,86	110,5						
25	212,20	119,3	199,75	116,9								
30			239,7	119,45								
40			319,6	124,05								
50			399,5	128,15								
100			799	144,2								
200			1598	164,8								
300			2397	180								
400			3196	190,9								
500			3995	198								
1000			7990	218								
∞			∞	240								



Anzahl der Molecüle, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = \frac{1}{10}$	Gewichtstheile KOH, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen ° C.	Gewichtstheile NaOH, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen ° C.
	KOH 56,00 Moleculargewicht		Na OH 39,95 Moleculargewicht	
1	5,6	101,2	3,995	101,1
2	11,2	102,55	7,990	102,25
3	16,8	104,1	11,985	103,45
4	22,4	105,65	15,980	104,7
5	28,0	107,5	19,975	106
6	33,6	109,6	23,970	107,5
7	39,2	112	27,965	109,2
8	44,8	114,35	31,960	111
9	50,4	116,85	35,955	112,75
10	56,0	119,35	39,950	114,55
15	84	131,25	59,925	125
20	112	153,7	79,900	134,45
30	168	190	119,85	149,8
40	224	222	159,80	162,5
50	280	247,5	199,75	173
100	560	327,5	399,50	207
500			1997,5	275
1000			3995	292
$\infty$			$\infty$	314

Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = \frac{1}{10}$	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen ° C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen ° C.
	$K_2CO_3$ 137,93 Moleculargewicht		$Na_2CO_3$ 105,83 Moleculargewicht	
1	13,793	101,2	10,583	101
2	27,586	102,5	21,166	102,05
3	41,379	104,2	31,749	103,1
4	55,172	106,15	42,332	104,15
5	68,965	108,3		
6	82,758	110,8		
7	96,551	113,5		
8	110,344	116,4		
9	124,137	119,3		
10	137,930	122,2		
15	206,895	134,25		

Anzahl der Moleküle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = 1/10$	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.
	$K_2C_2H_3O_2$ 97,90 Molekulargewicht		$Na_2C_2H_3O_2$ 81,85 Molekulargewicht		$Pb(C_2H_3O_2)_2$ $\frac{324,12}{2} = 162,06$ Molekulargewicht	
1	9,79	101,65	8,185	101	16,206	100,2
2	19,58	103,25	16,370	101,95	32,412	100,45
3	29,37	104,8	24,555	103,1	48,618	100,6
4	39,16	106,25	32,740	104,4	64,824	100,8
5	48,95	107,75	40,925	105,75	81,030	101,0
6	58,74	109,25	49,110	107,1	97,236	101,15
7	68,53	110,75	57,295	108,5	113,442	101,3
8	78,32	112,2	65,480	109,9	129,648	101,5
9	88,11	113,6	73,665	111,3	145,854	101,7
10	97,90	115	81,850	112,5	162,060	101,9
11	107,69	116,4	90,035	113,7	178,266	102,1
12	117,48	117,75	98,220	114,85	194,472	102,25
13	127,27	119	106,405	115,85	210,678	102,4
14	137,06	120,45	114,590	116,8	226,884	102,6
15	146,85	121,75	122,775	117,7	243,090	102,8
20	195,80	128,05	163,700	121,55	324,12	103,6
30	293,7	138,65			486,18	105,25
40	391,6	146,4			648,24	106,8
50	489,5	152,8			810,30	108
60	587,4	158,8			972,36	109,3
80					1296,48	111,5
100					1620,60	113,45
200					3241,2	120
1000					16206,0	129,2
∞					∞	133

	Anzahl der Moleküle, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = \frac{1}{10}$		Siedetemperatur		Siedetemperaturen		Siedetemperaturen	
	$Na_2C_4H_4O_6$ 193,62 Moleculargewicht	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	$K_2C_4H_4O_6$ 225,72 Moleculargewicht	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	$KNaC_4H_4O_6$ 209,67 Moleculargewicht	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	$C_4H_6O_6$ 149,64 Moleculargewicht	Gewichtstheile Weinsäure, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind
	$^{\circ}C.$		$^{\circ}C.$		$^{\circ}C.$		$^{\circ}C.$	
1	19,362	101,15	22,572	101,35	20,967	101,2	14,964	100,9
2	38,724	102,3	45,144	102,65	41,934	102,45	29,928	101,75
3	58,086	103,4	67,716	104,0	62,901	103,65	44,892	102,6
4	77,448	104,5	90,288	105,0	83,868	104,95	59,856	103,45
5	96,810	105,6	112,860	106,85	104,835	106,2	74,820	104,3
6	116,172	106,7	135,432	108,35	125,802	107,45	89,784	105,15
7	135,534	107,85	158,004	109,75	146,769	108,7	104,748	106
8			180,576	111,10	167,736	109,8	119,712	106,8
9			203,148	112,45	188,703	110,9	134,676	107,65
10			225,720	113,8	209,670	112	149,640	108,5
11			248,292	115,1	230,637	113,05	164,604	109,3
12					251,604	114,05	179,568	110,1
13					272,571	115	194,532	110,95
14					293,538	115,9	209,496	111,75
15					314,505	116,8	224,46	112,55
20					419,34	121,25	299,28	116,35
30					629,01	128,8	448,92	123,55
40					838,68	134,6	598,56	129,65
50					1048,35	139,2	748,20	134,55
60					1258,02	142,5	897,84	138,2
100					2096,7	153,4	1496,4	148
$\infty$					$\infty$	165	$\infty$	170

Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = 1/10$	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.
	$Mg Cl_2 + 6 H_2O$ 202,44 Moleculargewicht		$Ca Cl_2 + 6 H_2O$ 218,40 Moleculargewicht		$Sr Cl_2 + 6 H_2O$ 265,70 Moleculargewicht	
1	20,244	101,85	21,84	101,7	26,57	101,35
2	40,488	103,7	43,68	103,4	53,14	102,65
3	60,732	105,55	65,52	105	79,71	103,95
4	80,976	107,35	87,36	106,6	106,28	105,15
5	101,220	109,2	109,20	108,1	132,85	106,3
6	121,464	111,05	131,04	109,55	159,42	107,4
7	141,708	112,75	152,88	110,95	185,99	108,4
8	161,952	114,4	174,72	112,2	212,56	109,35
9	182,196	115,8	196,56	113,3	239,13	110,15
10	202,440	117,35	218,40	114,35	265,70	110,9
15	303,66	123,6	327,6	118	398,55	113,45
20	404,88	127,85	436,8	120,35	531,4	115,05
25			546	121,9	664,25	116,15
30			655,2	123,1	797,1	116,9
40			873,6	124,7		
50			1092,0	125,55		
∞			∞	130,4		

Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = \frac{1}{10}$	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen
	$MgSO_4 + 7H_2O$		$ZnSO_4 + 7H_2O$		$FeSO_4 + 7H_2O$	
	Moleculargewicht	°C.	Moleculargewicht	°C.	Moleculargewicht	°C.
1	24,548	100,6	28,644	100,55	27,744	100,35
2	49,096	101,15	57,288	101	55,488	100,7
3	73,644	101,7	85,932	101,45	83,232	100,95
4	98,192	102,2	114,576	101,85	110,976	101,2
5	122,740	102,7	143,220	102,2	138,720	101,4
6	147,288	103,15	171,864	102,55	166,464	101,55
7	171,836	103,6	200,508	102,9		
8	196,384	104	229,152	103,2		
9	220,932	104,35	257,796	103,45		
10	245,480	104,75	286,440	103,7		
15			429,66	104,75		

Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = \frac{1}{10}$	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen
	$MnSO_4 + 4H_2O$		$KAl(SO_4)_2 + 12H_2O$	
	Moleculargewicht	°C.	Moleculargewicht	°C.
1	22,246	100,4	23,675	100,35
2	44,492	100,8	47,350	100,65
3	66,738	101,15	71,025	100,95
4	88,984	101,5	94,700	101,25
5	111,230	101,85	118,375	101,50
6	133,476	102,15	142,050	101,75
7	155,722	102,5	165,725	102,00
8			189,400	102,25
9			213,075	102,45
10			236,750	102,65
20			473,50	103,8
30			710,25	104,54
40			947,00	104,96
50			1183,75	105,2
100			2367,50	105,9
∞			∞	106,7

Anzahl der Moleküle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = \frac{1}{10}$	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.
	$Na_2SO_4 + 5H_2O$ 247,62 Moleculargewicht		$Na_2CO_3 + 10H_2O$ 285,43 Moleculargewicht		$Na_2SO_4 + 10H_2O$ 321,40 Moleculargewicht		$Na_2HPO_4 + 12H_2O$ 357,30 Moleculargewicht	
1	24,762	101	28,543	100,85	32,14	100,55	35,73	100,55
2	49,524	102	57,086	101,5	64,28	101,15	71,46	101,05
3	74,286	102,9	85,629	102	96,42	101,6	107,19	101,45
4	99,048	103,75	114,172	102,4	128,56	102	142,92	101,7
5	123,810	104,55	142,715	102,7	160,70	102,3	178,65	102
6	148,572	105,3	171,258	102,95	192,84	102,65	214,38	102,15
7	173,334	106	199,801	103,15	224,98	102,95	250,11	102,3
8	198,096	106,6	228,344	103,45	257,12	103,2	285,84	102,45
9	222,858	107,15	256,887	103,5	289,26	103,4	321,57	102,55
10	247,620	107,65	285,430	103,65	321,40	103,6	357,30	102,7
20	495,24	111	570,86	104,5			714,6	
30	742,86	112,6	856,29	104,8			1071,9	
40	990,48	113,54					1429,2	
50	1238,10	114,16					1786,5	
100	2476,2	115,45					3573,0	
	∞	117					∞	103,85

Anzahl der Moleküle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = \frac{1}{10}$	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siede- temperaturen °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siede- temperaturen °C.
	$Na_2C_2H_3O_2 + 3H_2O$ 135,73 Moleculargewicht		$Pb(C_2H_3O_2)_2 + 3H_2O$ $\frac{378,00}{2} = 189$ Moleculargewicht	
1	13,573	100,9	18,9	100,25
2	27,146	101,8	37,8	100,45
3	40,719	102,7	56,7	100,65
4	54,292	103,5	75,6	100,8
5	67,865	104,3	94,5	100,95
6	81,438	105,1	113,4	101,05
7	95,011	105,85	132,3	101,2
8	108,584	106,55	151,2	101,3
9	122,157	107,2	170,1	101,4
10	135,730	107,85	189	101,5
20	271,46	112,05	378	102,4
30	407,19	114,25	567	103,05
40	542,92	115,5	756	103,45
50	678,65	116,35	945	103,65
100	1357,3	118,2	1890	104,7
∞	∞	120,54	∞	106,4



Anzahl der Molecüle Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = \frac{1}{10}$	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.	Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siedetemperaturen °C.
	$K_2C_4H_4O_6 + \frac{1}{2}H_2O$ 234,70 Moleculargewicht		$Na_2C_4H_4O_6 + 2H_2O$ 229,54 Moleculargewicht		$KNaC_4H_4O_6 + 4H_2O$ 281,51 Moleculargewicht	
1	23,47	101,3	22,954	101,1	28,151	101,15
2	46,94	102,6	45,908	102,1	56,302	102,1
3	70,41	103,9	68,862	103,1	84,453	103
4	93,88	105,2	91,816	104	112,604	103,85
5	117,35	106,5	114,770	104,75	140,755	104,6
6	140,82	107,8	137,724	105,5	168,906	105,25
7	164,29	109,05	160,678	106,3	197,057	105,8
8	187,76	110,3	183,632	107	225,208	106,3
9	211,23	111,5	206,586	107,7	253,359	106,85
10	234,70	112,65	229,540	108,3	281,510	107,2
11	258,17	113,8			309,661	107,6
12	281,64	114,9			337,812	107,95
13					365,963	108,3
14					394,114	108,6
15					422,265	108,9
20					563,020	110,1
25					703,775	110,85
30					844,53	111,4
40					1126,04	112,3
50					1407,55	112,95
∞					∞	115,6

Anzahl der Molecüle Säure, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind $H = 1/10$	Gewichtstheile krystallisirte Säure, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siede- tempera- turen  °C.	Gewichtstheile krystallisirte Säure, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siede- tempera- turen  °C.	Gewichtstheile krystallisirte Säure, welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind	Siede- tempera- turen  °C.
	Weinsäure $C_4H_6O_6$ 149,64 Molecular- gewicht		Citronensäure $C_6H_8O_7 + H_2O$ 209,50 Molecular- gewicht		Kleesäure $C_2H_2O_4 + 2H_2O$ 126,70 Molecular- gewicht	
1	14,964	100,9	20,95	100,75	12,57	100,6
2	29,928	101,75	41,90	101,45	25,14	101,25
3	44,892	102,6	62,85	102,2	37,71	101,85
4	59,856	103,45	83,80	102,9	50,28	102,4
5	74,820	104,3	104,75	103,6	62,85	103
6	89,784	105,1	125,70	104,35	75,42	103,55
7	104,748	105,95	146,65	105,05	87,99	104,05
8	119,712	106,8	167,60	105,75	100,56	104,55
9	134,676	107,65	188,55	106,4	113,13	105
10	149,64	108,5	209,50	107,05	125,70	105,5
15	224,46	112,55	314,25	109,85	188,55	107,75
20	299,28	116,35	419,0	112,4	251,4	109,65
30	448,92	123,5	628,5	116,2	377,1	112,7
40	598,56	129,65	838,0	118,9	502,8	114,5
50	748,2	134,55	1047,5	120,8	628,5	116,0
100	1496,4	148	2095,0	125,5	1257	119,8
$\infty$	$\infty$	170	$\infty$	132,5	$\infty$	125,2

Die graphische Darstellung dieser Siedetemperaturen befinden sich auf Tafel IV und Tafel V und zwar enthält Tafel IV die Siedetemperaturen der Lösungen von Salzen in ihrem wasserfreien Zustande, Tafel V hingegen die Siedetemperaturen der Lösungen von Salzen (Verbindungen) in ihrem Krystallwasser enthaltenden Zustande.

Die Abscissen entsprechen auch hier den Siedetemperaturen, die Ordinaten hingegen geben die Anzahl der gelösten Salzmolecüle an.

Bei der Vereinigung der Salze zu einer Gruppe war für mich maassgebend einestheils die analoge chemische Zusammensetzung, andernteils der gleichmässige Verlauf der Siedecurven. So finden wir beispielsweise,

dass die Siedecurve der Lösungen von schwefelsaurem Kali sich nicht vergleichen lässt mit der Siedecurve der Lösungen von schwefelsaurem Natron; sondern dass die Siedecurve des wasserfrei krystallisirenden schwefelsauren Kalis gleichmässigen Verlauf hat mit der Siedecurve des ebenfalls wasserfrei krystallisirenden schwefelsauren Ammons; während die Siedecurve der Lösungen von wasserfreiem schwefelsaurem Natron (Tafel IV) sich den Siedecurven der Lösungen von wasserfreier schwefelsaurer Magnesia und wasserfreiem Zinkvitriol anschliesst, welche Salze mit Krystallwasser krystallisiren. Dieser Umstand bestätigt auf's Neue meine Annahme, dass bei der Siedetemperatur die Salze Krystallwasser in der Lösung fest gebunden halten, wie ich dies schon weiter oben bei der Siedecurve von Chlorcalciumlösungen nachgewiesen habe.

Wir finden auch, dass die Siedecurve der Lösungen von salpetersaurem Blei in ihrem Verlauf weit mehr Aehnlichkeit hat mit den Siedecurven von Kali- und Natronsalpeter, als mit den Siedecurven von salpetersaurem Kalk und Strontian (Taf. IV). Diese Gründe sind es, welche für mich maassgebend waren, die Siedecurve von  $\frac{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2}{2}$  mit denen der Alkalisalze zusammenzustellen.

Ich bekenne, dass solche Gruppierungen, wie Glaubersalz mit der Magnesiagruppe oder mit Thonerdesalzen — Eisenvitriol und Manganvitriol mit den Alkalisalzen — Bleisalze mit den Alkalisalzen — chlor-saure Salze mit salpetersauren Salzen, erkünstelt und gewaltsam erscheinen. Bei ähnlichem Verlauf der Siedecurven habe ich diese Salze auch nur vorläufig und versuchsweise zu einer Gruppe zusammen gestellt.

Bemerkenswerth ist es, dass bei diesen Betrachtungen, wo wir gleiche moleculare Gewichtsmengen in den Lösungen vergleichen, nirgends ein Schneiden oder eine Kreuzung der Siedecurven bei Gliedern ein und derselben Gruppe stattfindet. Es schneiden sich also nicht mehr die Siedecurven der Lösungen von kohlen-saurem Kali und Natron, auch nicht die Siedecurven der Lösungen von Kalihydrat und Natronhydrat (Tafel IV) oder der Lösungen von krystallisirter Citronensäure und krystallisirter Kleesäure (Tafel V).

Auch die Uebereinanderlagerung der Siedecurven ist in einzelnen Fällen eine andere, wenn gleichgrosse moleculare Gewichtsmengen in einer gleich bleibenden Menge Wasser gelöst sind, als wir bei den absoluten Gewichtsmengen gefunden haben.

VI. Die Uebereinanderlagerung der Siedecurven bei gleichen molecularen Gewichtsmengen in der Lösung.

a) bei Salzen und Verbindungen in ihrem wasserfreien Zustande.

(Hierzu Tafel IV.)

Li Cl	Mg Cl <sub>2</sub>	—	Na NO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Na Cl	Ca Cl <sub>2</sub>	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
K Cl	Sr Cl <sub>2</sub>	Sr (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	K NO <sub>3</sub>	Mn SO <sub>4</sub>	Mg SO <sub>4</sub>
NH <sub>4</sub> Cl	—	Ba (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	$\frac{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2}{2}$	Fe SO <sub>4</sub>	Zn SO <sub>4</sub>
					$\frac{\text{K Al}(\text{SO}_4)_2}{2}$
	KOH	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	
	NaOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	Na K C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	
			$\frac{\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2}{2}$	Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	
				C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	

b) bei Salzen und Verbindungen in ihrem Krystallwasser enthaltenden Zustande.

(Hierzu Tafel V.)

Mg Cl <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O	Mg SO <sub>4</sub> + 7 H <sub>2</sub> O	Mn SO <sub>4</sub> + 4 H <sub>2</sub> O
Ca Cl <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O	Zn SO <sub>4</sub> + 7 H <sub>2</sub> O	$\frac{\text{K Al}(\text{SO}_4)_2 + 12 \text{H}_2\text{O}}{2}$
Sr Cl <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O	Fe SO <sub>4</sub> + 7 H <sub>2</sub> O	
$\frac{\text{Na C}_2\text{H}_3\text{O}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}}{2}$		krystallisirte Weinsäure,
$\frac{\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 + 3 \text{H}_2\text{O}}{2}$		< Citronensäure,
		< Kleesäure.

Bei anderen Krystallwasser enthaltenden Salzen lässt sich ein gleichmässiger Verlauf der Siedepuncturven nicht nachweisen, zum Beispiel nicht bei Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub> + 10 H<sub>2</sub> O und Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> + 10 H<sub>2</sub> O; vielleicht aber bei Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub> + 10 H<sub>2</sub> O < Na<sub>2</sub> HPO<sub>4</sub> + 12 H<sub>2</sub> O, oder bei Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> + 10 H<sub>2</sub> O <  $\frac{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10 \text{H}_2\text{O}}{2}$ .

Zu Li Cl + 2 H<sub>2</sub> O fehlt bis jetzt jedes Pendant, wenn wir nicht etwa Ba Cl<sub>2</sub> + 2 H<sub>2</sub> O damit vergleichen wollen. Die Siedecurve der Lösungen von Cu SO<sub>4</sub> + 5 H<sub>2</sub> O steht ohne jede Analogie da, da sich die Siedecurve der Lösung dieses Krystallwasser haltenden Salzes ganz aus-

nahmsweise gegen die Ordinatenachse krümmt (Tafel V). (Es ist schon weiter oben nachgewiesen worden, dass sich ebenfalls eine Krümmung gegen die Abscissenachse herausstellt, wenn wir das Salz, wie bei den übrigen Vitriolen, mit 7 Moleculen Wasser in Rechnung bringen dürfen.)

Es drängt sich uns die Frage auf, welches die innere Ursache ist, dass einige Salzlösungen höher sieden, als andere.

Dass bei Lösungen ein und desselben Salzes die concentrirteren Lösungen höher sieden, als die minder concentrirteren Lösungen, nimmt uns nicht Wunder. Da die wachsende Menge des Salzes den Siedepunkt des Wassers erhöht, so suchen wir den Grund in einer Massenanziehung oder in einer Verwandtschaft des Salzes zum Wasser.

#### VII. Vergleich der Erhöhung der Siedetemperaturen mit dem Moleculargewicht der gelösten Salze.

Wenn also bei den Lösungen ein und desselben Salzes diejenige Lösung am höchsten siedet, welche das meiste Salz enthält, so könnte man vermuthen, dass wenn eine gleiche Anzahl verschiedener Salzmoecüle, jede in einer gleich grossen Menge Wasser, gelöst sind, auch diejenige Lösung den höheren Siedepunkt haben müsste, welche das Salz mit dem grösseren Moleculargewicht enthält.

Ein einziger Blick auf die Curventafeln IV und V belehrt uns aber, dass dies durchaus nicht der Fall ist. Im Gegentheil sieden bei Gliedern einer Gruppe in den bei Weitem meisten Fällen bei gleicher molecularer Concentration die Lösungen von Salzen mit kleinerem Moleculargewicht höher, als die Lösungen von Salzen mit grossem Moleculargewicht.

Lösen wir beispielsweise

in 100 Gewichtstheilen Wasser 7 Molecüle  $\left(\frac{H}{10}\right) = 29,6 \text{ g Li Cl}$   
 in anderen 100            <            <            7            <             $\left(\frac{H}{10}\right) = 52,1 \text{ g K Cl}$   
 so siedet die erstere Lösung erst bei  $111,9^{\circ} \text{ C.}$ , aber die letztere Lösung schon bei  $107,6^{\circ} \text{ C.}$

Während 7 Molecüle =  $52,1 \text{ g K Cl}$  den Siedepunkt des Wassers um  $7,6^{\circ} \text{ C.}$  erhöhen, bewirken schon  $5,05 \text{ Molecüle} = 21,4 \text{ g Li Cl}$  die gleiche Erhöhung des Siedepunktes (Tafel IV).

Eine Massenanziehung in dem Sinne, dass bei gleicher molecularer Concentration der Lösung dasjenige Salz, welches die grösste Gewichts-

menge oder die grösste Volumenmenge repräsentirt, das Wasser am meisten verhindert zu sieden, mithin die Siedepunktserhöhung herbeiführt, eine solche Massenanziehung findet also nicht statt.

Ich werde weiter unten nochmals Gelegenheit nehmen, auf den Zusammenhang der Siedepunktserhöhung mit den Moleculargewichten zurückzukommen.

### VIII. Vergleich der Erhöhung der Siedetemperaturen mit den specifischen Gewichten der Salzlösungen.

Werden in einer gleich bleibenden Menge Wasser gleichmässig wachsende moleculare Gewichtsgrössen eines wasserfreien Salzes gelöst, so bilden die specifischen Gewichte dieser Lösungen in ihrer graphischen Darstellung Curven.\*) Die Differenzen der specifischen Gewichte nehmen ab mit der gleichmässig wachsenden Anzahl der Molecüle des gelösten Salzes.

In der Uebereinanderlagerung dieser Curven der specifischen Gewichte der Salzlösungen herrscht sogar eine so grosse Gesetzmässigkeit, dass nur in sehr seltenen Fällen ein Schneiden der Curven beobachtet wird.

Bei Gliedern einer Gruppe hat stets diejenige Lösung das höhere specifische Gewicht, welche bei gleicher Anzahl gelöster Salzmoecüle das Salz mit dem grösseren Moleculargewicht enthält.

Da also die Uebereinanderlagerung dieser Curven genau in demselben Sinne stattfindet wie die Reihenfolge der Moleculargewichte (wenn auch nicht proportional der Grösse der Moleculargewichte), so würde ja eine Uebereinstimmung in der Zunahme der Siedetemperaturen mit der Zunahme der specifischen Gewichte der Lösungen gleichbedeutend sein mit einer Uebereinstimmung in der Zunahme der Siedetemperaturen mit der Zunahme der Moleculargewichtserhöhung der Lösungen.

Eine Lösung von 4 Molecülen  $\left(\frac{H}{10}\right) = 16,8 g$  Li Cl in 100 Gewichtstheilen Wasser hat das specifische Gewicht 1,083.

Eine Lösung von 4 Molecülen  $\left(\frac{H}{10}\right) = 29,8 g$  K Cl in 100 Gewichtstheilen Wasser hat das specifische Gewicht 1,158.

Die erstere Lösung siedet erst bei 105,6° C.

Die letztere Lösung siedet schon bei 103,9° C.

---

\*) Solche Aufzeichnungen von Curven der specifischen Gewichte von Salzlösungen findet man in Poggendorff's Annalen B. 95, Tafel III.; B. 104, Tafel I.; Gerlach's Salzlösungen Tafel II.

Zieht man die Lösungen von gleich grossem specifischem Gewicht in Betracht, so

enthält eine Lösung von 1,083 spec. Gewicht 4 Molecüle = 16,8 g LiCl,  
 aber < < < 1,083 < < 1,92 < = 14,3 g KCl.

Die Chlorlithium-Lösung siedet erst bei 105,6° C.

Die Chlorkalium-Lösung siedet schon bei 101,6° C.

Im vorliegenden Falle siedet bei gleich grossem specifischem Gewicht diejenige Lösung am höchsten, welche das Salz mit dem kleinsten Moleculargewicht enthält. Von allgemeiner Gültigkeit ist jedoch diese Regel nicht. Bei den Lösungen von kohlensaurem Kali und Natron siedet zum Beispiel bei gleich grossem specifischem Gewicht die Lösung von kohlensaurem Kali höher, als die Lösung von kohlensaurem Natron.

Alles, was ich weiter unten über den Zusammenhang der Siedetemperaturen mit den Moleculargewichten sagen werde, bezieht sich auch auf den Zusammenhang der Siedetemperaturen mit den specifischen Gewichten der Lösungen.

## IX. Vergleich der Erhöhung der Siedetemperaturen mit der specifischen Wärme der Lösungen.

H. Kopp\*) hat bekanntlich das Neumann'sche Gesetz durch folgenden Satz erweitert: »Die Molecularwärmen der festen Verbindungen sind gleich der Summe der Atomwärmen der in ihnen enthaltenen Elemente.« So genau wir also unterrichtet sind über die Molecularwärmen der festen Verbindungen, so lassen sich doch die Molecularwärmen der Lösungen nicht daraus ableiten.

Wir besitzen aber Untersuchungen von C. Marniac\*\*) und von J. Thomsen\*\*\*) über die specifischen Wärmen von Salzlösungen, welche ich hier benutzte. Die genannten Physiker geben die Anzahl der Molecüle Wasser an, welche mit 1 Molecül Salz in der Lösung vorhanden sind; um diese Angaben mit der seither von mir gebrauchten Betrachtungsweise in Einklang zu bringen, habe ich angegeben, wie viel Molecüle Salz in einer sich gleich bleibenden Wassermenge (hier 100 Molecüle Wasser) gelöst sind.

Die graphische Darstellung dieser Zahlenwerthe befindet sich auf Tafel V, Fig. 2.

\*) Liebig's Annalen (Supplementband III).

\*\*) Archiv. phys. nat. (2) 55, 113 bis 135; Annal. chim. phys. (5) 8, 410; Jahresbericht für Chemie 1876, 68.

\*\*\*) Poggendorff's Annalen 142, 337; Jahresber. f. Chemie 1870, p. 95.

Chemische Formel	Moleculargewicht	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 1/2 Molecül Salz	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 1 Molecül Salz	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 2 Molecüle Salz	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 4 Molecüle Salz	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 6 2/3 Molecüle Salz	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 10 Molecüle Salz
		Anzahl der Molecüle H <sub>2</sub> O, welche mit einem Molecül Salz in der Lösung verbunden sind					
		200	100	50	25	15	10
		Spec. Wärme der Lösungen. (C. Marnagac.)					
K <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	149,2	0,9483	0,9032	0,8312			
Na <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	117	0,9596	0,9280	0,8760			
(HH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	106,9	0,9670	0,9382	0,8850	0,8134		
CaCl <sub>2</sub>	110,9	0,9554	0,9154	0,8510	0,7538	0,6741	0,6176
SrCl <sub>2</sub>	158,4	0,9430	0,8942	0,8143			
BaCl <sub>2</sub>	208	0,9319	0,8751	0,7799			
MgCl <sub>2</sub>	95,4	0,9581	0,9245	0,8607	0,7716	0,6824	
(KNO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	202,4	0,9430	0,9005	0,8320			
(NaNO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	170,2	0,9545	0,9220	0,8692	0,7946	0,7299	
(NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	160	0,9610	0,9293	0,8797	0,8090	0,7437	0,6942
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	164	0,9511	0,9116	0,8471	0,7597	0,6856	0,6255
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	211,5	0,9400	0,8903				
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	261	0,9304					
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	331	0,9162	0,8510	0,7507			
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	174,2	0,9434	0,8965				
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	142	0,9576	0,9250	0,8753	0,8191		
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132	0,9633	0,9330	0,8789	0,8030	0,7385	
MgSO <sub>4</sub>	120,5	0,9547	0,9225	0,8654			
MnSO <sub>4</sub>	151	0,9529	0,9125	0,8440			
CuSO <sub>4</sub>	159,3	0,9503	0,9084	0,8411			
ZnSO <sub>4</sub>	161,4	0,9523	0,9106	0,8420			
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	138,3	0,9513	0,9104	0,8458	0,7596	0,6831	0,6248
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	106,1	0,9675	0,9409	0,9037	0,8649		
(KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	196,3	0,9550	0,9170	0,8572	0,7728		
(NaC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	164	0,9644	0,9414	0,9026			
Pb(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	325	0,9322	0,8797	0,7925	0,6824		



Chemische Formel	Moleculargewicht	Anzahl der Molecüle H <sub>2</sub> O, welche mit 2 Molecülen Salz in der Lösung verbunden sind					
		100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 1 Molecül Salz	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 2 Molecüle Salz	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 4 Molecüle Salz	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 8 Molecüle Salz	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 13 <sup>1</sup> / <sub>3</sub> Molecüle Salz	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 20 Molecüle Salz
		200	100	50	25	15	10
KCl	74,6	0,9483	0,9032	0,8312			
NaCl	58,5	0,9596	0,9280	0,8760			
(NH <sub>4</sub> )Cl	83,45	0,9670	0,9382	0,8850	0,8134		
KNO <sub>3</sub>	101,2	0,9430	0,9005	0,8320			
NaNO <sub>3</sub>	85,1	0,9545	0,9220	0,8692	0,7946	0,7299	
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	80	0,9610	0,9293	0,8797	0,8090	0,7437	0,6942
KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	98,15	0,9550	0,9170	0,8572	0,7728		0,6391
NaC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	82	0,9644	0,9414	0,9026			
$\frac{\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2}{2}$	162,5	0,9322	0,8797	0,7925	0,6824		

Chemische Formel	Moleculargewicht	Anzahl der Molecüle H <sub>2</sub> O, welche mit 1 Molecül der Verbindung in Lösung sind								
		100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 1/2 Molecül der Verbindung	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 1 Molecül der Verbindung	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 2 Molecüle der Verbindung	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Molecüle der Verbindung	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 5 Molecüle der Verbindung	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 6 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> Molecüle der Verbindung	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 10 Molecüle der Verbindung	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 13 <sup>1</sup> / <sub>3</sub> Molecüle der Verbindung	100 Molecüle H <sub>2</sub> O + 20 Molecüle der Verbindung
		200	100	50	30	20	15	10	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5
SO <sub>3</sub>	80	0,977	0,956	0,918		0,821		0,700		0,545
NO <sub>3</sub> H	63	0,982	0,963	0,930		0,849		0,768		
ClH	36,5	0,979	0,964	0,932		0,855		0,749		
Angaben von Thomsen.										
NaOH	40	0,983	0,968	0,942	0,919		0,878		0,847	
KOH	56	0,975	0,954	0,916	0,876					
NH <sub>4</sub> OH	35		0,999	0,999	0,997					

Wie man aus der graphischen Aufzeichnung (Taf. V, Fig. 2) sehr deutlich erkennt, nimmt die spezifische Wärme der Salzlösungen ab mit der wachsenden Concentration der Lösungen. Die Differenzen in dieser Abnahme nehmen also ebenfalls ab, wenn stetig zunehmende Mengen wasserfreies Salz in einer gleich bleibenden Wassermenge gelöst werden; gerade so wie wir dies bei den specifischen Gewichten der Lösungen fanden. In dieser Beziehung besteht also Einklang zwischen den Siedetemperaturen der Salzlösungen, ihren specifischen Gewichten und ihrer specifischen Wärme.

Was die Reihenfolge in der Uebereinanderlagerung der Curven anbelangt, so wissen wir, dass bei den specifischen Gewichten der Lösungen die Reihenfolge bei Gliedern ein und derselben Gruppe genau im Sinne der Moleculargewichte stattfindet; wenn auch nicht gerade im proportionalen Verhältniss der Grösse der Moleculargewichte.

Bei der Uebereinanderlagerung der Curven der specifischen Wärme der Lösungen muss nothwendiger Weise der umgekehrte Fall eintreten, denn da sich die specifische Wärme bei den Atomen gerade umgekehrt verhält wie das Atomgewicht, so gibt sich dieser Umstand auch bei den Moleculargewichten der Salzlösungen wieder kund.

Die Uebereinanderlagerung der Curven der specifischen Wärme von Salzlösungen sind also gewissermaassen Spiegelbilder von der Uebereinanderlagerung der Curven der specifischen Gewichte von Salzlösungen.

Der Satz, dass die Uebereinanderlagerung der specifischen Gewichtscurven genau im Sinne der Moleculargewichte stattfindet, erleidet eine Ausnahme, wenn wir die Ammoniaksalze mit den Alkalisalzen vergleichen.

Hier ist die Uebereinanderlagerung der Curven folgende, wobei die Lösungen des Salzes mit dem grössten specifischen Gewicht zuerst genannt sind.

	Moleculargewicht		Moleculargewicht		Moleculargewicht
K Cl	74,41	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	173,90	K NO <sub>3</sub>	100,93
Na Cl	58,36	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	141,80	Na NO <sub>3</sub>	84,88
Li Cl	42,37	—	—	—	—
NH <sub>4</sub> Cl	53,38	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	131,84	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	79,90

Genau dieselbe Uebereinanderlagerung finden wir in umgekehrter Reihenfolge wieder bei den Curven der specifischen Wärme der Lösungen.

Ich erlaube mir daran zu erinnern, dass die Ammoniaksalze auch bei ihrer Bildung sich abweichend von den Kali- und Natronsalzen erweisen.

Die bei der Neutralisation entstandene Lösung erfordert eine grössere Wärmemenge zu ihrer Erwärmung, als die vorher getrennten Lösungen sobald ein Natron- oder Kalisalz gebildet wurde, dagegen eine geringere Wärmemenge, wenn die Basis Ammoniumoxyd ist.

Bei der Neutralisation der Kali- und Natronlösung findet Volumenvermehrung statt, bei der Neutralisation von Ammoniak hingegen Volumenverminderung. Ich habe auf dieses verschiedene Verhalten schon im Jahre 1859 hingewiesen (Gerlach's Salzlösungen Seite 74).

Die Beziehung zwischen den specifischen Gewichten der Lösungen und ihrer specifischen Wärme ist unverkennbar.

Da die Uebereinanderlagerung der Curven bei den specifischen Gewichten und den specifischen Wärmen der Lösungen genau im Sinne der Moleculargewichte stattfindet, so können die specifischen Wärmen ebenfalls nicht die Uebereinanderlagerung der Siedecurven bestimmen, denn diese Uebereinanderlagerung findet nicht immer in der Reihenfolge der Moleculargewichte statt, wie schon oben (S. 489) nachgewiesen wurde.

Keineswegs soll hiermit ausgesprochen werden, dass die specifische Wärme der Lösungen ohne Einfluss sei auf die Siedetemperatur. Es ist lediglich die Thatsache constatirt, dass die Uebereinanderlagerung der Siedecurven nicht unmittelbar aus der Uebereinanderlagerung der Curven der specifischen Wärme, der specifischen Gewichte und aus der Höhe der Moleculargewichte abgeleitet werden kann.

## X. Vergleich der Erhöhung der Siedetemperaturen mit der Löslichkeit der Salze.

Die Verwandtschaft der Salze zum Wasser äussert sich in der grösseren oder geringeren Löslichkeit der Salze.

Dasjenige Salzmoecül, welches am leichtesten löslich ist, wird also auch voraussichtlich das Wasser bei der Temperaturerhöhung fester gebunden zurückhalten, als das schwerer lösliche Salz. In der That sehen wir bei Salzen einer zusammengehörenden Gruppe in den meisten Fällen bei gleicher molecularer Concentration diejenige Lösung am höchsten sieden, welche das leichtlöslichste Salz enthält.

So sieden die Lösungen von Chlornatrium höher, als die von Chlorlithium und Chlorkalium (Tafel IV);

es sieden die Lösungen von kohlen-saurem Kali höher, als die von kohlen-saurem Natron (Tafel IV);

die Lösungen des leichtlöslichen salpetersauren Natrons sieden höher, als die Lösungen von salpetersaurem Kali;

die Lösungen des leichter löslichen essigsaurigen Kalis sieden höher, als die Lösungen von essigsaurigem Natron;

die Lösungen des leichter löslichen Chlorcalciums sieden höher, als die Lösungen von Chlorstrontium oder Chlorbaryum.

Aber umgekehrt sieden die Lösungen

des schwer löslichen schwefelsauren Kalis höher, als die Lösungen des leicht löslichen schwefelsauren Ammons;

die Lösungen von Chlorkalium oder Chlornatrium sieden höher, als die Lösungen von Chlorammonium;

die Lösungen des salpetersauren Natrons sieden höher, als die Lösungen des unendlich löslichen salpetersauren Ammons.

Alle diese Siedecurven findet man auf Tafel IV graphisch dargestellt.

Auch hier sehen wir also, dass die Uebereinanderlagerung der Siedecurven nicht ausnahmslos und unmittelbar aus den Löslichkeitsverhältnissen abgeleitet werden kann. Die Löslichkeitsverhältnisse allein geben uns nicht genügenden Aufschluss über die Erhöhung der Siedetemperatur des Wassers durch Zusatz von Salz. Wiederum sind es jedoch hauptsächlich nur die Ammoniaksalze, welche sich der Regel nicht fügen.

Eine andere Form, in welcher sich die Verwandtschaft der Körper äussert, ist die Verdichtung, welche die Bestandtheile bei ihrer chemischen Vereinigung erleiden. In seiner Abhandlung: »Allgemeine Begründung der Volumentheorie, oder der Lehre von dem Aequivalentvolumen« hat H. Schröder\*) das Grundgesetz aufgestellt: »Das Aequivalentvolumen eines zusammengesetzten Körpers ist die Summe der Volume, welche seinen Bestandtheilen oder Elementen zukommt«; »jedes Element existirt jedoch in verschiedenen Verbindungen in solchen ungleichen (polymorphen) Zuständen, dass das Volumen seines Aequivalentes im Verhältniss der Zahlen 1:2:3:4:5:6 . . . . . veränderlich ist. Schröder kommt zu dem Schlusse:

»Je grösser die Condensation, desto dichter, schwerer schmelzbar, unauflöslicher wird der Körper und ist weniger geneigt chemische Verbindungen einzugehen. Er enthält auch weniger gebundene Wärme« (a. a. O. Seite 575).

»Je geringer die Condensation der Elemente, desto niedriger liegt

\*) Poggendorff's Annalen 50, 553 (1840).

unter übrigens vergleichbaren Umständen die Schmelzwärme und der Siedepunkt« (a. a. O. Seite 589).

Dieser von Schröder entwickelte Nachweis über die Beziehung der Condensation der Elemente in den Verbindungen zu der Flüchtigkeit der Substanz bezieht sich allerdings nur auf Körper, welche sich vollständig in Dampf verwandeln können. Beim Sieden von Salzlösungen entweicht nur Wasser und das nicht flüchtige Salz bleibt zurück. Auf Salzlösungen hat daher das von Schröder aufgestellte Princip keine Anwendung.

Wenn aber bei flüchtigen Körpern die vorher eingetretene Verdichtung der elementaren Bestandtheile ein Maassstab für die Flüchtigkeit ist, so wird man mir beistimmen müssen, dass die Veranlassung ziemlich nahe lag zu vermuthen, dass auch bei Salzlösungen diejenige Lösung den niedrigeren Siedepunkt haben müsse, welche ein Salz enthält, das beim Auflösen in Wasser nur eine geringe Verdichtung herbeiführt. Diese geringe Verdichtung, so vermuthete ich, werde sich leichter durch zugeführte Wärme wieder aufheben lassen und das Lösungswasser frei machen, als eine grosse Verdichtung.

Dieser Gedankengang war die Veranlassung zur Aufstellung folgender Tabelle, welche allerdings den Nachweis gebracht hat, dass gerade das Gegentheil dieser Vermuthung sich bewahrheitet.

#### XI. Vergleich der Erhöhung der Siedetemperaturen mit der Verdichtung, welche stattfindet beim Acte der Lösung der Salze im Wasser.

Die Verwandtschaft der Salze zum Wasser äussert sich ferner in der Volumenveränderung, welche eintritt, sobald ein Salz in Wasser gelöst wird.

Dasjenige Volumen, welches die Lösung haben würde, wenn keine Volumenveränderung beim Acte des Lösens vor sich ginge, will ich nach Kopp's Vorgang »das mittlere hypothetische Gesamtvolumen nennen«. Durch Vergleich dieses hypothetischen Gesamtvolumens mit dem wirklichen modificirten Volumen der Salzlösung findet man die eingetretene Verdichtung, also die Volumenverminderung, welche Salz und Wasser gemeinschaftlich beim Acte der Salzauflösung erlitten haben.

Um sowohl das wirkliche Volumen der untersuchten Salzlösungen zu finden, als auch das mittlere hypothetische Gesamtvolumen, habe ich nachstehende Tabelle entworfen.

Colonne A enthält die chemische Formel und das Moleculargewicht des Salzes oder der Verbindung.

Colonne B enthält die absoluten Gewichtsmengen Salz, welche in 100 Theilen der Lösung vorhanden sind.

Colonne C enthält die absoluten Gewichtsmengen Salz, welche in der Lösung mit 100 Theilen Wasser verbunden sind. Die Zahlen sind also gefunden nach der Formel  $\frac{B \times 100}{100 - B} = C$ .

Colonne D enthält die relative Anzahl der Moleculé Salz, welche mit 100 Theilen Wasser verbunden sind, also die absoluten Gewichtsmengen dividirt durch das Moleculargewicht oder  $\frac{C}{A}$ .

Um nicht zu kleine Zahlen zu erhalten, wurde das Moleculargewicht von  $H = \frac{1}{100}$  angenommen; also  $\frac{C \times 100}{A} = D$ .

Colonne E enthält das specifische Gewicht der Lösung.

Colonne F das relative Volumen der Lösung; 100 Gewichtstheile des Lösungswasser = 100 Volumen gesetzt;  $\frac{100 + C}{E} = F$ .

Colonne H enthält das specifische Gewicht desjenigen Salzes, welches in Colonne A bezeichnet wurde; ferner enthält Colonne H das Molecularvolumen des Salzes.  $\frac{\text{Moleculargewicht}}{\text{specifisches Gewicht}} = \text{Molecularvolumen}$ .

Die specifischen Gewichte der Salze sind da, wo ich solche nicht selbst bestimmt habe, aus den physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein (Berlin bei J. Springer 1883) entnommen.

Die Verdichtung, welche bei Krystallwasser enthaltenden Salzen eintritt, ist oft eine verschwindend kleine. Diese Untersuchungen sind also sehr diffciler Art; und da oft bei ein und demselben Salze abweichende Bestimmungen des specifischen Gewichtes von Seiten verschiedener Physiker vorlagen, so habe ich vorgezogen, die hier in Frage kommenden specifischen Gewichte krystallwasserhaltender Salze selbst mit thunlichster Genauigkeit festzustellen, und zwar wählte ich diejenige Temperatur, welche auch den specifischen Gewichten der betreffenden Salzlösungen zu Grunde lag.

Die Bestimmung der specifischen Gewichte\*) der festen Salze geschah durch Vergleich des Gewichtes der Salze in der Luft mit dem Gewichte eines gleich grossen Volumens von verdrängtem Petroleum. Das specifische Gewicht dieses angewendeten Petroleums war mir bei allen Temperaturen bekannt.

Ich möchte an dieser Stelle daran erinnern, dass das specifische Gewicht eines aus einer Lösung auskrystallisirenden Salzes sich ändert mit der Krystallisationstemperatur. Diese Beobachtung von P. Kremers ist von W. W. J. Nicol bestätigt worden.\*\*)

\*) Chemische Industrie 1886, No. 8.

\*\*) Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch. z. Berlin 1883, 16, S. 2160.

Name der Verbindung.	Chemische Formel	Spec. Gewicht		°C.
		Wasser von 40 C. = 1	Wasser von nebenstehender Temperatur = 1	
Geglühtes Chlorlithium . . . .	Li Cl	1,978	1,980	15
Krystallisirtes Chlormagnesium . .	Mg Cl <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O	1,572	1,574	15
„ Chlorcalcium . . . .	Ca Cl <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O	1,709	1,711	15
„ Chlorstrontium . . . .	Sr Cl <sub>2</sub> + 6 H <sub>2</sub> O	1,925	1,927	15
„ Bittersalz . . . .	Mg SO <sub>4</sub> + 7 H <sub>2</sub> O	1,662	1,664	15
Krystallisirter Zinkvitriol . . . .	Zn SO <sub>4</sub> + 7 H <sub>2</sub> O	1,942	1,946	15
„ Eisenvitriol . . . .	Fe SO <sub>4</sub> + 7 H <sub>2</sub> O	1,825	1,827	15
Krystallisirtes Glaubersalz . . . .	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 10 H <sub>2</sub> O	1,431	1,432	15
„ unterschwefligsaures Natron	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 5 H <sub>2</sub> O	1,717	1,720	19
Entwässertes	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,666	1,669	19
Krystallisirter Manganvitriol . .	Mn SO <sub>4</sub> + 4 H <sub>2</sub> O	2,160	2,162	15
„ Kalialaun . . . .	K Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> + 12 H <sub>2</sub> O	1,746	1,748	17,5
Krystallisirtes kohlenensaures Natron	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 10 H <sub>2</sub> O	1,429	1,431	15
„ „ Kali *)	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	2,043	2,045	15
„ „ *)	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 4 H <sub>2</sub> O	1,997	1,999	15
„ Aetznatron . . . .	(Na OH) <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O =	1,829	1,831	15
oder	2 Na <sub>2</sub> O + 3 H <sub>2</sub> O			
Krystallinisches Aetzkali . . . .	KOH + H <sub>2</sub> O =	1,987	1,989	15
oder	K <sub>2</sub> O + 3 H <sub>2</sub> O			
Krystallinischer salpeters. Kalk .	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	2,000	2,002	15
Krystallisirter Bleizucker . . . .	Pb(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> + 3 H <sub>2</sub> O	2,548	2,550	15
Krystallisirtes essigsaures Natron*)	Na C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> + 3 H <sub>2</sub> O	1,430	1,432	17,5
Geschmolzenes essigsaures Natron*)	Na C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	1,474	1,476	17,5
Krystallisirtes essigsaures Kali *)	KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	1,415	1,417	17,5
Geschmolzenes essigsaures Kali *)	K C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	1,470	1,472	17,5
Krystallisirtes weinsaures Kali .	K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> + 1/2 H <sub>2</sub> O	1,942	1,944	17,5
Entwässertes „ Kali . . . .	K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	1,979	1,981	17,5
Krystallisirtes „ Natron . . . .	Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> + 3 H <sub>2</sub> O	1,807	1,809	17,5
Entwässertes „ Natron . . . .	Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	1,829	1,831	17,5
Krystallisirter Tartarus natronatus	KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> + 4 H <sub>2</sub> O	1,755	1,757	17,5
Entwässertes „ „ . . . .	K Na C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	1,907	1,909	17,5
Krystallisirte Weinsäure . . . .	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	1,752	1,754	15
„ Citronensäure . . . .	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> + H <sub>2</sub> O	1,527	1,529	15
„ Kleesäure . . . .	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> + 2(H <sub>2</sub> O)	1,548	1,550	17,5

Während das weinsaure Kali bei längerem Einstellen in das Luftbad bei 155° C. wasserfrei erhalten werden kann, das weinsaure Natron sogar schon bei 150° C., verliert Tartarus natronatus die letzten Antheile seines Krystallwassers ungemein schwierig. Es lässt sich aber das specifische Gewicht des wasserfreien Tartarus natronatus leicht berechnen aus seiner Zusammensetzung.

$$\frac{225,72}{1,981} = 113,94 \text{ ist das Molecularvolumen von } K_2 C_4 H_4 O_6.$$

$$\frac{193,62}{1,831} = 105,74 \text{ ist das Molecularvolumen von } Na_2 C_4 H_4 O_6.$$

$$\frac{419,34}{219,68} = 1,909 \text{ ist also das specifische Gewicht von } KNaC_4 H_4 O_6.$$

\*) Ueber diese Salze vergleiche man chemische Industrie 1886, No. 8, S. 242.

## Wasserfreie Verbindungen.

Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen Wasser	Anzahl der Molecüle Salz + 100 Theile Wasser $H = \frac{1}{100}$	Specifics Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumen	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specifics Gewicht des wasserfreien Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
Li Cl 42,37	10 20 30 40	11,111 25,000 42,857 66,666	26,22 59,00 101,15 157,34	1,0580 1,1172 1,1819 1,2557	105,02 111,89 120,87 132,73	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 10.	1,980 $\frac{42,37}{1,980} = 21,40$	eigne Beob- achtung
Na Cl 58,36	5 10 15 20 25	5,263 11,111 17,647 25,000 33,333	9,02 19,04 30,24 42,84 57,05	1,03624 1,07335 1,11146 1,15107 1,19228	101,58 103,52 105,85 108,60 111,83	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 9.	2,150 $\frac{58,36}{2,150} = 27,14$	Clarke
K Cl 74,41	5 10 15 20	5,263 11,111 17,647 25,000	7,07 14,93 23,73 33,62	1,03250 1,06580 1,10035 1,13608	101,95 104,25 106,92 110,03	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 10.	1,977 $\frac{74,41}{1,977} = 37,64$	Clarke
NH <sub>4</sub> Cl 53,38	5 10 15 20 25	5,263 11,111 17,647 25,000 33,333	9,46 20,81 33,06 46,83 62,35	1,01580 1,03081 1,04524 1,05929 1,07304	103,62 107,79 112,56 118,00 124,26	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 11.	1,52 $\frac{53,38}{1,52} = 35,12$	Schröde
K J 166,57	18,073 31,586 43,528 52,855 58,996	22,06 46,17 77,08 112,11 143,88	13,29 27,81 46,44 67,54 86,68	1,1492 1,2913 1,4474 1,5953 1,7096	106,21 113,20 122,34 132,96 142,65	P. Kremers 19,5° C. Poggendorff's Annalen, Bd. 96, S. 62.	3,07 $\frac{166,57}{3,07} = 53,93$	Clarke
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 173,90	1 3 5 7 9	1,010 3,093 5,263 7,527 9,890	0,581 1,778 3,026 4,328 5,687	1,00820 1,02447 1,04091 1,05776 1,07499	100,18 100,63 101,13 101,66 102,23	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 21.	2,647 $\frac{173,90}{2,647} = 65,69$	Clarke



Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen Wasser	Anzahl der Molecüle Salz + 100 Theile Wasser $H = \frac{1}{100}$	Specificsches Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumen	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specificsches Gewicht des wasserfreien Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
$NH_4)_2SO_4$ 131,84	10	11,111	8,428	1,0575	105,07	H. Schiff 19° C. Annalen der Chemie u. Pharm. macie <b>110</b> , 74.	1,762 $\frac{131,84}{1,762} = 74,84$	Clarke
	20	25,000	19,000	1,1149	112,12			
	30	42,857	32,507	1,1724	121,85			
	40	66,666	50,566	1,2284	135,67			
	50	100,000	75,850	1,2890	155,16			
$MnSO_4$ 150,62	10,160	11,309	7,508	1,1001	101,18	eigene Beobachtung, diese Zeit- schrift <b>8</b> .	2,954 wasserfrei $\frac{150,62}{2,954} = 50,99$	Schröder
	20,319	24,920	16,545	1,2150	102,81			
	30,479	43,842	29,107	1,3495	106,59			
	37,253	59,371	39,418	1,4514	109,80			
$FeSO_4$ 151,72	5,468	5,784	3,812	1,0537	100,39	eigene Beobachtung, diese Zeit- schrift <b>8</b> .	2,99 $\frac{151,72}{2,99} = 50,74$	Clarke
	10,935	12,277	8,092	1,1124	100,94			
	16,403	19,622	12,933	1,1738	101,91			
	21,870	27,995	18,452	1,2391	103,29			
$Na_2S_2O_3$ 157,82	6,371	6,805	4,312	1,0529	101,45	H. Schiff 19° C. Annal. d. Chem. u. Pharm. <b>113</b> , 187.	2,261 $\frac{157,82}{2,261} = 69,80$	eigene Be- obachtung
	12,742	14,603	9,253	1,1087	103,36			
	19,113	23,629	14,972	1,1676	105,88			
	25,484	34,199	21,669	1,2297	109,13			
	31,855	46,746	29,620	1,2954	113,29			
$Na_2SO_4$ 141,80	2	2,041	1,439	1,01822	100,21	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen, S. 20.	2,655 wasserfrei $\frac{141,80}{2,655} = 53,41$	Clarke
	4	4,167	2,939	1,03650	100,50			
	6	6,383	4,501	1,05500	100,83			
	8	8,696	6,132	1,07375	101,23			
	10	11,111	7,836	1,09275	101,67			
	12	13,636	9,616	1,11217	102,17			
$MgSO_4$ 119,76	5	5,263	4,395	1,05154	100,10	eigene Beobachtung 15° C. Diese Zeitschr. <b>8</b> .	2,65 $\frac{119,76}{2,65} = 45,19$	Clarke
	10	11,111	9,279	1,10529	100,53			
	15	17,647	14,735	1,16222	101,23			
	20	25,000	20,875	1,22212	102,28			
	25	33,332	27,833	1,28478	103,77			

Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen Wasser	Anzahl der Molecüle Salz + 100 Theile Wasser $H = \frac{1}{100}$	Specificsches Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumen	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specificsches Gewicht des wasserfreien Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
ZnSO <sub>4</sub> 160,72	5,611 11,221 16,832 19,637 25,248 30,859	5,944 12,639 20,238 24,435 33,776 44,632	3,700 7,864 12,592 15,203 21,015 27,770	1,0593 1,1236 1,1933 1,2315 1,3100 1,3986	100,01 100,25 100,76 101,05 102,12 103,41	eigene Beobachtung 15° C. Diese Zeit- schrift 8.	3,49 $\frac{160,72}{3,49} = 46,05$	Clarke
AlK(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 2 128,99 257,98 2	1,0896 2,1792 3,688 4,3584 5,4480 6,5376	1,1016 2,228 3,379 4,557 5,762 6,995	0,854 1,727 2,619 3,532 4,467 5,422	1,0102 1,0205 1,0310 1,0415 1,0522 1,0635	100,08 100,17 100,27 100,39 100,51 100,61	eigene Beobachtung 17,5° C. Chem. Industrie, Augustheft 1886.	2,228 wasserfrei $\frac{128,99}{2,228} = 57,89$	Clarke
CaCl <sub>2</sub> 110,64	5 10 15 20 25 30 35 40	5,263 11,111 17,647 25,000 33,333 42,857 53,846 66,666	4,758 10,044 15,952 22,600 30,033 38,743 48,677 60,266	1,04259 1,08695 1,13360 1,18222 1,23365 1,28789 1,34430 1,40330	100,96 102,22 103,78 105,74 108,08 110,92 114,44 118,77	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen, S. 13.	2,216 $\frac{110,64}{2,216} = 49,93$	Schröder
SrCl <sub>2</sub> 157,94	5 10 15 20 25 30	5,263 11,111 17,647 25,000 33,333 42,857	3,332 7,033 11,171 15,825 21,099 27,129	1,04533 1,09287 1,14387 1,19890 1,25806 1,32199	100,70 101,67 102,85 104,26 105,98 108,06	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen, S. 15.	3,054 $\frac{157,94}{3,054} = 51,71$	Schröder
BaCl <sub>2</sub> 207,54	5 10 15 20 25	5,263 11,111 17,647 25,000 33,333	2,536 5,354 8,505 12,050 16,065	1,04584 1,09508 1,14846 1,20611 1,27017	100,65 101,46 102,44 103,64 105,31	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen, S. 14.	3,75 $\frac{207,54}{3,75} = 55,34$	Schröder

Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen Wasser	Anzahl der Molecüle Salz + 100 Theile Wasser $H = \frac{1}{100}$	Specificsches Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumen	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specificsches Gewicht des wasserfreien Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 163,68	7,785	8,442	5,158	1,059	102,40	eigene Beobachtung. Das Salz im Luftbad bei 200° C. voll- kommen ent- wässert.	2,36	Clarke
	15,570	18,441	11,266	1,124	105,38			
	23,355	30,471	18,616	1,195	109,18			
	31,140	45,222	27,628	1,272	114,17			
	38,925	63,733	38,937	1,355	120,83			
	46,710	87,652	53,551	1,445	129,86			
Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 210,98	10,873	12,20	5,78	1,0929	102,66	P. Kremers 19,5° C. Poggendorff's Annal. 96, 64.	2,93	Clarke
	22,003	28,21	13,37	1,2025	106,62			
	29,967	42,79	20,28	1,2924	110,48			
	38,830	63,48	30,09	1,4062	116,26			
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 260,58	1,768	1,80	0,691	1,0145	100,34	P. Kremers 19,5° C. Poggendorff's Annal. 96, 64.	3,23	Clarke
	5,186	5,47	2,099	1,0436	101,06			
	8,265	9,01	3,450	1,0707	101,81			
NaNO <sub>3</sub> 84,88	12,057	13,71	16,15	1,0843	104,86	P. Kremers 19,5° C. Poggendorff's Annal. 96, 63.	2,244	Clarke
	22,736	29,41	34,65	1,1665	110,94			
	31,987	47,03	55,41	1,2447	118,13			
	39,860	66,28	78,09	1,3172	126,23			
	46,251	86,05	101,38	1,3804	134,78			
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 79,90	10	11,111	13,91	1,0425	106,58	eigene Beobachtung 17,5° C. Chem. Industrie, Augustheit 1886.	1,74	Schröder
	20	25	31,29	1,0860	115,10			
	30	42,857	53,64	1,1310	126,31			
	40	66,666	83,44	1,1790	141,36			
	50	100	125,16	1,2300	162,60			
	60	150	187,73	1,2835	194,86			
KNO <sub>3</sub> 100,93	5	5,263	5,21	1,03207	101,99	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen, S. 23.	2,092	Clarke
	10	11,111	11,01	1,06524	104,31			
	15	17,647	17,48	1,09977	106,97			
	20	25,000	24,77	1,13599	110,04			

$$\frac{163,68}{2,36} = 69,356$$

$$\frac{210,98}{2,93} = 72,007$$

$$\frac{260,58}{3,23} = 80,675$$

$$\frac{84,88}{2,244} = 37,82$$

$$\frac{79,90}{1,74} = 45,92$$

$$\frac{100,93}{2,092} = 48,25$$

Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen Wasser	Anzahl der Molecüle Salz + 100 Theile Wasser H = 1/100	Specificches Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumen	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specificches Gewicht des wasserfreien Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	9,991	11,10	6,72	1,0933	101,62		4,41	Clarke
2	18,460	22,64	13,71	1,1854	103,45	P. Kremers 19,5° C.		
165,09	25,772	34,72	21,03	1,2772	105,47	Poggendorff's Annalen 96, 64.	165,99 4,41 = 37,43	
330,18	32,332	47,78	28,94	1,3712	107,77			
2	37,115	59,02	35,75	1,4490	109,74			
KClO <sub>3</sub>	4,871	5,12	4,18	1,0311	101,96	P. Kremers 19,5° C.	2,331	Clarke
122,29	5,882	6,25	5,10	1,0377	102,39	Poggendorff's Annalen 96, 63.	122,29 2,331 = 52,46	
Die Curven von salpetersaurem und chloresurem Kali befinden sich auf Tafel VI, und zwar ist die Anzahl der Molecüle bei diesen beiden Salzen in fünffacher Vergrößerung eingetragen.								
KOH	10	11,111	19,84	1,077	101,35		2,044	Filhol
56	20	25,000	44,64	1,175	102,28			
	30	42,857	76,53	1,288	103,78	H. Schiff 15° C.		
	40	66,666	119,05	1,411	106,71	Annalen der Chemie u. Pharmacie 107, 300.		
	50	100,000	178,57	1,539	112,00			
	60	150,000	267,86	1,667	120,89		56 2,044 = 27,40	
	70	233,333	416,66	1,790	135,51			
NaOH	10	11,111	27,79	1,115	97,220		2,130	Filhol
39,95	20	25,000	62,58	1,225	96,604			
	30	42,857	107,28	1,332	97,808	H. Schiff 15° C.		
	40	66,666	166,87	1,437	100,84	Annalen der Chemie u. Pharmacie 107, 301.		
	50	100,000	250,31	1,540	106,01			
	60	150,000	375,47	1,643	113,74		39,95 2,130 = 18,76	
	70	233,333	584,06	1,748	124,75			
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10	11,111	8,055	1,09278	101,68		2,29	Clarke Schröder
137,93	20	25,000	18,125	1,19286	104,79	eigene Beobachtung 15° C.	Mittelwerth	
	30	42,857	31,07	1,30105	109,80	Gerlach's Salzlösungen S. 19.		
	40	66,666	48,32	1,41870	117,48		137,93 2,29 = 60,23	
	50	100,000	72,50	1,54408	129,53			

A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen Wasser	Anzahl der Molecüle Salz + 100 Theile Wasser H = 1/100	Specifics Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumen	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specifics Gewicht des wasserfreien Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 105,83	2	2,041	1,929	1,02101	99,941	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 18.	2,476	{ Clarke Schröder
	4	4,167	3,937	1,04201	99,971		Mittelwerth	
	6	6,383	6,03	1,06309	100,06			
	8	8,695	8,22	1,08430	100,24			
	10	11,111	10,50	1,10571	100,49			
	12	13,636	12,88	1,12740	100,80			
	14	16,161	15,27	1,14950	101,05		$\frac{105,83}{2,476} = 42,74$	
K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> 225,72	17,376	21,03	9,290	1,1198	108,08	P. Kremers 19,5° C. Poggendorff's Annalen 98, 73.	1,981	eigene Beobachtung
	31,394	45,76	20,21	1,2299	118,51		17,5° C.	
	43,423	76,75	33,90	1,3355	132,35			
	52,071	108,64	47,985	1,4194	146,99			
	60,333	152,10	67,18	1,5051	167,50		$\frac{225,72}{1,981} = 113,94$	
Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> 193,62	4,217	4,403	2,274	1,0300	101,40	eigene Beobachtung 17,5° C.	1,831	eigene Beobachtung
	8,435	9,212	4,757	1,0610	102,93			
	12,652	14,485	7,480	1,0925	104,79			
	16,870	20,293	10,479	1,1245	106,97			
	21,087	26,722	13,799	1,1575	109,48			
	25,305	33,878	17,497	1,1920	112,31			
	29,522	41,888	21,631	1,2285	115,50		$\frac{193,62}{1,831} = 105,74$	
	Mutter- lauge			1,2320				
KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> 209,67	7,448	8,047	3,833	1,0510	102,80	eigene Beobachtung 17,5° C. Chemische In- dustrie, August- heft 1886.	1,909	berechnet.
	14,896	17,503	8,348	1,1050	106,33			
	22,344	28,773	13,723	1,1620	110,32			
	29,792	42,434	20,238	1,2230	116,46			
	37,240	59,337	28,300	1,2890	123,61		$\frac{209,67}{1,909} = 109,83$	

Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen Wasser	Anzahl der Molecüle Salz + 100 Theile Wasser $H = \frac{1}{100}$	Specificsches Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumina	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specificsches Gewicht des wasserfreien Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
A	B	C	D	E	F	G	H	J
$C_4H_6O_6$ 149,64	Säure	Säure	Säure			eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen, S. 42.	1,754 $\frac{149,64}{1,754} = 85,31$	eigene Beobachtung
	10	11,111	7,425	1,04692	104,74			
	20	25,000	16,707	1,09693	110,64			
	30	42,857	28,647	1,15047	118,10			
	40	66,666	44,551	1,20785	127,78			
50	100,000	66,828	1,26962	140,66				
$KC_2H_3O_2$ 97,90	Salz	Salz	Salz			eigene Beobachtung 17,5° C. Chem. Industrie, Augustheft 1886.	1,472 $\frac{97,90}{1,472} = 66,51$	eigene Beobachtung
	10	11,111	11,359	1,0490	105,92			
	20	25	25,536	1,1005	113,58			
	30	42,857	43,776	1,1545	123,74			
	40	66,666	68,096	1,2105	137,69			
50	100	102,14	1,2685	157,67				
60	150	153,11	1,3285	188,18				
$NaC_2H_3O_2$ 81,85	3,015	3,109	3,798	1,015	101,58	eigene Beobachtung 17,5° C. Chem. Industrie, Augustheft 1886.	1,476 $\frac{81,85}{1,476} = 55,45$	eigene Beobachtung
	6,030	6,417	7,840	1,031	103,21			
	9,045	9,944	12,149	1,047	105,01			
	12,060	13,714	16,755	1,063	107,00			
	15,075	17,751	21,687	1,0795	109,11			
$Pb(C_2H_3O_2)_2$ $\frac{2}{162,06}$ $\frac{330,18}{2}$	4,288	4,480	2,764	1,0319	101,25	eigene Beobachtung 15° C. Diese Zeitschr. 8.	3,251 $\frac{162,06}{3,251} = 49,82$	Schröder
	8,576	9,279	5,725	1,0654	102,57			
	17,151	20,704	12,775	1,1384	106,04			
	25,727	34,639	21,374	1,2211	110,26			
	34,303	52,214	32,219	1,3163	115,63			
	42,879	75,067	46,320	1,4271	122,68			

Krystallwasserhaltende Verbindungen.

A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile krystallisirtes Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile krystallisirtes Salz + 100 Theile Wasser	Anzahl der Molecüle krystallisirtes Salzes + 100 Theile Wasser	Specificches Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumina	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specificches Gewicht des krystallisirtes Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
MgCl <sub>2</sub> + 6H <sub>2</sub> O 202,44	10,606 21,213 31,819 42,426 53,032 63,639 74,259	11,868 26,924 46,668 73,673 112,91 174,19 288,41	5,862 13,299 23,052 36,392 55,775 86,045 142,46	1,04222 1,08592 1,13106 1,17800 1,22737 1,27937 1,33406	107,36 116,87 129,67 147,43 173,52 214,38 291,16	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 12.	1,574      $\frac{202,44}{1,574} = 128,62$	eigene Beobachtung
CaCl <sub>2</sub> + 6H <sub>2</sub> O 218,40	9,869 19,737 29,606 39,474 49,342 59,211 69,079 80,262	10,949 24,590 42,057 65,218 97,402 145,16 223,40 406,64	5,013 11,259 19,257 29,86 44,598 66,465 102,29 186,19	1,04259 1,08695 1,13360 1,18222 1,23365 1,28789 1,34430 1,41104	106,41 114,61 125,31 139,78 160,02 190,34 240,63 359,07	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 13.	1,711      $\frac{218,40}{1,711} = 127,64$	eigene Beobachtung
SrCl <sub>2</sub> + 6H <sub>2</sub> O 265,70	8,401 16,803 25,204 33,606 42,008 50,609 56,084	9,171 20,197 33,697 50,616 72,438 102,46 127,71	3,452 7,601 12,682 19,048 27,264 48,562 80,065	1,04533 1,09287 1,14387 1,19890 1,25806 1,32199 1,36847	104,47 109,97 116,86 125,62 137,06 153,15 166,39	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 15.	1,927      $\frac{265,70}{1,927} = 137,88$	eigene Beobachtung
MgSO <sub>4</sub> + 7H <sub>2</sub> O 245,48	10,244 20,487 30,731 40,975 51,218	11,413 25,765 44,365 69,419 104,994	4,650 10,499 18,073 28,279 42,771	1,05154 1,10529 1,16222 1,22212 1,28478	105,95 113,81 124,22 138,64 159,53	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 22.	1,664    $\frac{245,48}{1,664} = 147,52$	eigene Beobachtung

Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile krystallisirtes Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile krystallisirtes Salz + 100 Theile Wasser	Anzahl der Molecüle krystallisirtes Salzes + 100 Theile Wasser	Specificsches Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumina	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specificsches Gewicht des krystallisirtes Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
ZnSO <sub>4</sub> + 7H <sub>2</sub> O 286,44	10	11,111	3,879	1,0593	104,92	eigene Beobachtung 15° C. Diese Zeitschr. S. 286,44 1,946 = 147,19	1,946	eigene Beobachtung
	20	25	8,728	1,1236	111,21			
	30	42,857	14,962	1,1933	119,74			
	40	66,666	23,274	1,2709	131,13			
	50	100	34,946	1,3532	147,82			
	60	150	52,367	1,4451	173,01			
FeSO <sub>4</sub> + 7H <sub>2</sub> O 277,44	10	11,111	4,005	1,0537	105,45	eigene Beobachtung 15° C. Diese Zeitschr. S. 277,44 1,827 = 151,31	1,827	eigene Beobachtung
	20	25	9,011	1,1124	112,37			
	30	42,857	15,448	1,1738	121,70			
	40	66,666	23,670	1,2391	134,51			
MnSO <sub>4</sub> + 4H <sub>2</sub> O 222,46	10	11,111	4,994	1,0650	104,31	eigene Beobachtung 15° C. Diese Zeitschr. S. 222,46 2,162 = 102,89	2,162	eigene Beobachtung
	20	25	11,238	1,1363	110,01			
	30	42,857	19,265	1,2150	117,58			
	40	66,666	29,968	1,3038	127,83			
	50	100	44,952	1,3986	143,00			
KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> + 12H <sub>2</sub> O 2 473,5 2 236,75	2	2,041	0,862	1,0102	101,01	eigene Beobachtung 17,5° C. Chem. Industrie, Augustheft 1886. 236,75 1,748 = 135,44	1,748	eigene Beobachtung
	4	4,167	1,759	1,0205	102,07			
	6	6,383	2,700	1,0310	103,18			
	8	8,695	3,669	1,0415	104,36			
	10	11,111	4,688	1,0522	105,59			
	12	13,636	5,754	1,0630	106,9			
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 5H <sub>2</sub> O 247,62	10	11,111	4,487	1,0529	105,62	H. Schiff 19° C. Annal. der Chem. u. Pharmacie, 113, 187. 247,62 1,720 = 143,97	1,720	eigene Beobachtung
	20	25	10,098	1,1087	112,74			
	30	42,857	17,309	1,1676	122,35			
	40	66,666	27,000	1,2297	135,53			
	50	100	40,389	1,2954	154,39			
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 10H <sub>2</sub> O 285,43	5,398	5,706	2,002	1,02101	103,53	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 18. 285,43 1,481 = 199,46	1,431	eigene Beobachtung
	10,796	12,103	4,247	1,04201	107,58			
	13,496	15,601	5,474	1,05255	109,83			
	16,195	19,324	6,780	1,06309	112,25			
	21,593	27,540	9,663	1,08430	117,65			
	26,991	36,970	12,972	1,10571	123,87			
	32,389	47,905	16,807	1,12740	131,24			
	37,787	60,738	21,311	1,14950	139,83			



Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile krystallisirtes Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile krystallisirtes Salz + 100 Theile Wasser	Anzahl der Molecüle krystallisirtes Salzes + 100 Theile Wasser	Specificsches Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumina	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specificsches Gewicht des krystallisirtes Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
$\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$ 321,40	4,536	4,751	1,478	1,01822	102,88	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 20.	1,432	eigene Beobachtung
	9,072	9,977	3,104	1,03650	106,10			
	13,608	15,867	4,937	1,05500	109,82			
	18,144	22,166	6,897	1,07375	113,77			
	22,680	29,332	9,126	1,09275	118,35			
	27,216	37,393	11,634	1,11217	123,53			
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ 357,30	2	2,041	0,571	1,0083	101,20	H. Schiff 19° C. Annalen der Chem. u. Pharm. 110, 70.	1,511	eigene Beobachtung
	4	4,167	1,166	1,0166	102,46			
	6	6,383	1,786	1,0250	103,79			
	8	8,696	2,434	1,0332	105,20			
	10	11,111	3,109	1,0418	106,65			
	12	13,636	3,816	1,0503	108,19			
$\text{Na}_2\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ 135,73	5	5,263	3,877	1,015	103,71	eigene Beobachtung 17,5° C. Chem. Industrie, Augustheft 1886.	1,432	eigene Beobachtung
	10	11,111	8,185	1,031	107,77			
	15	17,647	13,000	1,047	112,36			
	20	25	18,419	1,063	117,59			
	25	33,333	24,558	1,0795	123,51			
$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\frac{378,00}{2} = 18,90$	10	11,111	5,878	1,0654	104,29	eigene Beobachtung 15° C. Diese Zeitschr. S.	2,550	eigene Beobachtung
	20	25	13,227	1,1384	109,83			
	30	42,857	22,672	1,2211	117,00			
	40	66,666	35,270	2,3163	126,62			
	50	100	52,911	1,4271	140,14			
$\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 234,70	10	11,111	4,734	1,0650	104,33	eigene Beobachtung 17,5° C. Chem. Industrie No. 8, 1886.	1,944	eigene Beobachtung
	20	25	10,651	1,1350	110,13			
	30	42,857	18,260	1,2110	117,98			
	40	66,666	23,405	1,2930	128,89			
	50	100	42,607	1,3815	144,77			
$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 + 4\text{H}_2\text{O}$ 281,51	10	11,111	3,948	1,0510	105,71	eigene Beobachtung 17,5° C. Chem. Industrie No. 8, 1886.	1,757	eigene Beobachtung
	20	25	8,881	1,1050	113,12			
	30	42,857	15,223	1,1620	122,94			
	40	66,666	23,678	1,2230	136,27			
	50	100	35,523	1,2890	155,16			

Chemische Formel und Moleculargewicht	Gewichtstheile krystallisirtes Salz in 100 Theilen der Lösung	Gewichtstheile krystallisirtes Salz + 100 Theile Wasser	Anzahl der Molecüle krystallisirtes Salzes + 100 Theile Wasser	Specificsches Gewicht der Lösung	Relatives Volumen der Lösung 100 Gewichtstheile Wasser = 100 Volumina	Name des Beobachters Temperatur der Lösung Angabe der Quelle	Specificsches Gewicht des krystallisirtes Salzes und Molecularvolumen	Name des Beobachters
A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	J.
$\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$ 229,54	5	5,263	2,293	1,0300	102,19	eigene Beobachtung 17,5° C.	1,809	eigene Beobachtung
	10	11,111	4,794	1,0610	104,72			
	15	17,647	7,689	1,0925	107,69			
	20	25	10,891	1,1245	111,16			
	25	33,333	14,521	1,1575	115,19			
	30	42,857	18,671	1,1920	119,84			
	35	53,846	23,458	1,2285	125,23			
						$\frac{229,54}{1,809} = 126,88$		
$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ Weinsäure 149,64	Wie oben Säure	Wie oben Säure	Wie oben Säure			eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 42.	Wie oben Säure 1,754	eigene Beobachtung
	10	11,111	7,407	1,04692	106,12			
	20	25	16,666	1,09693	113,95			
	30	42,857	28,566	1,15047	124,22			
	40	66,666	44,444	1,20785	137,97			
$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ Citronensäure 209,50	100	66,827	1,26962	157,64			$\frac{149,64}{1,754} = 85,31$	
	10	11,111	5,303	1,03916	106,94	eigene Beobachtung 15° C. Gerlach's Salzlösungen S. 43.	1,529	eigene Beobachtung
	20	25	11,933	1,08052	115,69			
	30	42,857	20,457	1,12439	127,09			
	40	66,666	31,819	1,17093	142,33			
50	100	47,727	1,22041	163,88				
$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ Kleesäure 125,70	60	150	71,600	1,27382	196,23		$\frac{209,50}{1,529} = 137,01$	
	2	2,041	1,624	1,007	101,33	eigene Beobachtung 17,5° C. Chem. Industrie, Augustheft 1886.	1,550	eigene Beobachtung
	4	4,167	3,315	1,014	102,72			
	6	6,383	5,078	1,021	104,19			
	8	8,696	6,917	1,028	105,73			
	10	11,111	8,839	1,035	107,35			
	12	13,636	10,848	1,042	109,05			
13	14,942	11,887	1,045	110,00				
						$\frac{125,70}{1,550} = 81,09$		

Die graphische Darstellung der numerischen Werthe aus vorstehender Tabelle finden wir auf Tafel VI und Tafel VII.

Wie der Leser beobachten wird, sind die Curven des modificirten Gesamtvolumens der Lösungen in den Lithographien kräftig ausgezogen und auch die chemischen Formeln sind in kräftiger Schrift ausgeführt.

Die geraden Linien des hypothetischen Gesamtvolumens sind nur in zarten Linien eingezeichnet und auch die chemischen Formeln sind zur Unterscheidung nur in zarter Schrift eingetragen.

Die Zusammengehörigkeit beider Volumina ist bei jedem Salze durch punktirte Linien angedeutet.

Da wir nicht die relativen Volumina der Salzlösungen vergleichen wollen in Bezug auf die gelösten absoluten Gewichtstheile Salz (Colonne C), sondern vielmehr die relativen Volumina der Salzlösungen in Bezug auf die gelösten molecularen Gewichtstheile Salz, so haben wir die Zahlenwerthe der Colonne D mit den Zahlenwerthen der Colonne F zu combiniren. Dies ist auch in der graphischen Darstellung Tafel VI und VII geschehen. Die Abscissen entsprechen also dem relativen Volumen der Salzlösungen (100 Wasser = 100 Volumen) und die Ordinaten geben die Anzahl der Molecüle Salz an  $\left(H = \frac{1}{100}\right)$ , welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind.

Das hypothetische Gesamtvolumen, also dasjenige Volumen, welches die Salzlösungen haben würden, wenn keine Volumenveränderung beim Acte des Lösens eingetreten wäre, erhält man nach der Formel  $\frac{C}{H} + 100$ .

Das hypothetische Gesamtvolumen, welches sich nicht auf die gelösten absoluten Gewichtsmengen, sondern auf die gelösten molecularen Gewichtsmengen Salz bezieht, finden wir, wenn wir zu 100 Wasser das Molecularvolumen des gelösten Salzes addiren; es ist also  $\frac{D}{H} + 100$ .

Ein Beispiel möge dies noch erläutern:

100 Molecüle  $\left(\frac{H}{100}\right)$  Li Cl nehmen den Raum ein  $\frac{42,37}{1,98} = 21,40$  Vol.  
 In 100 Volumen Wasser gelöste 100 Molecüle Li Cl =  $(0,214 \times 100) = 21,40 + 100 = 121,4$  Volumina,  
 in 100 Volumen Wasser gelöste 50 Molecüle Li Cl =  $(0,214 \times 50) = 10,70 + 100 = 110,7$  Volumina,  
 in 100 Volumen Wasser gelöste 30 Molecüle Li Cl =  $(0,214 \times 30) = 6,42 + 100 = 106,42$  Volumina,  
 in 100 Volumen Wasser gelöste 20 Molecüle Li Cl =  $(0,214 \times 20) = 4,28 + 100 = 104,28$  Volumina,  
 in 100 Volumen Wasser gelöste 10 Molecüle Li Cl =  $(0,214 \times 10) = 2,14 + 100 = 102,14$  Volumina.

Dà bei dem hypothetischen Gesamtvolumen einer gleichmässig wachsenden Menge Salz auch eine gleichmässig wachsende Volumenzunahme des gelösten Salzes entspricht, so bilden diese hypothetischen Gesamtvolumina bei ihrer graphischen Darstellung allemal gerade Linien, während die wirklichen (modificirten) Volumina Curven bilden.

Vergleichen wir beide Volumina (das modificirte wirkliche Volumen und das hypothetische Gesamtvolumen) bei den Lösungen ein und desselben Salzes, so sehen wir bei den wasserfreien Salzen (Tafel VI) mit wachsender Concentration der Lösung auch die eingetretene Verdichtung wachsen. Ausnahmen hiervon finden statt bei Chlorammonium und salpetersaurem Ammon (beim Salmiak war dieses Verhalten schon bekannt). Beide Salze verringern ihr Volumen beim Acte des Lösens und mit wachsender Concentration der Lösung wächst auch die Volumenverminderung.

Vergleichen wir aber die eingetretene Verdichtung bei gleicher molecularer Concentration verschiedener Salzlösungen, welche zu einer Gruppe gehören, so finden wir folgende Reihenfolge in der Grösse der eingetretenen Verdichtung, wobei die kleinste Verdichtung zuerst, die grösste Verdichtung zuletzt genannt ist.

Die Reihenfolge in der Verdichtung bei wasserfreien Salzen beim Acte der Auflösung in Wasser. (Hierzu Taf. VI.)

KJ	LiCl	NaNO <sub>3</sub>	KClO <sub>3</sub>	KOH	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
KCl	NaCl	KNO <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>	NaOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	FeSO <sub>4</sub>
	KCl	<u>Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></u>				
		2				
<u>Pb(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub></u>		C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
2		K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	SrCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
K <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>		KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>		BaCl <sub>2</sub>		
NaC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>		Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>				<u>KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></u>
						2
						MgSO <sub>4</sub>
						ZnSO <sub>4</sub>

Sehr bemerkenswerth erscheint es mir, dass die relativen Volumina der gelösten Salzmolectüle zuweilen eine weit grössere Uebereinstimmung in dem Verlauf ihrer Curven zeigen, als die Curven der Siedepunkte.

Wir sahen zum Beispiel, dass die Siedecurve des schwefelsauren Natrons keinen symmetrischen Verlauf hatte mit der Siedecurve von schwefelsaurem Kali und Ammon, sondern sich der Magnesiagruppe anreihete.

Beim Vergleich der relativen Volumina aber finden wir die grösste Uebereinstimmung in dem Verlauf der Curven bei allen schwefelsauren Salzen. Wir haben uns aber zu erinnern, dass diese relativen Volumina sich mit den Temperaturen ändern; voraussichtlich aber bleibt das Verhältniss der einzelnen Salzlösungen zu einander auch bei den Siedetemperaturen annähernd dasselbe wie bei den mittleren Temperaturen (15<sup>o</sup> bis 19<sup>o</sup> C.), welch' letztere Temperaturen unseren Berechnungen zu Grunde lagen.

P. Kremer's hat in seiner Abhandlung »über die Aenderungen des Volumens, welche die Lösung wasserfreier Salze in Wasser und die Verdünnung wässriger Salzlösungen begleiten«\*) bei einer grossen Anzahl von Kali- und Natronsalzen das hypothetische Gesamtvolumen der Lösungen mit dem wirklichen modificirten Gesamtvolumen verglichen und kommt zu dem Schlusse\*\*), dass bei den einzelnen Gliedern ein und derselben Salzgruppe die Grösse der Contraction für ein und dieselbe Menge gelöster Salzmoecüle zunimmt mit deren wachsendem Gewichte.

Wir sehen allerdings in den meisten Fällen eine grössere Contraction eintreten bei den Kalisalzen, als bei den Natronsalzen; aber bei schwefelsaurem Kali und Natron, ferner bei kohlensaurem Kali und Natron, auch bei Aetzkali und Aetznatron, bei weinsaurem Kali und Natron und bei essigsurem Kali und Natron tritt der umgekehrte Fall ein, hier sehen wir bei den einzelnen Gliedern ein und derselben Salzgruppe die Grösse der Contraction für ein und dieselbe Menge gelöster Molecüle abnehmen mit deren wachsendem Gewichte; auch bei Jodkalium und Chlorkalium und bei chlorsaurem und salpetersaurem Kali ist dies der Fall. (Vergleiche Reihenfolge Seite 512.)

Es ist allerdings auffallend, dass bei allen hier genannten Salzen die Natronverbindungen mit mehr Wasser krystallisiren, als die Kaliverbindungen. Man könnte daher vermuthen, dass der von Kremers aufgestellte Satz seine allgemeine Gültigkeit behalten würde, wenn man die krystallwasserhaltenden Salze beim Vergleiche einsetzte, aber ich habe schon weiter oben darauf hingewiesen, dass beim Acte der Lösung krystallwasserhaltender Salze die Volumen-Vermindernng oft eine verschwindend kleine ist.

Vergleichen wir die beiden Volumina (das modificirte wirkliche Gesamtvolumen und das hypothetische Gesamtvolumen) bei den Lö-

\*) Poggendorff's Annalen 95. 110 und 96, 39.

\*\*) A. a. O 96, 45.

sungen der krystallwasserhaltenden Salze (Tafel VII) so finden wir, dass bei den Lösungen ein und desselben Salzes die Volumenveränderung keineswegs immer mit der wachsenden Concentration der Lösung in Einklang steht. Bei verdünnten Lösungen sehen wir Contraction eintreten, aber bei concentrirten Lösungen oft Ausdehnung beim Acte des Lösens.

Die Volumenverminderung beim Acte des Lösens ist selbstverständlich genau eben so gross, als die Volumenvermehrung beim Auskrystallisiren der krystallwasserhaltenden Salze. Es treten aber Fälle ein, wo beim Auskrystallisiren Volumenverminderung eintritt. Ja es scheint sogar, dass bei den leicht löslichen Salzen allgemeine Regel ist, dass die concentrirte, übersättigte und vollkommen erkaltete Lösung beim Acte des Auskrystallisirens eine Volumenverminderung erleidet, denn die Mutterlauge bedeckt in den meisten Fällen bei leicht löslichen Salzen nicht mehr den Krystallkuchen. Beim Auflösen der Krystalle tritt in diesen Fällen also Volumenvermehrung (Ausdehnung) ein.

Tafel VII gibt ein sehr anschauliches Bild davon, ob das Volumen des krystallwasserhaltenden Salzes ein grösseres ist vor dem Lösen oder nach dem Lösen des Salzes, also auch nach dem Auskrystallisiren oder vor dem Auskrystallisiren.

Das modificirte Volumen stellt das Salz in 100 Theilen Wasser aufgelöst dar; das hypothetische Gesamtvolumen stellt das Salz in unauflöstem (auskrystallisirtem) Zustande dar bei Gegenwart von 100 Theilen Wasser.

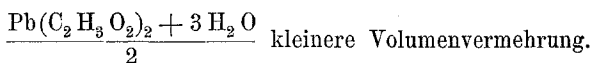
Die Curven des modificirten Gesamtvolumens sind in den Zeichnungen Tafel VII mit kräftigen Linien wiedergegeben; die geraden Linien des hypothetischen Gesamtvolumens hingegen in schwachen Linien.

Die Reihenfolge in der Volumenveränderung bei krystallwasserhaltenden Salzen beim Acte der Auflösung im Wasser. (Hierzu Tafel VII.)

$\text{Ca Cl}_2 + 6 \text{H}_2 \text{O}$  grössere Volumenvermehrung,  
 $\text{Mg Cl}_2 + 6 \text{H}_2 \text{O}$  geringere Volumenvermehrung,  
 $\text{Sr Cl}_2 + 6 \text{H}_2 \text{O}$  in verdünnten Lösungen Volumenverminderung,  
 in concentrirten Lösungen Volumenvermehrung.

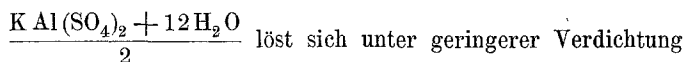
$\text{Fe SO}_4 + 7 \text{H}_2 \text{O}$  kleinere Verdichtung,  
 $\text{Mg SO}_4 + 7 \text{H}_2 \text{O}$  grössere Verdichtung,  
 $\text{Zn SO}_4 + 7 \text{H}_2 \text{O}$  grösste Verdichtung.

$\text{Na C}_2 \text{H}_3 \text{O}_2 + 3 \text{H}_2 \text{O}$  grössere Volumenvermehrung,



Krystallisirte Kleesäure löst sich unter Volumenvermehrung,  
krystallisirte Weinsäure löst sich in verdünnten Lösungen unter  
Volumenverminderung, aber in concentrirten Lösungen unter  
Volumenvermehrung,

krystallisirte Citronensäure löst sich unter Verdichtung.



als  $\text{MnSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ , welches Salz grössere Verdichtung beim Acte  
der Lösung zeigt.

$\text{Na}_3\text{HPO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$  löst sich unter geringerer Verdichtung

als  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$

oder  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$

und  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$ , welches unter diesen 4 Salzen die grösste Ver-  
dichtung beim Lösen zeigt.

Bei diesem Mangel an Uebereinstimmung in der Volumenveränderung krystallwasserhaltender Salze, die ja oft auch recht verschiedene Mengen Krystallwasser enthalten, habe ich von einer weiteren Betrachtung bezüglich krystallwasserhaltender Salze abgesehen.

Um aber einen übersichtlichen Vergleich vornehmen zu können zwischen den Siedetemperaturen der Salzlösungen einerseits und andererseits mit den Moleculargewichten, den Löslichkeitsverhältnissen bei den Siedetemperaturen und der Contraction beim Acte des Lösens der Salzmolecüle habe ich eine Zusammenstellung dieser Verhältnisse beigefügt. (Seite 516.)

Ueberblicken wir diese Verhältnisse, so müssen wir bekennen, dass sich eine ganz überraschende und unverkennbare Uebereinstimmung herausgestellt hat, einerseits zwischen der Uebereinanderlagerung der Siedepunktscurven, andererseits zwischen den molecularen Löslichkeitsverhältnissen der Salze bei diesen Siedetemperaturen und zwischen der Verdichtung, welche die Salze beim Acte der Lösung herbeiführen.

Fast überall sehen wir beim Vergleich analog zusammengesetzter Salze, dass diejenigen Salzmolecüle, welche die geringste Verdichtung beim Acte der Lösung veranlassen, bei gleicher molecularer Concentration der Lösungen den Siedepunkt am meisten erhöhen; — wir sehen aber auch, dass dieselben Salzmolecüle bei der Siedetemperatur am leichtesten löslich sind.

Chemische Formel	Reihenfolge in den Moleculargewichten bei den einzelnen Gruppen	Absolute Gewichtstheile, welche bei der Siedetemperatur der gesättigten Lösung in 100 Theilen Wasser enthalten sind	Anzahl der Moleculle Salz $\left(\frac{H}{100}\right)$ , welche bei der Siedetemperatur der gesättigten Lösung in 100 Theil. Wasser enthalten sind	Reihenfolge in den molecularen Löslichkeitsverhältnissen der Salze in gleicher Wassermenge. (Das löslichste Salz ist zuerst genannt)	Reihenfolge in der Verdichtung beim Lösen der Salze in gleicher Wassermenge. (Die kleinste Verdichtung ist zuerst genannt)	Reihenfolge in der Ueber-einanderlagerung d. Siedetemperaturen bei gleicher Anzahl geloster Salzmoleculle (die höchststehende Flüssigkeit ist zuerst genannt)
Li Cl	42,37	151	356,4	Li Cl	NH <sub>4</sub> Cl (Ausdehnung)	Li Cl
NH <sub>4</sub> Cl	53,38	87,1	163,1	NH <sub>4</sub> Cl	Li Cl	Na Cl
Na Cl	58,36	40,7	69,7	K Cl	Na Cl	K Cl
K Cl	74,41	57,4	78,5	Na Cl	K Cl	NH <sub>4</sub> Cl
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	79,90	∞	∞	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (Ausdehnung)	Na NO <sub>3</sub>
Na NO <sub>3</sub>	84,88	194	228	Na NO <sub>3</sub>	Na NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
K NO <sub>3</sub>	100,93	215	213	K NO <sub>3</sub>	K NO <sub>3</sub>	K NO <sub>3</sub>
$\frac{Pb(NO_3)_2}{2}$	165,09	137	83	$\frac{Pb(NO_3)_2}{2}$	$\frac{Pb(NO_3)_2}{2}$	$\frac{Pb(NO_3)_2}{2}$
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	131,84	115,3	87,4	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	173,90	31,6	18,2	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	141,80	52,5	37	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	157,82	311	200	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Mg SO <sub>4</sub>	119,76	50,4	42	Mg SO <sub>4</sub>	Mg SO <sub>4</sub>	Mg SO <sub>4</sub>
Zn SO <sub>4</sub>	160,72	67	41	Zn SO <sub>4</sub>	Zn SO <sub>4</sub>	Zn SO <sub>4</sub>
Na OH	39,95	∞	∞	Na OH	K OH	K OH
K OH	56	623,6	1113,6	K OH	Na OH	Na OH
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	105,83	51,2	48,4	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	137,93	202,5	146,8	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Na C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	81,85	207	252,9	K C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	K C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	K C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>
K C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	97,90	626	639,5	Na C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	Na C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	Na C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	193,62	146	75,4	K Na C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>
K Na C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	209,67	600 ?	300	K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	K Na C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	K Na C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>
K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	225,72	246,3	109,1	Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	163,68	455,7	278,4	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Sr (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	210,98	116,5	55,2	Sr (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sr (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sr (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Ba (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	260,58	27,5	10,5	Ba (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ba (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ba (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Ca Cl <sub>2</sub>	110,64	305	275,7	Ca Cl <sub>2</sub>	Ca Cl <sub>2</sub>	Ca Cl <sub>2</sub>
Sr Cl <sub>2</sub>	157,94	112,3	71,1	Sr Cl <sub>2</sub>	Sr Cl <sub>2</sub>	Sr Cl <sub>2</sub>
Ba Cl <sub>2</sub>	207,54	55,2	26,6	Ba Cl <sub>2</sub>	Ba Cl <sub>2</sub>	Ba Cl <sub>2</sub>
K Cl	74,41	57,4	78,5	K J	K J	K J
K J	165,57	230	138,9	K Cl	K Cl	K Cl
K NO <sub>3</sub>	100,93	215	213	K NO <sub>3</sub>	K Cl O <sub>3</sub>	K Cl O <sub>3</sub>
K Cl O <sub>3</sub>	122,29	69,2	56,6	K Cl O <sub>3</sub>	K NO <sub>3</sub>	K NO <sub>3</sub>



Wissen wir also, dass ein inniger Zusammenhang besteht zwischen Moleculargewicht, specifischem Gewicht und specifischer Wärme, so haben wir jetzt weiter die innige Beziehung erkannt, welche zwischen der Volumenverminderung beim Acte des Lösens der Salze, zwischen der Siedetemperatur und der Löslichkeit der Salze bei dieser Siedetemperatur besteht.

Ich möchte an dieser Stelle noch darauf aufmerksam machen, dass nach den Versuchen von W. A. Tilden und W. A. Shenstone\*) die Löslichkeit der Salze in directer Beziehung zu der Schmelzbarkeit der wasserhaltigen Salze steht. Es eröffnet sich uns also hier ein Blick in die gegenseitige Abhängigkeit sehr verschiedener Eigenschaften der Salze.

Es sind fast nur die Ammoniaksalze, welche sich der aufgefundenen Gesetzmässigkeit nicht fügen. Das zusammengesetzte Radical  $\text{NH}_4$  fügt sich nicht der Gesetzmässigkeit, welche wir bei den Verbindungen der Elemente Li Na K wahrnehmen.

Ich erinnere daran, dass die Ammoniakverbindungen auch eine Ausnahmestellung einnehmen bei dem Vergleiche der specifischen Gewichte, der specifischen Wärme und der Moleculargewichte.

Gerade die Ammoniakverbindungen werden es deshalb voraussichtlich sein, welche bei fortgesetzten Studien über die Eigenschaften der Salze auch Licht verbreiten werden über den Zusammenhang zwischen der specifischen Wärme der Lösungen und der Contraction, welche die Salze beim Acte der Lösung herbeiführen.

Der Nachweis dieses Zusammenhanges wird dann auch Aufschluss geben über den allgemeinen Zusammenhang der Moleculargewichte mit allen übrigen Eigenschaften der Salzlösungen, namentlich auch über die Beziehungen, welche bestehen zwischen den Moleculargewichten und der Spannkraft der Dämpfe aus Salzlösungen oder den Siedepunkten der Salzlösungen; denn wir müssen annehmen, dass die Moleculargewichte oder die Molecularvolumina im Wesentlichen den Ausgangspunkt für alle Eigenschaften der Salze bilden.

## XII. Ueber den gesetzmässigen Zusammenhang der Siedetemperaturen von Salzlösungen mit der Spannkraft der Dämpfe dieser Lösungen bei anderen Temperaturen und anderen Druckverhältnissen.

Wir wissen, dass Salzlösungen einen höheren Siedepunkt haben, als reines Wasser. Gleichen Druck überwinden also die Dämpfe aus Salz-

\*) Vergleiche Beiblätter zu Wiedemann's Annalen 1883, 7, 881 u. 1885, 9, 83.

lösungen erst bei höherer Temperatur, als die Dämpfe aus reinem Wasser; bei gleicher Temperatur überwinden die Dämpfe aus Salzlösungen mithin nur einen geringeren Druck und haben also eine verminderte Spannkraft.

Nach den Versuchen und Angaben von v. Babo\*) erhält man für alle Temperaturen constante Zahlen, wenn man mit der Grösse der Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser ( $T$ ) in die Grösse der Spannkraft des Dampfes einer Salzlösung ( $T'$ ) dividirt. Die Grösse dieses constanten Factors variirt nach der Grösse der Concentration der Salzlösung und nach der Natur des gelösten Salzes.

Unter der Voraussetzung also, dass diese Spannkraftsverminderung der Dämpfe aus einer Salzlösung bei allen Temperaturen proportional bleibe der Spannkraft des gesättigten Dampfes aus reinem Wasser, gelangen wir bei der Betrachtung über den Zusammenhang der Siedetemperaturen der Salzlösungen mit der Spannkraft der Dämpfe bei jedem beliebigen anderen Drucke, oder jeder beliebigen anderen Temperatur zu den denkbar einfachsten Abhängigkeitsverhältnissen. Eine schematische graphische Darstellung, Figur 2, Tafel VIII, wird diesen Zusammenhang bei gleichmässiger Zunahme der Spannkraft des Wasserdampfes (nicht bei gleichmässiger Zunahme der Temperatur) übersichtlich erläutern.

Tragen wir die bei einer Salzlösung beobachtete Dampfspannungserniedrigung, von der Ordinatenachse ausgehend, mit dem Zirkel auf die Abscissen über und verbinden wir die beiden Punkte auf der Ordinate und der Abscisse durch eine gerade Linie, so muss diese Diagonale selbstredend einen Winkel von  $45^\circ$  bilden. Beträgt die Spannkraft des Dampfes aus der Salzlösung  $760\text{ mm}$ , so finden wir auf der Diagonale, welche von  $760\text{ mm}$  ausgeht, sämtliche Spannkraftsvermindernngen für alle Concentrationsgrade, mithin auch sämtliche Siedepunkte der Lösungen bei  $760\text{ mm}$  Druck. Wir können direct die Siedetemperatur dieser Lösungen ablesen, wenn wir von der Diagonale ausgehend in der Richtung der horizontalen Linien den verzeichneten Temperaturgrad aufsuchen.

Denken wir uns irgend eine Salzlösung zeige bei einer Temperatur von  $100^\circ\text{ C.}$ , wo Dampf aus reinem Wasser einer Quecksilbersäule von  $760\text{ mm}$  das Gleichgewicht hält, eine Spannkraftsverminderung des Dampfes von  $200\text{ mm}$ , der Dampf habe also bei  $100^\circ\text{ C.}$  nur eine Spannung von  $560\text{ mm}$ , so muss unter obiger Voraussetzung die Spannkraftsverminde-

\*) Lehrbuch der Physik und Meteorologie von Müller (Pfaundler), 8. Aufl., Band 2b, S. 215.

rung 271,4 mm betragen, wenn der Dampf der Salzlösung 760 mm Druck überwindet; denn  $560 : 200 \text{ mm} = 760 : 271,4 \text{ mm}$ .

Die Dampfspannung aus reinem Wasser ist also dann  $(760 + 271,4)$  1031,4 mm.

Wasserdampf von 1031,4 mm Spannung aus reinem Wasser und Wasserdampf von 760 mm Spannung aus der Salzlösung haben also dieselbe Temperatur. Die Salzlösung wird also bei 760 mm Druck bei derselben Temperatur sieden, bei welcher Wasserdampf aus reinem Wasser den Druck von 1031,4 mm überwindet, das ist bei  $108,75^{\circ} \text{C}$ .; (vergleiche hierüber Figur 2, Tafel VIII).

Wir sind also in der Lage, wenn wir die Spannkraftsverminderung des Dampfes einer Salzlösung gegen die Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser bei irgend einer Temperatur kennen, die Spannkraft des Dampfes oder den Siedepunkt der Salzlösung bei jedem beliebigen Druck zu berechnen, wie beifolgende kleine Tabelle als Beispiel zeigt, bei welcher wir die soeben angenommenen Verhältnisse beibehalten.

Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser in mm	Verminderung der Spannkraft des Dampfes aus der Salzlösung	Druckhöhe in mm Quecksilber- säule, welche der Dampf aus der Salzlösung über- windet	Temperatur, welche das Wasser bei der Spannung T besitzt; mithin auch Temperatur, bei welcher der Dampf aus der Salzlösung den Druck T' über- windet
T	T - T'	T'	
2 Atm. 1520	$\frac{1520 \times 200}{760} = 400 \text{ mm}$	1120	120,6° C.
1031,4	$\frac{1031,4 \times 200}{760} = 271,4 \text{ „}$	760	108,75° C.
760	$\frac{760 \times 200}{760} = 200 \text{ „}$	560	100° C.
700	$\frac{700 \times 200}{760} = 184,2 \text{ „}$	515,8	97,7° C.
500	$\frac{500 \times 200}{760} = 131,6 \text{ „}$	368,4	88,7° C.
100	$\frac{100 \times 200}{760} = 26,3 \text{ „}$	73,7	45,6° C.

Umgekehrt sind wir in der Lage aus den Beobachtungen der Dampfspannungserniedrigung bei irgend einem Druck oder irgend einer Temperatur den Druck des Dampfes aus einer Salzlösung für jede beliebige Temperatur festzustellen.

Bei der oben erwähnten Salzlösung würden es folgende Spannungen sein :

Temperatur ° C.	Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser bei dieser Temperatur <i>mm</i>	Verminderung der Spannkraft des Dampfes aus der Salzlösung in <i>mm</i>	Spannkraft des Dampfes aus der Salzlösung bei dieser Temperatur <i>mm</i>
200	11689	$\frac{11689 \times 200}{760} = 3076$	8613
150	3581,2	$\frac{3581,2 \times 200}{760} = 942,4$	2638,8
100	760	$\frac{760 \times 200}{760} = 200$	560
90	525,5	$\frac{525,5 \times 200}{760} = 138,3$	387,2
80	354,9	$\frac{354,9 \times 200}{760} = 93,4$	261,5
50	92	$\frac{92 \times 200}{760} = 24,2$	67,8
10	9,1	$\frac{9,1 \times 200}{760} = 2,4$	6,7

Kennen wir den Siedepunkt irgend einer Salzlösung bei 760 *mm* Barometerstand, so kennen wir auch die Dampfspannungserniedrigung bei allen anderen Temperaturen und allen anderen Druckverhältnissen, denn die Dampf-Spannungs-Erniedrigung ist bei der Siedetemperatur  $T - 760$  *mm*. (Tabelle Seite 524 u. 525).

Wir haben bis jetzt die Spannkraftsverminderungen des Dampfes von ein und derselben Salzlösung bei verschiedenen Temperaturen und Druckverhältnissen in's Auge gefasst; es erübrigt uns noch das Verhältniss der Spannkraftserniedrigung der Lösungen ein und desselben Salzes bei gleichen Temperaturen, aber bei verschiedenen Concentrationsgraden dieser Lösungen zu betrachten.

A. Wüllner\*), welcher eingehende Versuche über die Spannkraft des Dampfes aus Salzlösungen vornahm, sagt: »Die Verminderungen der

\*) Poggendorff's Annalen **103**, 529 (1858); und **110**, 564 (1860).

Spannkraften des Wasserdampfes durch gelöstes Salz sind bei derselben Temperatur direct proportional den Mengen des gelösten Salzes.«

In diesem Sinne sind in der schematischen graphischen Darstellung, Figur 2, Tafel VIII, die Spannkraftsverminderungen eingetragen und zwar in folgender Weise:

Gewichtstheile Salz, welche in 100 Theilen Wasser ge- löst sind	Spannkrafts- verminderung bei 100° C. <i>mm</i>
n Theile	100
2n „	200
3n „	300
4n „	400
5n „	500
6n „	600

Diese schematische graphische Darstellung, Figur 2, Tafel VIII, scheint mir sehr geeignet, um den Zusammenhang der Siedetemperaturen mit der Spannkraftsverminderung der Dämpfe aus Salzlösungen bei allen Concentrationsgraden und allen Temperaturgraden nachzuweisen, oder um die Beziehungen der Spannkraft der Dämpfe aus Salzlösungen zu der Spannkraft der Dämpfe aus reinem Wasser zu überschauen.

Bei dieser schematischen graphischen Darstellung war ich von zwei Voraussetzungen ausgegangen:

- 1) dass die beobachtete Spannkraftsverminderung aus einer Salzlösung beim Wechsel der Temperaturen proportional bleibe dem Sinken oder Wachsen der Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser. (Gesetz von v. Babo.)
- 2) dass die Spannkraftsverminderung bei gleichen Temperaturen direct proportional sei den Mengen des gelösten Salzes. (Gesetz von A. Wüllner.)

Beide Voraussetzungen entsprechen allerdings »sehr nahezu« der Wirklichkeit, erleiden indess doch Modificationen.

Die Zahlenangaben Wüllner's sowohl, als namentlich auch die ausserordentlich zahlreichen Versuche von G. Tammann\*) über die Dampftensionen von Salzlösungen liefern den Nachweis, dass die Spannkraftsverminderungen bei einer Salzlösung nicht ganz genau proportional bleiben dem Sinken oder Steigen der Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser beim Wechsel der Temperaturen.

\*) Annalen der Physik und Chemie; neue Folge 24 (1885), Seite 523.

Ich habe es mir nicht versagen wollen, einige Angaben von G. Tamann in graphischer Darstellung wieder zu geben. Es ist dies geschehen in Figur 1 auf Tafel VIII. Bezüglich der numerischen Werthe verweise ich auf die Abhandlung selbst. Um das Bild nicht zu sehr zu verwirren, habe ich nur die concentrirtesten der untersuchten Lösungen bei jedem Salze zur Wiedergabe benutzt. Um die geringen Abweichungen dieser Verminderung der Spannkraft des Dampfes aus Salzlösungen bei den verschiedenen Temperaturen von einer geraden Linie deutlicher hervor zu heben und dem Auge bemerkbar zu machen, habe ich diese Verminderung der Dampfspannung auf den Abscissen in 5 facher Vergrößerung eingetragen gegenüber der Spannung des Wasserdampfes aus reinem Wasser auf der Ordinatenachse.

Durch Verlängerung der Curven, welche dort Figur 1 die beobachteten Spannkraftsverminderungen der Dämpfe aus Salzlösungen angeben, bis zur Diagonale, welche von 760 mm ausgeht, können wir auch in Figur 1 direct auf constructivem Wege die Siedetemperatur für jede der eingezeichneten Salzlösungen finden.

Die Spannkraftsverminderungen folgender Salzlösungen wurden in das Curvennetz eingetragen:

Formel des gelösten Salzes	Gewichtstheile Salz in 100 Theilen Wasser  m	Molecular- gewicht  M	Anzahl der Molecüle des gelösten Salzes $H = \frac{1}{100}$ $m \times 100$ M
$NH_4Cl$	28,52	53,38	53,43
$NaCl$	35,66	58,36	61,10
$KCl$	27,34	74,41	23,20
$KJ$	96,34	165,57	58,19
$NaNO_3$	91,11	84,88	107,34
$KNO_3$	115,64	100,93	114,56
$KClO_3$	16,58	122,29	13,56
$(NH_4)_2SO_4$	40,91	131,84	31,03
$Na_2SO_4$	48,84	141,80	34,44
$K_2SO_4$	14,68	173,90	8,44
$Na_2CO_3$	34,76	105,83	32,84
$Na_2S_2O_3$	76,71	157,82	42,27
$MgCl_2 + 6H_2O$	130,84	202,44	64,63
$CaCl_2 + 6H_2O$	84,51	218,40	38,65
$SrCl_2 + 6H_2O$	44,72	265,70	16,83
$MgSO_4 + 6H_2O$ nicht + $7H_2O$	60,10	101,80	59,03

Wie man erkennt stehen die Concentrationsgrade der Lösungen unter einander in keinerlei Beziehung. Es lag vielmehr nur in meiner Absicht ein anschauliches Bild von der Krümmung dieser Curven zu geben. — Da der Lithograph bei Tafel VIII das Curvennetz genau nach dem Millimetermaass eingezeichnet hat, so entsprechen die eingezeichneten Dampfspannungsverminderungen auch genau in Millimetern den directen Beobachtungen von G. Tammann.

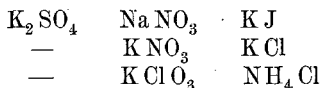
Nennen wir mit Tammann die Tension des Dampfes aus reinem Wasser  $T$ , die Spannkraft des Dampfes aus der Salzlösung  $T'$ , so ist  $T - T'$  die Spannkraftsverminderung.

Nennen wir die Gewichtsmengen Salz, die in 100 Theilen Wasser gelöst sind  $m$ , so gibt uns  $\frac{T - T'}{T \times m}$  die Grösse der Spannkraftsverminderung bei 1 *mm* Spannung des Dampfes aus reinem Wasser und für 1 Theil Salz an, also die relative Spannkraftsverminderung.

Einige Curven, Figur 1, Tafel VIII, krümmen sich gegen die Abscissenachse, sie wenden also der Abscissenachse ihre concave Seite zu; mit steigender Temperatur nimmt also die relative Spannkraftsverminderung zu.

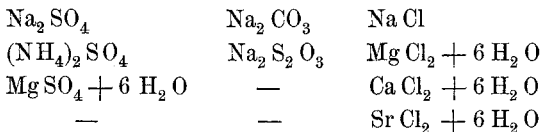
Andere Curven krümmen sich gegen die Ordinatenachse, sie wenden also der Abscissenachse ihre convexe Seite zu; mit steigender Temperatur nimmt also die relative Spannkraftsverminderung ab.

Eine Zunahme der relativen Spannkraftsverminderung bei steigender Temperatur finden wir bei den Lösungen der Salze



also bei den wasserfrei krystallisirenden Salzen.

Eine Abnahme der relativen Spannkraftsverminderung bei steigender Temperatur finden wir bei den Lösungen der Salze



also bei denjenigen Salzen, welche mit Krystallwasser krystallisiren oder dies wenigstens bei niedriger Temperatur thun. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Original-Abhandlung, wo eine weit grössere Anzahl von Salzen in Betracht gezogen ist.





Anzahl der Moleculé Salz ( $H = \frac{1}{100}$ ), welche in 100 Theilen Wasser gelöst sind

Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	FeSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	$\frac{AlK(SO_4)_2}{2}$	KOH	NaOH	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	Na C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub>
10,98	260,58	173,90	131,84	151,72	157,82	141,80	119,76	160,72	128,99	56	39,95	137,93	105,83	97,90	81,85	225,72	193,62
72,01	80,67	65,69	74,84	50,74	69,80	53,41	45,19	46,05	57,89	27,40	18,76	60,23	42,74	66,51	55,45	113,94	105,74
)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2	1,7	0,85	1,16	2,35	0,85	1,25	1,4	1,55	2,34			0,85	1				
2,15		1,75	2,28		1,7	2,25	2,45	2,8	4			1,6	2			1,6	1,8
3			3,35		2,4	3,15	3,3	3,75	5,32			2,25	2,95			2,3	2,65
3,6			4,4		3,1		4	4,7	6,5			2,85	3,85			3,05	3,55
4,6			5,4		3,75				7,6	3,66	4,25	3,4	4,75	3,16	4,45	3,75	4,5
3,8			6,5		4,3				8,6			5,7				4,4	5,35
			7,5		4,9							7,5				5,1	6,25
			8,5		5,45							9,24				5,8	7,2
					6							11,06				6,55	
					6,6					6,16	7,5	13,16		6,5	8,05	7,26	
					9,6					8,26	10,25			10	12,2	10,94	
					13,6					10,27	12,65			13,7	17,9		
					19,7					12,05	15			17,5			
										13,70	17,55			21,7			
										15,18	20,25			26,2			
										16,5	23,5			31,6			
										19	30,2			45,4			
										21,7	37,8			62,2			
										24,5	46,9						
										27,25	57,6						
										30	70,6						
										33	86,4						
										79,4	1617,0						

Die zweite Voraussetzung bei der schematischen graphischen Darstellung war die, dass die Spannkraftserniedrigung bei gleicher Temperatur direct proportional sei der Menge des gelösten Salzes.

Auch diese Ansicht ist durch die Arbeiten von G. Tammann als nicht streng zutreffend erwiesen worden. Würde dieses Gesetz in aller Strenge gelten, so müssten die relativen Spannkraftserniedrigungen für Lösungen eines Salzes bei wachsender Concentration bei derselben Temperatur dieselben sein. Dass dies nicht der Fall ist, geht aus den Beobachtungen und Berechnungen von Tammann hervor.

Es müssten aber auch bei gleichmässig wachsender Concentration die Siedepunkte der Lösungen aller Salze in Curven derselben Art verlaufen, deren Gleichungen sich nur in den Constanten unterscheiden; mit anderen Worten alle Siedecurven der Salzlösungen müssten symmetrisch über einander gelagert sein, ähnlich wie die Curven der specifischen Gewichte der Salzlösungen, was der Erfahrung widerspricht.

Um die Beziehungen zu ermitteln, welche zwischen der Dampfspannungserniedrigung und den Moleculargewichten der gelösten Salze bestehen, hat Tammann nicht die relativen Gewichtsmengen der gelösten Salze mit einander verglichen, sondern die molecularen Gewichtsmengen.

Für die relativen Spannkraftsverminderungen stellt er die Formel auf:

$$\frac{T - T'}{T \times m}$$

Für die relativen molecularen Spannkraftserniedrigungen also die Formel

$$\frac{T - T'}{T \times m} \times M.$$

Nach Tammann darf man das Gesetz aufstellen: »Die Spannkraftserniedrigungen, welche Salze, indem sie sich in Wasser lösen, auf die Spannkraft seines Dampfes ausüben, sind bei derselben Temperatur umgekehrt proportional den Moleculargewichten bei Salzen, die eine ähnliche Zusammensetzung haben.« »Bezeichnet man die Spannkraftserniedrigung, welche ein Molekül Salz in 100 Theilen Wasser gelöst ausübt, mit »molecularer Spannkraftserniedrigung«, so sind die molecularen Spannkraftserniedrigungen ähnlich zusammengesetzter Salze bei derselben Temperatur einander gleich.«

Zu einem ähnlichen Schlusse war von Babo\*) gekommen, welcher angibt, dass die Differenzen zwischen der Spannkraft einer Salzlösung

---

\*) Ueber die Spannkraft des Wasserdampfes in Salzlösungen. Ein Beitrag zur Statik der Atome. Freiburg, 1847.

und der des reinen Wassers bei den Siedepunkten der ersteren sich umgekehrt verhalten wie die Atomvolumina der Lösungen.

Zur Prüfung dieser Ansichten gibt uns Tafel IV die geeignetste Gelegenheit. In horizontaler Richtung von der Siedetemperatur finden wir bei jeder Curve im Schneidepunkt die Menge der gelösten Salz-moleculé. Ich will bemerken, dass die Originalzeichnungen einen fünfmal grösseren Maassstab hatten, als die vorliegenden Lithographieen. Die Zahlen der vorstehenden Tabelle, Seite 524 u. Seite 525, sind der Tafel IV entnommen; ich fügte bei der chemischen Formel des gelösten Salzes das Moleculargewicht MG und das Molecularvolumen MV bei. Wir ersehen aus dieser Zusammenstellung die molecularen Mengen Salz, welche nöthig sind, um bei gleicher Temperatur (Siedetemperatur) die gleiche Spannkraftserniedrigung hervor zu bringen.

Wir ersehen ferner aus dieser Zusammenstellung, dass die Spannkraftsverminderungen bei derselben Temperatur keineswegs umgekehrt proportional den Moleculargewichten sind bei Salzen die eine ähnliche Zusammensetzung haben, es müssten sonst bei gleicher Spannungserniedrigung die Mengen der gelösten Salze direct proportional sein den Moleculargewichten, oder eine gleiche Spannungserniedrigung müsste durch eine gleiche Anzahl gelöster Salz-moleculé hervorgebracht werden.

Ebensowenig trifft die von von Babo aufgestellte Ansicht zu, sonst müssten bei gleichen Differenzen zwischen der Spannkraft der Salzlösungen und des reinen Wassers, also bei gleichen Siedetemperaturen, die Mengen der gelösten Salze sich direct verhalten wie die Molecularvolumina.

Wir sehen im Gegentheil auch hier bei den Lösungen von Aetzkali und Aetznatron, kohlen-saurem Kali und kohlen-saurem Natron und bei den Alkalisalzen mit organischen Säuren, dass die gleichen Spannkraftserniedrigungen des Dampfes durch grössere moleculare Mengen der Natronverbindungen und durch kleinere Mengen der Kaliverbindungen verursacht werden, während bei den Sulfaten, den Nitraten und den Haloidsalzen der entgegengesetzte Fall beobachtet wird.

Es kann dies ja auch gar nicht anders sein, da wir dieselbe Beobachtung schon bei den Siedepunkten (Spannung bei gleichem Druck) gemacht haben.

Die Verdichtungen, welche die Salze beim Lösen in Wasser hervor-rufen, werden sich zurückführen lassen auf dieselben Ursachen, welche die Löslichkeitsverhältnisse der Salze bedingen und welche auch der

Dampfspannungserniedrigung bei gleicher Temperatur und der Erhöhung der Siedetemperatur bei gleichem Druck zu Grunde liegen.

G. Tammann macht darauf aufmerksam, dass G. Kirchhoff\*) eine Relation hergeleitet hat zwischen der Spannung des Dampfes einer wässrigen Salzlösung und der Wärmemenge, die bei der Bildung der Lösung frei wird oder verschwindet.

Wenn also durch Kirchhoff nachgewiesen ist, dass ein Zusammenhang besteht zwischen der Spannung des Dampfes aus einer Salzlösung und der Wärmemenge, welche beim Lösen des Salzes oder bei Verdünnung einer Salzlösung mit Wasser frei oder gebunden wird, und wenn es mir gelungen ist, den Nachweis zu liefern, dass die Höhe der Siedetemperatur einer Salzlösung im Zusammenhang steht mit der Verdichtung, welche das betreffende Salz beim Lösen in Wasser erleidet, so ist hier ein Anknüpfungspunkt gegeben, um den Zusammenhang zwischen der Lösungswärme, vielleicht auch der specifischen Wärme der Salzlösungen und der eingetretenen Verdichtung zu behaupten. Der Nachweis über die Art und Weise dieses Zusammenhanges wird hoffentlich nicht mehr lange auf sich warten lassen.

### XIII. Rückblick.

Zum Schlusse dieser Abhandlung sei es gestattet nochmals kurz einen Rückblick auf die wichtigsten der gewonnenen Resultate zu werfen.

Die Siedepunkte von Flüssigkeiten sind ausser von dem Drucke, der auf der Flüssigkeit lastet, in hohem Grade abhängig von der Wahl der Kochgefässe. Rauhe Metall- oder raue Porzellangefässe erleichtern das Sieden am meisten.

Wenn sich aus hochconcentrirten Salzlösungen bei der Siedetemperatur wasserfreie oder wasserarme Salze ausscheiden, so sinkt die Siedetemperatur. Da dies fast ausschliesslich bei Lösungen beobachtet wurde, welche krystallwasserhaltende Salze enthalten, so scheint dieses Sinken der Siedetemperatur mit der Abgabe des letzten Antheils Krystallwasser in Zusammenhang zu stehen.

Wird das ausgeschiedene Salz ausgeschöpft, so steigt wieder die Siedetemperatur, wird das ausgeschöpfte Salz der kochenden Lösung wieder zugefügt, so sinkt die Siedetemperatur wieder. Die Gegenwart des ausgeschiedenen Salzes verursacht also ein Sinken der Siedetemperatur.

\*) Poggendorff's Annalen **103**, 202 und **104**, 612.

Dieses Sinken der Siedetemperatur einer Salzlösung bei Anwesenheit von ausgeschiedenem Salz wurde beim Glaubersalz in einem besonderen Falle bis  $30^{\circ}$  C. unter der Siedetemperatur des kochenden Wassers beobachtet. — Es gibt also Salzlösungen, deren Siedepunkt bei normalem Barometerstand weit unter  $100^{\circ}$  C. liegen kann.

Sehen wir also auf der einen Seite, dass concentrirte Salzlösungen, deren Siedepunkt weit über  $100^{\circ}$  C. liegt, dennoch Wasserdämpfe von  $100^{\circ}$  C. (bei 760 *mm* Druck) aussenden, so sehen wir hier auf der anderen Seite, dass concentrirte Salzlösungen, deren Siedepunkt weit unter  $100^{\circ}$  C. liegt, ebenfalls Wasserdämpfe von  $100^{\circ}$  C. aussenden.

Wenn in einer gleich bleibenden Menge Wasser nach und nach gleich grosse Mengen eines krystallwasserhaltenden Salzes gelöst werden, oder eines Salzes, das wasserfrei krystallisirt, so nehmen die Differenzen in den Siedetemperaturen der Lösungen beständig ab. Die Curven der Siedepunkte haben also keinen Beugungspunkt.

Zieht man aber bei Salzen, welche mit Krystallwasser krystallisiren, die Salzmoecüle in ihrem wasserfreien Zustande in Betracht, die in einer gleich bleibenden Wassermenge nach und nach in gleich grossen Mengen gelöst werden, so wachsen anfangs die Differenzen der Siedetemperaturen, nehmen aber bei Lösungen grösserer Mengen dieser wasserfreien Salze ebenfalls ab. Die Curven der so beobachteten Siedepunkte haben einen Beugungspunkt.

Aus diesem Verhalten ist man berechtigt den Schluss zu ziehen, dass die krystallwasserhaltenden Salze beim Kochen ihrer Lösungen Krystallwasser fest gebunden zurückhalten.

Werden bei den einzelnen Gliedern ein und derselben Gruppe die Contractionen verglichen, welche die Auflösung gleich grosser molecularer Mengen wasserfreier Salze begleiten, so nehmen bei den Chlor-, Brom- und Jod-Verbindungen, bei den Nitraten und Sulfaten die Contractionen zu mit der Grösse des Moleculargewichtes; aber bei den Aetzlaugen, bei den kohlen-sauren Salzen und wahrscheinlich bei allen Salzen mit organischen Säuren sind die Auflösungen der Natronverbindungen von einer grösseren Contraction begleitet, als die Auflösungen der Kaliverbindungen.

Vergleichen wir aber die Salze in ihren Lösungen bei gleicher molecularer Concentration nach ihren elektronegativen Bestandtheilen, so zeigen die chloresauren Salze kleinere Contraction als die salpeter-

sauern Salze, die Lösungen haben daher auch höhere Siedetemperaturen; die Jodverbindungen zeigen eine kleinere Contraction, als die Chlorverbindungen, sieden daher ebenfalls höher.

Hier nimmt also die Contraction ab mit der Grösse der Moleculargewichte.

Ebenso wie ein inniger Zusammenhang besteht zwischen den Moleculargewichten der Salzlösungen, ihrer specifischen Wärme und ihren specifischen Gewichten, — ebenso besteht ein inniger Zusammenhang zwischen der Contraction der Lösungen, welche ein Salz beim Lösen in Wasser herbeiführt, zwischen den Siedepunkten dieser Lösungen und den Löslichkeitsverhältnissen der Salze bei diesen Siedetemperaturen.

Wir dürfen behaupten, dass eine gegenseitige Abhängigkeit besteht zwischen

der Schmelzbarkeit der Salze,

der Löslichkeit der Salze,

der Contraction beim Lösen fester Salze in Wasser,

der Lösungswärme,

der Spannkraftsverminderung der Dämpfe aus Salzlösungen,

mithin auch

der Siedetemperaturen dieser Lösungen,

und wir ahnen einen weiteren Zusammenhang dieser Eigenschaften mit allen übrigen Eigenschaften der Salze.\*)

---

## Ueber die Bestimmung von metallischem Eisen in Schlacken.

Von

**G. Neumann.**

(Aus dem anorganischen Laboratorium der Kgl. technischen Hochschule zu Aachen.)

Zur Bestimmung von metallischem Eisen neben Eisenverbindungen gibt es meines Wissens zwei Methoden, welche, wie ich sogleich des Näheren zeigen werde, verschiedene Mängel aufweisen.

I. Die Pharmacopoea Germanica\*\*) empfiehlt zur Analyse von Ferrum

---

\*) Gerlach's Abhandlung über die Siedetemperaturen der Salzlösungen mit 7 lithographirten Tafeln ist auch als Sonderabdruck von C. W. Kreidel's Verlag in Wiesbaden durch jede Buchhandlung zu beziehen. Preis 5 Mark. D. Red.

\*\*) Pharmacopoea Germanica, editio altera, pag. 105.