1. Versuche über die Spannkraft des Wasserdampfes aus wässerigen Salzlösungen; von A. Wüllner.

(Auszüglich mitgetheilt der K. Akad. d. Wiss. zu Berlin am 25. Febr. 1858)

1. **D**urch die classischen Untersuchungen der HH. Magnus und Regnault ist die Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser zwischen weiten Temperaturgränzen festgesetzt worden. Ein gleiches läßt sich nicht aussagen von den Aenderungen, welche dieselbe erleidet, wenn das Wasser fremde Substanzen gelöst enthält. Besitzen diese Substanzen eine eigene Spannkraft, so sollten sich nach dem Dalton'schen Gesetze die einzelnen Spannkräfte summiren. Dafs das jedoch nicht allgemein wahr sey, zeigte Hr. Magnus ¹⁾, indem er nachwies, dafs das nur der Fall sey für Dämpfe nicht mischbarer Flüssigkeiten, während die Dampfspannung mischbarer Flüssigkeiten zwischen der den einzelnen Flüssigkeiten zukommenden Spannkraft liege. Das gleiche Resultat erhielt Hr. Regnault ²⁾. Wenn den gelösten Substanzen keine eigene Spannung zukommt, so wird die Spannkraft des Wasserdampfes im allgemeinen vermindert, und nach Dalton mufsten in gleichen Abständen von ihren Siedepunkten die Dampfspannungen der Lösungen und des reinen Wassers dieselben seyn. Da jedoch spätere Untersuchungen nachgewiesen haben, dafs für einfache Flüssigkeiten das Dalton'sche Gesetz nicht gültig ist, so läßt sich schon von vornherein annehmen, dafs es auch bei Salzlösungen nicht angenommen werden darf. Versuche über das Verhalten des Wasserdampfes aus solchen Lösungen habe ich nur

1) Pogg. Ann. Bd. 38 und 93.

2) *Compt. rend. T. XXXIX, p. 397 — 406.*

Poggendorff's Annal. Bd. CIII.

sehr wenige vorgefunden. Nach einer Notiz in der 5. Auflage von Baumgartner's Lehrbuch der Physik sind einige Versuche von Gay-Lussac bekannt, nach denen eine Kochsalzlösung von 1,096 Dichtigkeit eine Spannkraft von 0,9 derjenigen des reinen Wassers besitzt, und von Prinsep nach denen dieses Verhältniß in allen Temperaturen dasselbe bleibt. In späterer Zeit hat sich Hr. v. Babo mit diesem Gegenstande beschäftigt. Zunächst theilt derselbe in einer Abhandlung¹⁾ Versuche mit über die Spannkraft des Wasserdampfes aus Lösungen von Chlorcalcium, salpetersaurem Kalk und Schwefelsäure. Für das erstere Salz scheint ihm dasselbe zu gelten, was nach Prinsep für Kochsalz gilt, daß eine Lösung von Chlorcalcium stets eine der des Wasserdampfes proportionale Spannkraft zeige. Außerdem findet Hr. v. Babo aus seinen und Legrand's Siedepunktsbestimmungen, daß die Differenzen zwischen der Spannkraft einer Salzlösung und der des reinen Wassers bei dem Siedepunkt der ersteren sich verhalten umgekehrt wie die Atomvolumina der Lösung. Er nimmt dabei an, daß bei der Lösung eines Salzes ein Atom desselben mit der entsprechenden Anzahl Wasseratome sich verbindet, und betrachtet dann das Atomvolumen dieser angenommenen Verbindung als das der Lösung. Zu seinen Versuchen bediente sich Hr. v. Babo wesentlich der von Dalton benutzten Methode, von der jedoch, wie schon Biot und später Magnus zeigten, keine genauen Resultate zu erwarten sind. In Bezug auf die nach den Berechnungen von Legrand's Beobachtungen aufgestellte Beziehung scheint mir, wie ich später nachweisen werde, die Annahme über die Constitution der Lösung durchaus unstatthaft. Es möchte daher jene Uebereinstimmung wohl nur eine zufällige seyn.

In einer späteren Abhandlung²⁾ giebt Hr. v. Babo

1) Ueber die Spannkraft des Wasserdampfes in Salzlösungen, ein Beitrag zur Statik der Atome, Freiburg 1847.

2) Ueber die Spannkraft des sich aus Salzlösungen entwickelnden Wasserdampfes in den Berichten der Verhandlungen der Gesellschaft für Beförderung der Naturwissenschaft zu Freiburg i. B. 17 u. 18, 1857.

einige Versuche nach einer anderen bessern jedoch etwas complicirten Methode an. Er brachte in eine 1" weite 2' lange (in der Abhandlung steht 2", was jedoch wegen des folgenden wohl 2' seyn muß) Glasröhre, welche an dem einen Ende zugeblasen war, Quecksilber, senkte in dieses dann einige 1',25 lange, 2" weite an dem oberen Ende zugeschmolzene mit Quecksilber gefüllte Glasröhren, in deren eine vorher etwas Wasser, in die andern etwas der zu untersuchenden Salzlösung gebracht war. Nachdem er dann das Quecksilber aus der äußeren Röhre bis auf 2" vom Boden fortgenommen hatte, goß er in dieselbe etwas Wasser, und nachdem er durch Kochen desselben alle Luft aus ihr vertrieben und durch Wasserdampf ersetzt hatte, schmolz er das noch offene Ende der Röhre zu. Auf diese Weise hatte er einige in einem luftleeren mit Wasserdampf gefüllten Raume befindliche abgekürzte Gefäßbarometer. Da nun der Dampf in dem einen Barometer und der äußern Röhre die gleiche, der jedesmaligen Temperatur entsprechende Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser, der Dampf in den übrigen Röhren, die durch das gelöste Salz modificirte Spannung besaß, so gab ihm die Differenz der Quecksilberstände in den inneren Röhren direct die durch die gelösten Salze hervorbrachte Verminderung der Spannkraft. Um die Differenzen messen zu können, war die äußere Röhre in Millimeter getheilt; über der Theilung konnte ein Stahlring auf und nieder geschoben werden, durch den das Visiren, das nicht mit einem Fernrohre geschah, erleichtert wurde. Die untersuchten Salze sind Chlorcalcium, salpetersaurer Kalk, Kalihydrat, kohlensaures Kali, Chlorzink und dreibasische Phosphorsäure; die angewandten Temperaturen 35° — 59° — 65° — 78° C., die er dadurch hervorbrachte, daß er den ganzen Apparat mit Dämpfen von siedendem Schwefeläther, Aceton, einer Mischung von Alkohol und Holzgeist und von Weingeist mit der Siedetemperatur 78° C. umgab. Er zieht aus seinen Versuchen den Schluß, daß das Verhältniß der Spannkraft des Dampfes von einer Salzlösung zu der des Dampfes von reinem Wasser allgemein ein constantes sey

Die Versuche beweisen jedoch das nicht. Denn abgesehen von den Fehlern, welche in der Capillarität der niemals ganz gleich weiten Röhren von 2" Durchmesser, in der Art des Ablesens und darin begründet sind, daß eine 2' lange oder auch nur die 1',25 langen engen Glasröhren bei dieser Methode des Erwärmens wohl nicht leicht überall gleiche Temperatur haben, und welche Hr. v. Babo jedenfalls viel zu gering auf 3—5^{mm} annimmt, kann man aus vier so nahe liegenden Temperaturen nichts schließen.

Aber auch selbst angenommen, das man daraus einen Schluss ziehen dürfe, beweisen die Zahlen des Hrn. v. Babo nicht das von ihm angenommene Gesetz für alle untersuchten Salze. So schließt es Hr. v. Babo auch für Chlorzink, während die Zahlen folgende sind.

Temp.	Zn Cl $\frac{h}{H}$
35° C.	0,335
58	0,331
65	0,321
78	0,310

worin h die Spannkraft einer bei 132° siedenden Chlorzinklösung, H die Spannkraft des reinen Wassers ist). Die Zahlen zeigen doch deutlich, daß das Verhältniß $\frac{h}{H}$ mit steigender Temperatur kleiner wird, daß also die Verminderung durch Chlorzink in höheren Temperaturen ein größerer Bruchtheil der Spannkraft des Dampfes aus reinem Wasser ist als in niederen. Ueberdies geben die von Hrn. v. Babo aus den Versuchen berechneten Mittelzahlen den Quotient $\frac{h}{H}$ unter den 10 mitgetheilten Fällen bei den vorher bereits bestimmten Siedetemperaturen fünf Mal ganz andere Zahlen als die der Siedetemperatur entsprechende Spannkraft 760.

Für eine bei 110° siedende Lösung von Chlorcalcium findet er $\frac{h}{H} = 0,648$. Bei 110° ist $H = 1075^{\text{mm}}$. also

$$h = 0,648 \cdot 1075^{\text{mm}} = 696,6^{\text{mm}}.$$

Für eine zweite bei 112° C. siedende Lösung von Chlorcalcium erhält er $\frac{h}{H} = 0,585$. H ist bei 112° = 1150^{mm}

$$h = 0,585 \cdot 1150^{\text{mm}} = 672^{\text{mm}}.$$

Für eine Lösung von salpetersaurem Kalk, Siedepunkt 112° C. ist $\frac{h}{H} = 0,588$

$$h = 0,589 \cdot 1150^{\text{mm}} = 677,35.$$

Bei Chlorzink vom Siedepunkt 132° ist der Coëfficient $\frac{h}{H} = 0,326$

$$h = 0,326 \cdot 2155^{\text{mm}} = 702,53^{\text{mm}}.$$

Bei einer Lösung von dreibasischer Phosphorsäure mit dem Siedepunkt 122° C. ist $\frac{h}{H} = 0,497$

$$h = 0,497 \cdot 1588^{\text{mm}} = 789^{\text{mm}}, 23.$$

In den anderen Fällen sind die Abweichungen nicht so bedeutend. Uebereinstimmung des auf diese Weise berechneten Werthes von h bei der früher bestimmten Siedetemperatur findet nur bei einem Versuche mit Kalihydrat vom Siedepunkte 109° C. statt. Dafs das jedoch mehr Zufall sey, beweisen wohl die Zahlen, aus denen das Mittel genommen ist. Es sind 0,713 — 0,740 — 0,718 — 0,737, das Mittel ist 0,726. Es scheint mir nicht, als wenn diese Zahlen für das angenommene Gesetz sprächen.

Ich erhielt die Abhandlung erst, als ich meine Versuche bereits abgeschlossen hatte, habe daher mit den von Hrn. v. Babo angewandten Salzen keine Versuche mehr anstellen können.

Um zu untersuchen, wie die Spannkraftsverminderungen sich verhalten bei verschiedener Concentration von Lösungen ein und desselben Salzes habe ich bereits im Jahre 1856 eine Reihe von Versuchen angestellt und veröffentlicht¹⁾, aus denen sich ergab, dafs für Kochsalz und Chlorkalium bei gewöhnlicher Temperatur die Verminderung der Spann-

1) Ueber den Einfluss des Procentgehaltes auf die Spannkraft des Wasserdampfes aus wässerigen Salzlösungen. *Inauguraldissertation* von A. Wüllner.

kraft des Dampfes proportional sey der Menge des gelösten Salzes. Ich hatte damals in einem gegen Norden gelegenen Raume des Laboratorium der Münchner Universität, von ziemlich constanter Temperatur mehrere Gefäfsbarometer neben einander in ein Gefäfs gestellt und in dieselben die Lösungen verschiedener Concentration gebracht, und die Differenzen gemessen, welche dieselben und ein in demselben Gefäße stehendes Barometer, in das ich Wasser gebracht hatte, darboten. Um die Richtigkeit des Gesetzes allgemein zu prüfen, als auch um das Verhalten der Salze in verschiedenen Temperaturen kennen zu lernen, war es nothwendig die Versuche nach einer bessern Methode weiter zu führen. Ersteres war mir um so wesentlicher, da Hr. Regnault in seiner Mittheilung „*sur les températures des dissolutions salines*“ (*Comptes rendus XXXIX p. 306 ff.*) die Behauptung aufstellt, dafs eine so einfache Relation nicht existire. Er sagt: „*Mais pour que cette affinité ainsi mesurée, constituât un caractère spécifique des substances il faudrait que pour le même sel, elle variait proportionnellement à la quantité de sel dissous. Or j'ai reconnu qu'il n'en est pas ainsi. La variation suit une loi plus complexe, et paraît dépendre de la nature du sel* (p. 312).

2. Von allen zu Messungen der Spannkräfte des Wasserdampfes bisher benutzten Methoden schien mir die von Hrn. Magnus ¹⁾ angewandte für meinen Zweck die brauchbarste zu seyn. Derselbe wandte bekanntlich ein abgekürztes Heberbarometer an, in dessen geschlossenen Schenkel er die zu untersuchende Flüssigkeit brachte. Dasselbe war mit einem Manometer und einer Luftpumpe in Verbindung, durch welche die Luft so weit verdünnt wurde, dafs das Quecksilber in den beiden Schenkeln des abgekürzten Heberbarometers nahezu einen gleichen Stand hatte. Aus dem Stande des Manometer und der Differenz der Quecksilberstände in dem abgekürzten Heberbarometer ergab sich die Spannkraft des Wasserdampfes. Zur Untersuchung der

1) Pogg. Ann. Bd. 61, S. 225.

Spannkraften von Salzlösungen ist diese Methode deshalb so sehr geeignet, weil man den Dampfraum und die angewandte Flüssigkeitsmenge leicht so regeln kann, daß durch die geringe Menge des verdampften Wassers der Concentrationsgrad und somit die Spannkraft der Lösung nicht merklich geändert wird. Bei der von Hrn. Regnault in der oben erwähnten Untersuchung zum Theil angewandten Methode des Siedens ist das nicht möglich; diese kann daher nur bei einfachen Flüssigkeiten angewandt werden, deren Spannkraft durch das theilweise Verdampfen derselben nicht geändert wird. Ich legte daher die erstere Methode bei Construction meines Apparates zu Grunde, nur mußte, um die Salzlösung unverändert in den geschlossenen Schenkel des Heberbarometers hineinbringen zu können, dasselbe in zwei Theile getrennt werden. Ueberdies richtete ich, um mehrere Salzlösungen zugleich untersuchen zu können, den Apparat so ein, daß mehrere Dampfbarometer mit einander und mit demselben offenen Schenkel communicirten.

Es wurden zu dem Ende in eine Eisenplatte von 0,5" Dicke 9" Länge 3" Breite 7 Hülsen eingesetzt (Fig. 2 Taf. V), von 1" lichtigem Durchmesser und 1,5" Höhe. Dieselben waren in zwei Reihen so vertheilt, daß die drei der zweiten Reihe den Zwischenräumen der vier in der ersten Reihe entsprachen. Die 7 stand etwas weiter von den übrigen entfernt. Im Innern der Eisenplatte waren Canäle geführt, welche die Hülsen sämmtlich mit einander communiciren ließen. Den Verticalschnitt ungefähr durch die Mitte der 4 Hülsen der ersten Reihe bietet Fig. 1, Taf. V. In 6 dieser Hülsen setzte ich nun an dem einen Ende zugeblasene mit Quecksilber gefüllte, und ausgekochte Glasröhren, in welche vor dem Einsetzen ein wenig der zu untersuchenden Flüssigkeiten hineingebracht war; in die 7 von den übrigen etwas weiter entfernte, setzte ich eine an beiden Seiten offene Glasröhre, welche nahe über der Hülse in ein birnförmiges Glasgefäß von solcher Capacität ausgeblasen war, daß es ungefähr das in den 6 Röhren enthaltene Quecksilber aufnehmen konnte. Auf diese Weise waren 6 mit demselben

offenen Schenkel, dem birnförmigen Glasgefäße, communicirende abgekürzte Heberbarometer hergestellt.

Die zur Dampferzeugung benutzten Röhren waren etwa 25^{cm} lang und besaßen einen lichten Durchmesser von 1,5^{cm}, so daß es also keiner Correction für die capillare Depression bedurfte.

Schwierig war es, dieselben luft- und wasserdicht in den Hüllen zu befestigen, da selbst die besten Korke bei steigender Temperatur, und wegen des zum Auskochen der Röhren häufig nothwendigen Abziehens derselben von den Röhren nicht dicht hielten. Ich nahm daher schließlich Pfropfen von vulkanisirtem Kautschuck. Zu dem Ende bohrte ich durch dieselben mit einem gewöhnlichen Korkbohrer ein Loch von 1^{cm} Durchmesser, und preßte sie dann auf die 1,7^{cm} äußere Durchmesser besitzenden Glasröhren, denen, damit das leichter geschehen konnte, an ihrem offenen Ende eine schwach konische Form gegeben war. Mit dieser Vorsicht schlossen sie vollkommen luftdicht, und ertrugen zugleich ein häufiges langdauerndes Kochen im Wasserbade so gut, daß ich sie zu allen ähnlichen Zwecken empfehlen kann.

Zur Einrichtung des Apparates wurden die 6 Röhren mit Quecksilber gefüllt und ausgekocht, darauf ungefähr 1,5^{cm} Quecksilber entfernt, und statt dessen die auf ihre Spannkraft zu untersuchende Flüssigkeit hineingegossen. Nachdem dann der Kautschuckpfropf aufgesetzt war, wurde die entsprechende Röhre mit dem Finger geschlossen, umgekehrt und in ihre Hülse eingesetzt. Es wurde dazu zunächst in die 7. Hülse die offene Röhre mit dem birnförmigen Glasgefäße hineingesetzt, der Apparat mit Quecksilber gefüllt, die offenen Hüllen mit Propfen geschlossen und auf die entsprechende Hülse ein trichterförmiges Holzgefäß (*a* in Fig. 2 Taf. V) gesetzt, das quecksilberdicht auf dieselbe paßte. Dasselbe wurde mit Quecksilber bis dicht an den Rand gefüllt, und die mit dem Finger geschlossene Röhre dahinein umgekehrt. War die Röhre in der Hülse befestigt, so wurde das Holzgefäß über derselben abgezogen.

Das ablaufende Quecksilber wurde in einer großen Schale gesammelt, in der der ganze Apparat stand.

Waren so sämtliche Röhren eingerichtet, so wurde die ganze Vorrichtung vermittelt zweier um die Eisenplatte gelegter Schlingen in ein Wasserbad hinabgelassen. Dasselbe bestand in einem parallelepipedischen Kasten, aus festem Eisenblech 14" hoch, 12" breit und 8" tief, in dessen vordere und hintere Wand 2" vom Boden, 9" hohe und 10" breite Scheiben vom Spiegelglas eingesetzt waren. Im Deckel dieses Kastens waren vier Oeffnungen zum Einsetzen von Thermometern und zwei zum Durchlassen der Stangen einer Rührvorrichtung. In der einen Seitenwand war oben ein Ausschnitt 0,5" tief, durch den die von dem birnförmigen Glasgefäß *b* in Fig. 1 Taf. V kommende an einer Stelle gebogene Röhre aus dem Wasserbade austrat. Nachdem dann der Kasten auf einen eisernen Fuß gestellt war, wurde diese Röhre *r* mittels Kautschuck an ein Glasrohr *t* gebunden, das einerseits mit einem Manometer *MN*, andererseits mit einer Luftpumpe in Verbindung war. Die Zusammenstellung zeigt Fig. 1 Taf. V in der von dem Wasserbade ein perspectivischer Durchschnitt gezeichnet ist. Die Luftpumpe stand bei *A*, der Hahn *h* in dem zur Luftpumpe führenden Rohre diente dazu, das Innere des Apparates abzuschließen und den Luftdruck im Manometer zu reguliren.

Nachdem dann der Kasten mit Wasser gefüllt, wurde die Luft in dem Manometer und dem birnförmigen Glasgefäße verdünnt, so daß die Quecksilbersäulen in den die Flüssigkeiten enthaltenden Röhren zu sinken begannen. Das Quecksilber stieg dann in das birnförmige Glasgefäß und die Verdünnung wurde so weit fortgesetzt, bis das Niveau des Quecksilbers der Röhre, welche die mit der größten Spannkraft begabte Flüssigkeit enthielt, ungefähr mit dem des Glasgefäßes gleich war.

3. Da ich zunächst mein Augenmerk darauf richtete, zu untersuchen, wie sich die Spannkraftsverminderungen bei verschiedenem Concentrationsgrad von Lösungen desselben Salzes verhielten, so wurden in fünf der Röhren Salzlösun-

gen verschiedenen Procentgehaltes gebracht, in die sechste brachte ich reines Wasser, so dafs ich durch Vergleichung der fünf übrigen Röhren mit dieser direct, die durch das gelöste Salz hervorgebrachte Verminderung erhielt. Es hatte diese Anordnung zunächst den Vortheil, dafs sie ein vortreffliches Mittel abgab, die Genauigkeit der Versuche und die Richtigkeit der angewandten Thermometer zu prüfen, indem ich die von mir beobachteten Spannkräfte des Wassers mit denen von den HH. Magnus und Regnault bestimmten verglich. Es zeigte sich, dafs meine Zahlen von denen jener früheren Beobachter in Temperaturen bis 50° C. nur um einige Zehnthelle von 1^{mm} abwichen. Nur bei einigen wenigen Versuchen in höhern Temperaturen betrug die Differenz 2— 3^{mm} , bei einem sogar 5^{mm} . Letzterer wurde als fehlerhaft verworfen.

Nachdem auf diese Weise Methode und Thermometer als zuverlässig erprobt waren, brachte die Anwendung des Wasserrohres dann den Vortheil, dafs es gestattete die Versuche wesentlich zu vereinfachen, sie daher rascher und defshalb genauer auszuführen. Denn ohne Hinzufügen des Wasserrohres hätten die Spannkräfte der Salzlösungen direct bestimmt, also aufser den Quecksilberständen in den sechs Röhren die des Barometers, Manometers und des Glasgefäßes für jeden Temperaturgrad abgelesen werden müssen, während ich jetzt auf die bekannten Spannkräfte des Wassers mich stützend nur einfach die Differenzen in den Quecksilberständen der Röhren bestimmen mußte. Die erforderliche Zeit und mit ihr die unvermeidlichen Schwankungen in der Temperatur des Wasserbades wurden dadurch um vieles vermindert.

Ein fernerer Vortheil dieser Anordnung bestand noch darin, dafs sie einen Umstand, den ich anfangs für äußerst schwierig hielt, der jedoch, wie sich bald zeigte, ohnedem keine wesentlichen Fehler veranlafst, den durch die in den Lösungen absorbirte Luft, hervorgebrachten Fehler auf eine einfache Weise eliminirte. Um nicht eine zeitraubende Analyse zur Bestimmung des Procentgehaltes der angewandten Lösungen machen zu müssen, und um dadurch nicht eine neue Fehlerquelle einzuführen, war es erforderlich die

Lösungen nach bestimmten Concentrationsgraden von vorn herein herzustellen. Es war daher nicht möglich, die Lösungen als solche zu kochen, um so die absorbirte Luft zu entfernen. Zugleich war es aber auch nicht zu verhüten, wenn ich auch noch so vorsichtig ausgekochtes Wasser zum Herstellen der Lösung nahm, daß beim Lösen der Salze wieder Luft absorbirt wurde. Anfangs suchte ich diese ohne Aenderung des Concentrationsgrades dadurch zu vertreiben, daß ich kleine mit einer Spitze versehene Kugeln nach Art, wie man die Thermometer füllt, mit Salzlösung füllte, durch Erwärmen derselben etwas Flüssigkeit austreten liefs, und dann die Spitze, ehe die Flüssigkeit durch Erkalten zurückgetreten war, rasch mit Siegelack zuschlofs. Dadurch nun, daß beim Erkalten durch das Zusammenziehen der Flüssigkeit über derselben ein luftleerer Raum entstand, gerieth sie in ein heftiges Kochen, wodurch dann der größte Theil der absorbirten Luft in die Spitze trat. Die Spitze wurde dann nahe der Kugel unter Quecksilber abgebrochen, und die Kugel in die entsprechende Röhre aufsteigen gelassen. Das Verfahren mußte ich jedoch verlassen, da mir eine ausgedehnte Versuchsreihe den Beweis lieferte, daß durch die enge Oeffnung der Kugel die Dampfbildung aus den Lösungen bedeutend modificirt wurde. Um nun durch die geringen Mengen Luft, welche in etwa 1,5^{cm} der Flüssigkeit enthalten sind, nicht gestört zu seyn, benutzte ich eben das Wasserrohr, indem ich in dasselbe eine gleiche Quantität destillirten Wassers brachte, das nach dem Kochen wieder einige Zeit gestanden hatte. Da nun die Flüssigkeiten, wenn sie in den Apparat hineingebracht waren, unter einem um etwa 230^{mm} geringeren Druck als dem der Atmosphäre sich befanden, wurde ein bedeutender Theil der absorbirten Luft aus ihnen frei, die sich dann als ein Bläschen von etwa 1^{mm} Durchmesser unter diesem Druck in der Spitze der Röhre ansammelte. Ich nahm dann den Apparat wieder auseinander und liefs das Luftbläschen durch Umkehren der Röhren und Nachfüllen eines Tropfens der Flüssigkeit austreten. Aus der verschiedenen Gröfse der

einzelnen Luftbläschen konnte man nun erkennen, daß je mehr Salz eine Flüssigkeit gelöst hat, dieselbe um so weniger Luft absorbiert enthält, so daß durch diese Differenz allerdings ein kleiner Fehler entsteht. In welcher Weise derselbe bemerklich wird, werde ich später zeigen.

4. Die Temperaturänderungen des Wasserbades brachte ich durch zwei Bunsen'sche Gaslampen hervor und die Gleichmäßigkeit der Temperatur in demselben durch zwei mittelst eines Uhrwerks getriebene Rührer, welche in zwei Minuten ungefähr dreimal auf und nieder bewegt wurden. Ich erkannte jedoch bald, daß die Bewegung zur erforderlichen Mischung des Wassers nicht rasch genug sey, und brachte daher später durch einige heftige Züge an den Rührern vor jeder Messung die Gleichmäßigkeit der Temperatur hervor, welche durch Reguliren der Flammen dann constant erhalten wurde.

Die Temperatur-Bestimmungen geschahen durch vier Quecksilberthermometer, die an den vier Ecken in das Wasserbad hineinreichten, und deren Gefäße mit der Mitte des von dem Dampfe der Lösungen erfüllten Raumes der Röhren von gleicher Höhe waren. Ihr Null- und Siede-Punkt war häufig bestimmt und die einige Zehnthelle eines Grades der hunderttheiligen Scale betragenden Aenderungen des ersteren corrigirt. Sie controlirten sich außerdem gegenseitig, und die Richtigkeit ihrer Angaben war auf die vorhin erwähnte Weise geprüft worden. Die Theilung, auf den Röhren selbst eingätzt, ist in ganze Grade, der Grad hat aber eine solche Ausdehnung, daß man $0^{\circ},1$ mit Leichtigkeit schätzen kann. Ich bestimmte die Temperatur vor und nach jeder Messung und nahm nur die Versuche als gültig, bei denen keine Aenderung derselben bemerklich geworden war. Ueberdies stellte ich vor jeder Messung das Fernrohr des Kathetometers auf den Meniskus einer der Quecksilbersäulen ein, und machte die Messungen erst dann, wenn sich während einiger Minuten keine merkliche Aenderung desselben zeigte.

Die Ablesungen geschahen mittels eines Oertling'schen

Kathetometers, desselben, welches Hr. Magnus zur Bestimmung der Spannkkräfte des Wasserdampfes benutzt hat, und das mir derselbe gütigst zu Gebote stellte. Ueberhaupt fühle ich mich verpflichtet an dieser Stelle Hrn. Magnus Güte dankbarst anzuerkennen, der mir freundlichst gestattete, diese Untersuchung in seinem Laboratorium vorzunehmen.

Der Mechanismus der Versuche ist wohl ohne weiteres klar, und ich gehe daher über zur Mittheilung der erhaltenen Resultate.

5. Von den von mir gemessenen Spannkkräften des Dampfes aus reinem Wasser führe ich folgende an, indem ich zur Vergleichung die Angaben der HH. Magnus und Regnault beifüge.

Temperatur	Spannkkräfte des Wasserdampfes.		
	nach meinen Beob.	nach Magnus	nach Regnault
19,9° C.	16,69 ^{mm}	17,28 ^{mm}	17,28 ^{mm}
24,2	22,25	22,48	22,46
29,9	30,66	31,40	31,36
35,0	41,49	41,89	41,72
40,9	57,61	57,66	57,61
44,8	70,49	70,70	70,67
48,4	84,62	84,39	84,36
49,8	90,14	91,05	91,00
52,5	103,56	104,76	104,49
54,1	110,61	112,40	112,39
57,9	134,24	134,88	134,72
61,2	156,61	157,04	157,29
68,7	219,89	219,88	220,28
72,2	257,00	255,81	256,30
82,3	391,90	388,59	389,12

Es werden die Zahlen wohl schon zur Genüge den Beweis liefern, daß die Angaben der Thermometer hinlänglich genau waren, da die Unterschiede in den Zahlen durch Unterschiede in den Angaben der Thermometer von 0°,1 erklärt werden. Ebenso beweisen dieselben, daß die geringe Quantität Luft, welche bei dem angewandten Verfahren im Wasser absorbirt war, keinen bemerkbaren Einfluß hat.

6. Die folgenden Tabellen, in welchen die für die einzelnen Salze erhaltenen Zahlen mitgetheilt sind, haben die Einrichtung, daß in der ersten Columnne die beobachtete Temperatur, in der zweiten die derselben entsprechende Spannkraft des Wassers, in den folgenden die durch die über denselben angegebenen Salzmengen hervorgebrachte Verminderung sich befindet. In den beiden letzten Columnnen sind die durch ein Theil Salz auf 100 Wasser hervorgebrachten Verminderungen angegeben, in der ersteren berechnet aus den Beobachtungen, in der zweiten berechnet nach später zu entwickelnden Formeln.

In Bezug auf die Angabe des Procentgehaltes der Lösungen bemerke ich, daß derselbe die zu 100 Wasser gesetzten Salzmengen, nicht die in 100 Lösung befindlichen angiebt.

I. Chlornatrium.

Käufliches Kochsalz wurde mit Soda und reiner Salzsäure gereinigt, die Lösungen 5—10—15—20—25—30 Theile Salz auf 100 Wasser, welche in verschiedenen Reihen untersucht wurden, waren mit einer 0^{grm},005 noch mit Genauigkeit angehenden Waage dargestellt.

Tabelle der Spannkraftsverminderungen durch Kochsalz.

Temp.	Spann- kraft d Was- sers	Verminderungen der Spannkraft						Mittelwerth 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	30 pCt.	beob.	ber.
° C.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
19,9	17,28	0,98	1,47	2,27	—	—	4,06	0,149	0,104
21,2	22,45	1,18	2,08	2,97	—	—	5,16	190	140
29,9	31,36	1,11	2,05	3,48	—	—	6,39	210	190
30,8	33,02	—	2,88	4,17	5,27	6,96	—	270	200
35,0	41,82	1,79	3,11	4,70	—	—	8,13	300	251
35,4	42,74	—	3,34	4,77	6,01	7,75	—	310	260
39,5	53,43	—	3,77	5,46	7,15	9,33	—	370	320
40,9	57,61	2,07	3,56	5,75	—	—	11,61	380	350
40,9	57,61	2,02	3,52	5,22	7,48	—	11,85	379	378
42,6	62,97	—	4,16	5,95	8,33	11,01	—	420	410
44,8	70,27	2,19	4,12	6,80	—	—	14,09	450	420
45,7	73,98	—	4,87	6,85	9,42	12,40	—	480	443
48,4	84,36	2,87	5,16	7,93	11,62	—	17,84	560	510
49,1	87,93	—	5,64	8,12	11,49	14,86	—	570	530

Temp.	Spann- kraft d. VVas- sers	Verminderungen der Spannkraft						Mittelwerth 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	30 pCt.	beob.	ber.
° C.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
49,8	91,09	2,84	5,81	8,98	11,36	—	18,20	0,590	0,550
52,5	104,49	3,08	6,15	8,67	12,44	—	20,92	620	630
53,8	110,87	—	7,03	9,60	14,25	17,72	—	690	670
54,1	112,59	3,47	6,64	10,61	13,56	—	22,18	708	680
56,6	126,84	—	8,51	11,69	16,15	20,19	—	800	760
57,9	134,88	4,05	8,11	11,08	16,62	—	26,84	830	820
59,0	142,01	4,12	7,98	12,53	16,68	—	—	830	850
60,6	152,99	—	10,38	13,77	—	22,95	—	920	920
60,9	155,09	—	10,09	13,90	18,79	23,54	—	910	932
61,2	157,29	4,75	—	13,46	19,69	—	—	950	915
62,2	165,07	—	10,27	—	20,51	25,90	—	1,030	992
63,8	177,11	—	9,93	14,78	20,76	27,38	—	030	1,040
64,7	184,45	—	11,17	14,91	—	25,85	—	050	106
64,8	185,27	—	9,88	15,02	21,45	27,97	—	090	110
67,8	211,73	—	12,94	17,78	—	30,07	—	210	272
67,9	212,67	—	11,85	18,07	26,44	30,26	—	230	273
68,6	219,36	6,83	12,84	17,80	27,49	—	—	360	316
68,7	220,24	—	12,04	18,31	25,59	—	—	250	318
72,2	256,27	—	14,51	21,42	30,20	39,78	—	510	520
75,3	292,20	—	16,47	—	34,20	45,14	—	700	750
75,5	294,66	—	16,97	—	36,01	46,66	—	780	769
78,6	335,01	—	—	—	38,94	49,29	—	870	2,013
82,2	388,33	—	21,58	—	46,20	59,41	—	2,240	331
85,7	445,09	—	25,30	—	52,58	65,90	—	614	774
88,5	496,15	—	28,64	—	59,94	—	—	850	976
91,2	549,92	15,84	32,37	—	66,70	—	—	3,280	3,290
92,0	566,76	—	33,83	—	69,55	—	—	445	401
92,0	566,76	—	34,24	51,84	74,76	—	—	573	401
100,5	775,40	—	44,90	62,92	92,41	—	—	4,450	4,650
100,7	779,26	—	49,31	—	94,99	—	—	800	670

II. Schwefelsaures Natron.

Durch Erhitzen wurde das Salz vollkommen wasserfrei gemacht und von dem wasserfreien Salze Lösungen mit 5, 10, 15, 20, 25 Theilen auf 100 Wasser hergestellt.

Tabelle der Spannkraftsverminderungen durch Glaubersalz.

Temp.	Spann- kraft des VVasser- dampfs	Verminderung durch					Mittelw. 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	beob.	berechn.
26,3	25,43	0,40	0,70	1,20	1,60	—	0,080	0,060
27,9	27,93	—	0,85	1,35	—	—	087	067
28,7	29,27	0,59	1,08	1,58	1,98	2,37	100	070
32,2	35,76	0,69	1,19	1,78	2,27	2,77	110	085

Temp.	Spann- kraft des Wasser- dampfs	Verminderung durch					Mittelw. 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	beob.	berechn.
35,7	43,43	0,74	1,44	2,13	2,72	3,22	0,140	0,102
39,5	53,46	4,78	1,57	2,37	3,27	3,96	157	127
40,2	54,50	—	—	2,48	2,97	3,66	155	128
42,7	63,35	0,88	1,68	2,47	3,26	4,10	165	150
44,7	70,31	1,08	2,08	2,98	—	4,82	198	160
45,4	72,58	—	2,08	3,27	4,06	4,85	203	171
47,2	79,90	1,10	2,10	3,00	4,00	4,90	216	189
47,6	81,53	1,18	2,18	3,17	4,26	5,35	215	192
49,6	90,18	—	—	—	4,70	5,64	230	213
50,6	93,88	—	—	3,66	4,75	6,04	241	221
52,5	104,01	1,38	2,87	4,06	5,34	6,73	271	220
55,1	118,04	1,58	3,20	—	6,51	8,15	325	278
57,1	129,88	1,58	3,07	4,66	6,24	7,52	309	307
58,4	138,14	1,48	3,06	4,75	6,23	7,71	309	325
60,6	152,61	1,78	3,62	5,63	7,22	8,80	361	384
61,7	160,96	1,97	4,20	6,39	8,45	—	420	380
63,9	177,92	—	4,54	6,72	8,30	10,38	430	419
65,8	193,74	—	—	7,90	10,08	12,00	509	459
67,3	205,13	2,47	5,15	7,71	10,09	12,45	500	484
69,8	231,10	—	—	8,49	11,06	13,62	553	545
72,5	259,57	3,45	6,42	9,48	12,83	15,80	641	614
73,9	275,47	—	6,21	9,47	12,43	15,39	621	640
76,2	303,37	3,35	7,30	10,68	13,92	17,16	698	715
78,7	336,38	—	—	12,02	15,48	18,93	770	792
79,5	347,53	4,10	8,28	12,22	15,77	20,11	806	820
81,1	370,79	4,30	8,76	13,20	17,64	—	878	875
84,0	416,29	—	9,45	14,48	18,02	22,85	925	980
86,5	459,21	—	11,22	17,03	22,40	28,40	1,125	1,084
86,8	464,64	5,50	11,20	16,72	22,14	—	111	096
87,1	470,04	—	10,92	16,34	21,36	26,78	075	109
89,9	523,45	6,10	11,88	18,60	24,40	31,50	218	235
91,0	545,78	—	12,15	18,10	24,10	30,30	210	288
93,2	592,82	6,84	14,35	20,85	27,95	34,51	390	397
95,8	657,73	8,14	15,23	23,00	28,90	38,04	525	540
96,9	679,55	7,80	15,20	—	—	—	530	602
100,1	761,40	—	—	28,70	37,60	47,00	881	800
100,2	764,80	9,53	18,37	28,39	36,55	—	837	805
100,6	776,71	—	18,66	27,50	36,34	45,67	833	839

III. Salpetersaures Natron.

Aus dem nach vorgängiger Untersuchung als chemisch rein befundenen Salze wurden Lösungen von 10, 20, 30 Theilen auf 100 Wasser hergestellt.

Tabelle der Spannkraftsverminderungen durch Chilisalpeter.

Temp.	Spannkraft des Wasserdampfes	Verminderung durch			Mittelw. für 1 pCt.	
		10 pCt.	20 pCt.	30 pCt.	beobacht.	berechnet
23,1	21,01	0,50	1,19	1,59	0,055	0,066
27,1	26,66	0,60	1,34	1,89	063	080
29,1	29,95	0,79	1,54	2,33	077	082
31,5	34,36	1,09	2,08	3,08	104	108
37,5	48,25	1,39	2,88	4,37	144	150
39,4	53,14	1,68	3,27	4,76	161	167
41,5	59,48	1,79	3,72	5,45	182	187
44,0	67,79	2,13	4,46	6,57	220	212
47,3	80,33	2,77	5,59	8,37	279	258
49,1	87,93	2,68	5,65	8,52	281	277
51,5	99,10	3,27	6,53	9,90	329	324
55,1	118,04	3,85	7,78	11,80	391	380
56,5	126,24	4,06	8,31	12,32	411	411
58,5	138,76	4,36	8,70	13,26	439	463
62,5	166,98	6,13	12,06	17,40	593	551
64,5	182,12	6,52	13,04	19,27	647	606
65,6	201,07	6,77	13,73	20,65	685	670
68,9	222,29	7,60	15,50	22,81	765	748
70,5	238,24	8,68	17,27	25,96	865	807
72,5	260,60	8,88	17,77	26,36	883	883
75,4	293,00	11,24	21,31	31,18	1,056	1,002
78,7	336,33	11,92	23,76	34,91	176	170
81,5	376,85	13,80	27,70	40,70	370	315
83,4	406,57	15,07	30,33	45,02	507	433
86,0	450,34	16,54	32,99	49,23	646	620
88,7	499,98	18,60	36,02	53,15	796	796
92,6	579,67	20,46	41,90	62,26	2,077	2,143
94,9	631,44	22,10	44,70	65,38	203	330
100,3	768,20	27,28	54,20	79,07	676	900

IV. Chlorkalium.

Aus reinem Chlorkalium wurden Lösungen von 10—20 Theilen Salz auf 100 Wasser hergestellt.

Tabelle der Spannkraftsverminderungen durch Chlorkalium.

Temp.	Spannkraft des Wasserdampfes	Verminderung durch		Mittelwerth für 1 pCt.	
		10 pCt.	20 pCt.	nach d. Beobacht.	nach der Formel
23,1° C.	21,01mm	0,70mm	1,39mm	0,0697	0,0818
27,1	26,66	0,90	1,89	093	103
29,1	29,95	1,04	1,94	099	116

Temp.	Spannkraft des VVasser- dampfes.	Verminderung durch		Mittelwerth für 1 pCt.	
		10 pCt.	20 pCt.	nach d. Beobacht.	nach der Formel
31,5° C.	34,36 ^{mm}	1,19 ^{mm}	2,58 ^{mm}	0,126	0,132
37,3	48,25	1,79	3,67	182	187
39,4	53,14	1,98	4,07	201	206
41,5	59,48	2,28	4,66	231	231
44,0	67,79	2,88	5,75	288	264
47,3	80,33	3,51	6,93	348	341
49,1	87,93	3,47	6,94	347	347
51,7	100,00	4,46	9,11	453	395
55,1	118,04	4,72	9,34	469	467
56,5	126,24	5,19	10,68	529	499
58,5	138,76	5,54	11,68	574	552
62,5	166,98	7,31	14,43	724	666
64,5	182,12	7,20	14,80	733	729
65,6	201,07	8,00	16,40	813	840
68,9	222,29	9,18	17,87	901	892
70,5	238,24	9,86	19,72	986	969
72,5	260,60	11,55	22,70	1,142	1,054
75,4	293,30	12,22	24,25	218	192
78,7	336,33	13,70	27,98	390	372
81,5	376,85	15,07	30,35	514	547
83,4	406,57	17,04	33,90	691	686
86,0	450,34	18,55	37,81	879	868
88,7	500,00	20,50	42,03	2,084	2,084
92,6	579,67	23,46	48,19	388	409
94,9	631,44	26,55	53,97	684	684
100,3	768,20	30,78	61,90	3,089	3,200

V. Einfach schwefelsaures Kali.

Da das Salz sehr schwer löslich ist, so wurden nur Lösungen von 5 und 10 Theilen Salz auf 100 Wasser untersucht.

Tabelle der Spannkraftsverminderungen durch schwefelsaures Kali.

Temp.	Spannkraft des VVasser- dampfes	Verminderung durch		Mittelwerth für 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	beob.	berechn.
28,0° C.	28,10 ^{mm}	0,59 ^{mm}	1,28 ^{mm}	0,124 ^{mm}	0,111 ^{mm}
32,2	35,76	0,89	1,68	171	141
34,9	41,59	0,99	1,98	198	163
36,7	45,94	1,19	2,38	238	181
39,3	52,79	1,20	2,20	227	208
40,1	55,21	1,19	2,38	238	217
42,7	63,35	1,18	2,56	249	249
45,6	73,74	1,69	3,47	342	283
47,2	79,91	1,78	3,56	356	295

Temp.	Spannkraft des VVasser- dampfes	Verminderung durch		Mittelwerth für 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	beob.	berechn.
49,5° C.	89,73 ^{mm}	1,88 ^{mm}	3,96 ^{mm}	0,389 ^{mm}	0,331 ^{mm}
51,6	99,59	1,97	3,85	388	365
53,1	107,16	2,17	4,15	421	389
56,0	123,24	2,08	4,25	422	443
57,6	133,06	2,16	4,44	440	476
60,3	150,90	2,37	4,94	487	532
61,5	159,50	—	5,34	534	561
63,4	173,95	2,76	5,52	552	600
65,7	192,93	3,06	6,31	625	665
68,5	220,29	3,65	7,50	743	755
69,3	226,14	3,55	7,00	704	760
73,5	270,88	4,34	8,48	855	897
76,3	304,66	4,54	9,37	930	978
77,7	322,84	5,22	10,45	1,045	1,033
80,4	360,49	5,41	11,10	100	100
81,4	375,34	5,01	10,90	060	120
83,6	403,81	6,60	12,81	294	173
88,5	496,15	6,80	14,78	425	331
89,4	513,56	7,57	14,26	455	465
90,9	543,72	7,39	14,96	490	512
95,1	636,12	8,39	17,34	715	666
100,8	782,08	9,00	18,10	806	834
100,9	785,12	9,50	18,10	840	837

VI. Salpetersaures Kali.

Kalialpeter wurde durch mehrmaliges Umkrystallisiren gereinigt und in mehreren Versuchsreihen 5, 10, 15, 20, 25, 30 procentige Lösungen untersucht.

Tabelle der Spannkraftsverminderungen durch Kalialpeter.

Temp.	Spann- kraft d. VVasser- dampfes	Verminderung der Spannkraft durch						Mittelwerth 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	30 pCt.	beob.	ber.
38,4	50,38	0,49	0,99	1,48	1,88	2,38	—	0,099	0,100
42,4	62,33	0,69	1,29	2,08	2,67	3,27	—	129	12
46,7	78,07	0,89	1,78	2,67	3,37	3,96	—	160	16
47,0	79,09	0,99	1,78	2,48	3,37	4,46	—	170	165
50,7	95,29	1,28	2,47	3,76	4,45	—	—	24	19
53,1	107,16	1,28	2,47	3,76	4,46	5,85	—	24	22
53,9	111,41	1,28	2,26	3,85	4,24	5,63	—	23	23
60,9	155,13	1,88	3,56	5,24	6,52	8,31	—	33	33
61,3	158,62	1,68	3,36	5,34	6,43	8,11	—	38	34
61,6	160,06	1,97	3,95	6,13	7,12	—	—	38	345
61,7	160,94	—	3,56	—	7,36	—	10,97	36	35

Temp.	Spann- kraft des Wasserdampf	Verminderung der Spannkraft durch						Mittelwerth 1 pCt.	
		5 pCt.	10 pCt.	15 pCt.	20 pCt.	25 pCt.	30 pCt.	beob.	ber.
° C.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
65,2	188,64	—	4,54	—	8,96	—	12,65	0,43	0,41
65,8	193,74	2,12	4,49	6,91	8,69	11,16	—	44	42
65,8	193,74	2,27	4,54	7,21	8,49	—	—	45	42
69,6	229,13	—	5,53	—	10,27	—	15,70	52	52
70,3	234,18	2,76	5,42	8,05	10,02	12,85	—	53	54
70,6	239,45	2,66	5,13	9,08	—	—	—	55	56
72,3	257,37	2,86	5,33	8,78	11,25	13,91	—	56	59
72,7	263,77	3,35	5,71	9,96	12,14	15,57	—	62	59
75,9	299,60	3,45	6,21	10,55	12,97	16,91	—	61	68
76,3	304,64	3,74	6,71	10,35	13,30	16,86	—	68	69
78,6	334,97	—	7,38	—	—	—	22,85	76	79
81,0	369,28	4,43	7,88	13,10	16,00	19,60	—	81	87
81,6	378,36	4,23	9,45	13,60	15,96	20,19	—	84	89
82,6	393,72	4,92	9,85	14,78	—	—	—	98	94
83,0	400,10	—	9,65	—	—	—	28,77	96	95
86,3	455,68	5,31	10,24	15,95	19,20	24,16	—	1,00	1,11
87,9	484,81	—	10,82	—	—	—	33,76	11	20
91,4	554,09	—	11,31	—	—	—	37,48	22	40
93,3	595,09	6,88	13,77	20,45	27,73	34,72	—	38	46
94,2	615,29	—	14,95	—	—	—	48,31	53	61
95,3	640,83	—	14,74	22,61	29,41	—	—	48	66
97,0	682,03	—	16,51	—	—	—	48,25	62	84
100,6	776,48	11,29	21,21	32,21	40,46	—	—	2,15	2,17
100,8	782,04	—	21,62	—	—	—	—	16	18

VII. Rohrzucker.

Es wurde zu den Lösungen weißer krystallisierter Kandiszucker benutzt und Lösungen von 50, 100, 150 Theilen Zucker auf 100 Wasser hergestellt.

Tabelle der Spannkraftsvermindernngen durch Rohrzucker.

Temp.	Spann- kraft des Wasserdampf	Verminderung durch			Mittelwerth 1 pCt.	
		50 pCt.	100 pCt.	150 pCt.	beobacht.	berechnet
29,2	30,13	1,49	2,68	3,97	0,027	0,021
34,9	41,59	1,88	3,77	5,56	0373	030
39,3	92,89	2,08	3,97	6,15	04007	0372
40,1	55,20	2,38	4,66	6,85	046	039
42,7	63,35	2,28	4,76	7,19	0474	0445
44,2	69,59	2,67	5,45	8,23	0578	0493
47,2	79,91	2,97	6,24	9,41	062	0562
51,6	99,58	3,86	7,23	11,29	0746	0700
53,8	110,88	—	7,22	10,99	0720	0781
56,0	123,24	5,04	9,75	15,04	099	0870

Temp.	Spannkraft des Wasserdampfes	Verminderung durch			Mittelwerth 1 pCt.	
		50 pCt.	100 pCt.	150 pCt.	beob.	berechn.
61,5	159,50	5,93	11,96	18,49	0,1212	0,1116
66,8	202,60	7,01	13,93	21,54	1426	1426
69,3	226,14	8,19	15,80	24,88	1620	1591
73,1	266,29	8,98	16,99	26,67	1753	1800
77,7	322,84	11,36	21,98	32,44	2192	2141
80,4	360,49	11,85	24,05	37,85	2458	2400
81,4	375,34	11,74	24,50	35,90	2405	2462
83,6	409,81	13,30	26,90	40,78	2700	2686
88,5	496,15	—	31,20	46,95	3126	3246
90,9	543,72	16,43	34,14	51,85	0341?	
95,1	636,12	—	39,20	60,46	3986?	
96,7	674,60	21,12	43,73	68,31		
100,9	784,83	23,76	49,79	79,85		

7. Ueberblicken wir die erhaltenen Zahlen, indem wir zunächst die in derselben Horizontalreihe enthaltenen, also die durch verschiedene Mengen desselben Salzes hervorgebrachten Verminderungen vergleichen, so zeigt sich zunächst, daß dieselben in eben demselben Verhältnisse zu einander stehen, wie die Salzmengen selbst; daß also die Verminderungen der Spannkraft in allen Fällen und in allen Temperaturen proportional sind dem Salzgehalt der Lösung. Denn dividiren wir die bei den verschiedenen Lösungen stattfindenden Verminderungen durch den entsprechenden Procentgehalt derselben, so sind die Quotienten, die durch ein Theil Salz auf 100 Wasser hervorgebrachte Verminderung, in derselben Horizontalreihe stets nahezu dieselben. Oder vielmehr berechnen wir aus sämmtlichen demselben Salze und derselben Temperatur angehörigen Zahlen, indem wir sie summiren und diese Summe durch die Summe der angewandten Salzmengen dividiren, die durch 1 Proc. Salz hervorgebrachte Verminderung, (die Zahlen sind als beobachtete Mittelwerthe für 1 Proc. in der vorletzten Columne aufgeführt) so unterscheidet sich dieser Werth von den aus den einzelnen Beobachtungen hergeleiteten Werthen nur um Größen, welche durchweg in die Gränzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler fallen.

8. Werden wir uns zunächst klar über die Größe derselben. Sie zerfallen in solche, welche mit steigender Temperatur zunehmen und welche in allen Temperaturen dieselben bleiben. Letztere sind Folge der Verschiedenheit in der Gestalt der verschiedenen Menisken und der Unsicherheit in der Einstellung des Fadenkreuzes auf dieselben; erstere der Verschiedenheit der Temperatur an den verschiedenen Stellen des Wasserbades.

Für die durch die Unsicherheit der Einstellung des Kathetometers hervorgebrachten Fehler giebt Hr. Magnus in seiner Untersuchung über die Spannkraft der Wasserdämpfe folgende Gränze an, welche ich auch hier annehmen kann, da ich mit demselben Kathetometer und derselben Vorsicht meine Messungen machte.

»Zunächst ist«, sagt Hr. Magnus a. a. O., »das Einstellen eines Fernrohres auf eine Quecksilberkuppe durch Spiegelung stets unsicher: Dann bleibt bei der Führung des Fernrohres längs des Kathetometers die Axe desselben nicht vollkommen parallel; diesen letzteren Uebelstand habe ich dadurch geringer gemacht, daß ich das Fernrohr immer zu hoch einstellte, dann an das Kathetometer festklemmte, und mittels der Mikrometerschraube allmählich herabliefs, bis der Faden die Quecksilberkuppe berührte, überhaupt die Mikrometerschraube immer in demselben Sinne wirken liefs. Mittels dieser Vorsicht betrug die Summe der Fehler höchstens $0^{\text{mm}},15$.«

Nehmen wir ferner an, daß die Verschiedenheit in der Gestalt der Quecksilberkuppen in den verschiedenen Röhren, welche selbst durch Schütteln und Stossen des ganzen Apparates nicht vollständig weggeschafft werden konnte, einen ähnlichen Fehler, vielleicht $0,2^{\text{mm}}$ hervorbringen konnte, so erhalten wir als Summe dieser Fehler $0,35^{\text{mm}}$, ein Fehler der in Temperaturen unter 40° C. wohl kaum überschritten wird.

Der bedeutendste, besonders in höheren Temperaturen hervortretende, Fehler wird aber durch die Verschiedenheit der Temperatur an den verschiedenen Stellen des Wasserbades hervorgebracht. Derselbe zeigt sich am stärksten beim

Kochsalz, wo er bis 4^{mm} steigt, da ich dort noch nicht die Vorsicht anwandte, vor jeder Messung durch einige heftige Züge an den Rührern das Wasser gehörig zu mischen. Bei den anderen Salzen überschreiten die Fehler kaum die Gröfse von 2^{mm}. Wenn man nun erwägt, dafs in Temperaturen über 60° der durch einen Unterschied in der Temperatur von nur 0°,1 bedingte Fehler schon 1^{mm} beträgt, der über 80° bald 2^{mm} überschreitet, so wird man keine gröfsere Genauigkeit in den erhaltenen Resultaten erwarten können; da ein Temperaturunterschied von 0°,1 bei Röhren, die im Wasserbade 6" auseinanderstehen, selbst bei der grössten Vorsicht wohl nicht zu vermeiden ist. Auch die Abweichungen zwischen den, später zu entwickelnden Formeln, nach den berechneten Werthen und den beobachteten, sind durchschnittlich nicht gröfser als sie durch diese Fehlerquellen bedingt werden.

Die Fehler, welche dann noch durch eine Ungenauigkeit im Procentgehalte der Lösungen bewirkt werden können, dürfen wir ganz unberücksichtigt lassen, da die Gewichte bis auf 0^{gr},005 bestimmt, der dadurch entstandene Fehler also, da ich durchschnittlich 50^{gr} Wasser nahm, im schlimmsten Falle 0,01 Proc. betragen kann. Dieser Fehler macht sich aber erst in viel späteren Decimalen bemerklich.

Ebenso kann der Fehler, welcher durch die unbedeutende Differenz der in den angewandten Lösungen absorbirten Luftmengen entsteht, hier noch ganz aufser Acht gelassen werden.

Beachten wir dieses, so ergiebt sich aus den erhaltenen Zahlen unzweideutig das Gesetz:

»Die Verminderungen der Spannkräfte des Wasserdampfes durch gelöstes Salz sind bei derselben Temperatur direct proportional den Mengen des gelösten Salzes.«

9. Von den untersuchten Stoffen zeigt jedoch einer eine Abweichung von dem gefundenen Gesetze, nämlich der Rohrzucker. Berechne ich nämlich hier in Temperaturen über 90° wie bisher den Mittelwerth für 1 Proc., und darnach wieder rückwärts die diesem entsprechenden Verminderungen der angewandten Lösungen, so ist bei 90°,9 C. der

Mittelwerth $= 0^{\text{mm}},341$, und es zeigt sich zwischen den beobachteten und darnach berechneten Verminderungen die Differenz

90°, 9 C.		Mittelw. 0,341	
Beobachtet.		Berechnet.	Differenz.
50 Proc.	16 ^{mm} ,43	17 ^{mm} ,05	+ 0 ^{mm} ,62
100 "	34 ,14	34 ,14	
150 "	51 ,85	51 ,15	+ 0 ,70
95°, 1 C.		Mittelw. 0,398	
100 Proc.	39 ,20	39 ,80	— 0 ,60
150 "	60 ,46	59 ,70	+ 0 ,76
96°, 7 C.		Mittelw. 0,444	
50 Proc.	21 ,22	22 ,20	— 0 ,98
100 "	43 ,73	44 ,40	— 0 ,67
150 "	68 ,31	66 ,60	+ 1 ,71
100°, 9 C.		Mittelw. 0,511	
50 Proc.	23 ,76	25 ,55	— 1 ,79
100 "	49 ,79	51 ,21	— 1 ,32
150 "	79 ,85	76 ,66	+ 3 ,10

Sind diese Abweichungen auch nicht zu groß, so daß sie möglicherweise durch die Beobachtungsfehler noch hinreichend erklärt werden könnten, so läßt die regelmässige Vertheilung derselben dieses jedoch nicht zu. Denn es zeigt sich, daß bei steigendem Procentgehalt in allen beobachteten Fällen die Verminderungen der Spannkraft rascher wachsen als die Procentgehalte selbst. Da jedoch der Rohrzucker bis 90° C. genau dem Gesetze folgt, so halte ich diese Ausnahme nur für scheinbar, die sich folgendermaßen erklären läßt. Der Rohrzucker verwandelt sich bekanntlich, wenn er in seiner wässerigen Lösung längere Zeit der Siedetemperatur ausgesetzt wird durch Aufnahme der Elemente des Wassers in Zucker anderer Art. Nehmen wir an, daß jene Umsetzung schon bei 90° C. beginnt, so ist die Abweichung klar; denn durch diese Verwandlung erhält man nicht nur Lösungen eines andern Stoffes, sondern auch solche, deren Concentrationen in einem ganz andern Verhältnisse stehen, als dem angewandten.

10. Das Glaubersalz war als wasserfreies Salz angewandt, indem die entsprechenden Gewichtstheile des wasserfreien Salzes zu 100 Theilen Wasser gebracht wurden. Die erhaltenen Zahlen zeigen, daß die Verminderungen der Spannkraften wachsen direct wie die Mengen des wasserfreien im Wasser gelösten Salzes. Es geht daraus hervor, daß in dieser Beziehung das Salz nicht als wasserhaltiges wirkt, sondern als wasserfreies, daß also die Lösungen nicht als solche des wasserhaltigen Salzes, sondern als solche des wasserfreien Salzes anzusehen sind. Denn würde das Salz erst sein Krystallwasser an sich nehmen, und die wasserhaltige Verbindung als solche sich lösen und anziehend auf die Wassertheilchen wirken, so würde der Procentgehalt der angewandten Lösungen nicht in dem Verhältnisse 1 : 2 : 3 : 4 : 5 stehen, sondern da das Salz aus dem Lösungswasser seine 10 Aequivalente Krystallwasser an sich nimmt wie 1 : 2,14 : 3,57 : 5,02 : 6,87 sich verhalten. Ganz dasselbe zeigte sich auch bei Anwendung von schwefelsaurem Kupferoxyd, mit dem ich einige Versuche anstellte, die ich jedoch nicht messend verfolgen konnte.

Es möchte das den Schluß erlauben, daß diese Salze so lange sie gelöst sind nicht mit ihrem Krystallwasser als solchem verbunden sind, sondern daß sie es erst an sich ziehen, wenn sie aus der Lösung krystallisiren. Daraus würde dann folgen, daß die bisherige Erklärungsweise von der Abnormität der Löslichkeit des Glaubersalzes, die in der Annahme bestand, daß unter 33° das Salz als wasserhaltiges über 33° aber als wasserfreies gelöst sey, nicht zulässig ist. Wollte man aber auch jenen Schluß nicht gelten lassen, so wird letzteres doch wohl dadurch widerlegt, daß sich in den durch Glaubersalz hervorgebrachten Verminderungen der Spannkraft unter 33° und über dieser Temperatur durchaus kein auffallender Unterschied zeigt, den man doch erwarten müßte, wenn eine so bedeutende Aenderung in der Constitution der Lösung stattfände.

Aus dem hier angeführten folgt nun auch, daß die eingangs erwähnte Annahme des Hrn. v. Babo über die Con-

stitution der Lösung, daß nämlich ein Atom des gelösten Salzes mit der entsprechenden Anzahl Wasseratome sich verbinde, nicht zulässig ist.

Das hier Gesagte steht nicht mit dem beim Zucker Beobachteten im Widerspruch, da der Rohrzucker nicht das Wasser als solches aufnimmt, und eine wasserhaltige Verbindung bildet, da er im Gegentheil durch Aufnahme der Elemente des Wassers in einen ganz neuen Körper mit andern Eigenschaften verwandelt wird.

11. Eine so einfache Gesetzmäßigkeit, als sie dem in Zusammenhange der Menge des gelösten Salzes und der durch dasselbe hervorgebrachten Verminderungen sich zeigt, läßt sich nicht erkennen in dem Verlaufe, welchen die Verminderungen in verschiedenen Temperaturen nehmen. Zwar zeigen die erhaltenen Zahlen sofort, daß die Verminderungen rascher wachsen als die Temperaturen, ja wenn man sie mit den ihnen entsprechenden Spannkraften des reinen Wassers vergleicht, daß sie nahezu in demselben Verhältniß zunehmen wie diese. Eine genauere Analyse der erhaltenen Zahlen zeigt aber, daß das nicht für alle Salze der Fall ist, daß im Gegentheil das Gesetz, dem die Verminderungen in verschiedenen Temperaturen sich anschließen, bei den verschiedenen Salzen ein verschiedenes ist. Ein Bild dieser Verschiedenheit giebt Fig. 3 Taf. V in der unter die Curve der Spannkraft des reinen Wassers *SW* die aus 100procentigen Lösungen folgender Salze verzeichnet sind, so daß *SA* die Spannkraft einer solchen Kochsalzlösung, *SB* die einer Lösung von Chorkalium, *SC* die einer Lösung von salpetersaurem Natron, *SD* die einer Glaubersalzlösung, *SE* die einer Lösung von schwefelsaurem Kali und endlich *SF* die Spannkraft einer 100 procentigen Lösung von Kalisalpeter zwischen 0 und 100° C. darstellen.

Wegen der innigen Beziehung der Spannkraftsverminderungen zu den Spannkraften des Dampfes aus reinem Wasser und weil dann die Verschiedenheiten in ihrem Verlaufe deutlicher hervortreten, habe ich es vorgezogen dieselben direct nicht als Functionen der Temperatur zu bestimmen,

sondern als Functionen eben der Spannkkräfte des Dampfes aus reinem Wasser. Die Darstellung dieser Functionen bietet Fig. 4 Taf. V, in der die Spannkkräfte des Dampfes aus reinem Wasser auf der Abscissenaxe, die jeder Spannkraft entsprechende Verminderung für 1 Proc. Salz in 50 fachem Maafsstabe als Ordinaten aufgetragen sind. Für Zucker habe ich den Maafsstab noch verzehnfacht, da bei diesem die Gröfsen sonst noch zu klein geblieben wären. Von den verzeichneten Curven ist *OA* die für Kochsalz, *OB* die für Glaubersalz, *OC* die für Kalisalpeter, *OD* die für Natronsalpeter, *OE* die für Chlorkalium, *OF* die für schwefelsaures Kali, *OG* die für Rohrzucker.

12. Man sieht sofort, dafs nur zwei der untersuchten Salze, Kochsalz und Glaubersalz, dann einem einfachen Gesetze folgen, dafs sie in allen Temperaturen die Spannkraft in demselben Verhältnisse vermindern. Die Curven, welche die Verminderungen darstellen sind daher hier gerade Linien. Die übrigen Salze weichen mehr oder weniger davon ab, und zwar drei, salpetersaures Natron, salpetersaures Kali und Chlorkalium, indem die durch sie hervorgebrachten Verminderungen der Spannkkräfte rascher wachsen als die Spannkkräfte selbst; die Curven, welche dieselben darstellen, wenden daher der Abscissenaxe ihre convexe Seite zu. Die beiden anderen untersuchten Stoffe, einfach-schwefelsaures Kali und Zucker, weichen nach der entgegengesetzten Seite ab; die durch sie erzeugten Verminderungen nehmen bei steigender Temperatur nicht so schnell zu als die Spannkkräfte des reinen Wassers. Die Curven, welche den Verlauf derselben zeigen, wenden daher der Abscissenaxe ihre concave Seite zu.

Um den mathematischen Ausdruck dieser Curven zu erhalten, wandte ich die einfachste Form der Interpolationsausdrücke an, nach steigenden Potenzen der Veränderlichen voranschreitende Reihen. Die Coëfficienten für Kochsalz und Glaubersalz bestimmte ich als den Mittelwerth der Quotienten der Verminderungen getheilt durch die entsprechenden Spannkkräfte. Für Salpeter wandte ich die Methode der kleinsten Quadrate an, für die anderen Salze berechnete

ich die Coëfficienten aus einzelnen beobachteten Werthen. Ich glaubte die langwierigen Rechnungen nach der Methode der kleinsten Quadrate da umgehen zu können, weil der genauere numerische Ausdruck von geringerem Interesse ist, da der auf einfacherem Wege erhaltene hinreicht, die vorhandenen Unterschiede deutlich zu machen. Die auf diese Weise erhaltenen Gleichungen sind folgende:

I.	Für Kochsalz	$V=0,00601 T$
II.	„ Glaubersalz	$V=0,00236 T$
III.	„ salpetersaur. Natr.	$V=0,00315 T+0,000000907 T^2$
IV.	„ Chlorkalium	$V=0,00390 T+0,000000538 T^2$
V.	„ einf. schwefels. Kali	$V=0,00383 T-0,0000019 T^2$
VI.	„ salpeters. Kali	$V=0,00196 T+0,00000108 T^2$
VII.	„ Rohrzucker	$V=0,00074 T-0,00000012 T^2$

worin V die der Spannkraft T entsprechende Verminderung derselben durch ein Theil Salz auf 100 Wasser bedeutet. Nach diesen Formeln sind die als berechnet angegebenen in den letzten Columnen der Tabellen enthaltenen Zahlen erhalten.

Es wird auffallend erscheinen, daß in den niederen Temperaturen die Differenzen zwischen den aus den Beobachtungen und den hiernach berechneten Werthen durchgängig in demselben Sinne liegen, so daß die beobachteten Werthe außer bei Chlorkalium und Chilisalpeter stets etwas zu groß sind. Es hat dieses seinen Grund in der bereits §. 3 erwähnten Fehlerquelle, die bei den bisherigen Angaben unbeachtet gelassen werden konnte. Ich bemerkte dort, daß bei aller Vorsicht ein Fehler dadurch hätte entstehen müssen, daß eine Salzlösung weniger Luft absorbiert enthält als reines Wasser, die Salzlösungen selbst aber um so weniger, je mehr Salz sie enthalten. Ersteres bewirkt, daß die Spannkraft des Wasserdampfes dadurch etwas vergrößert wird, die Verminderungen daher zu groß ausfallen müssen, letzteres, daß bei Vergleichung der Verminderungen untereinander der Fehler nicht bemerklich wird. Je größer nun die Spannung des Dampfes wird, um so mehr tritt dieser Fehler zurück, er wird in höheren Temperaturen daher unmerklich.

Dafs dieses der Grund ist, beweist auch der Umstand, dafs bei Chlorkalium und salpetersaurem Natron der Fehler in entgegengesetztem Sinne auftritt. Die Salze wurden zusammen untersucht; als ich nun dabei die Röhren nach der §. 3 erwähnten Vorsicht aus dem Apparate losnahm, um die Luftbläschen, welche die Verminderung des Drucks aus den Flüssigkeiten entbunden hatte, zu entfernen, verunglückte das Wasserrohr. Bei der neuen Instandsetzung brachte ich nun, weil die Lösungen einen Theil der Luft abgegeben hatten, neuerdings gekochtes Wasser in das Barometer. Dasselbe war luftfreier als die Lösungen, daher sind die beobachteten Werthe der Verminderungen, soweit der Fehler überhaupt von Einfluß ist, zu klein. Dafs übrigens eine gröfsere Genauigkeit in den Formeln die berechneten Werthe den beobachteten noch mehr anschliessen würde, unterliegt keinem Zweifel.

13. Die berechneten Ausdrücke haben ihre Gültigkeit nur zwischen den beobachteten Temperaturgränzen. Für Kochsalz und Chlorkalium schliessen sie sich jedoch auch in höheren Temperaturen anderweitig vorliegenden Beobachtungen an. Ich habe leider keine Versuche in höhern Temperaturen als der des siedenden Wassers anstellen können, es zeigt sich dieses jedoch, wenn ich durch Umkehren der Formeln die Siedepunkte der Lösungen berechne und diese mit den Angaben Legrand's ¹⁾ vergleiche. So erhalte ich für den Siedepunkt einer gesättigten Kochsalzlösung (41,2 Theile Salz auf 100 Wasser) $108^{\circ},1$ C., während Legrand denselben zu $108^{\circ},6$ angiebt. Für Chlorkalium erhalte ich als Siedepunkt einer Lösung, welche 60 Theile Salz enthält auf 100 Wasser den Siedepunkt 109° C., während Legrand für eine Lösung von 59,4 Theilen Salz in 100 Wasser die Temperatur $108^{\circ},55$ C. angiebt.

Bei den andern von mir untersuchten Salzen, für welche zugleich von Legrand ausgedehnte Siedepunktsbestimmungen vorliegen, zeigt sich diese Uebereinstimmung nicht, es sind salpetersaures Kali und Natron. Berechnet man für

1) *Ann. de chim. et de phys.* LIX, 423.

diese Salze aus Legrand's Beobachtungen die Verminderungen der Spannkraft, welche ein Theil Salz in der entsprechenden Temperatur hervorbringen würde, so zeigt sich in dem Verlaufe der Verminderungen in diesen Temperaturen überhaupt ein anderes Gesetz. Ich setze die Zahlen her, weil sie das interessante Resultat enthalten, daß die durch salpetersaures Kali hervorgebrachten Verminderungen über 100° C. wieder abnehmen, während sie für salpetersaures Natron, bis 122° C. wenigstens, äußerst langsam zunehmen.

Die von mir aufgestellte Formel giebt als Verminderung der Spannkraft durch 1 Theil salpetersaures Kali auf 100 Wasser bei $100^{\circ},8$ C. $2^{\text{mm}},18$; daran schließt sich der nach den Beobachtungen von Legrand berechnete bei $101^{\circ},2$ C. mit $2^{\text{mm}},27$, unmittelbar an.

Temperatur.	Verminder. 1 Proc.
$100^{\circ},8$ C.	$2^{\text{mm}},18$
$101^{\circ},2$	$2^{\circ},27$
$102^{\circ},2$	$2^{\circ},16$
$103^{\circ},2$	$2^{\circ},03$
$104^{\circ},2$	$1^{\circ},94$
$105^{\circ},2$	$1^{\circ},87$
$106^{\circ},2$	$1^{\circ},83$
$107^{\circ},2$	$1^{\circ},78$
$108^{\circ},2$	$1^{\circ},76$
$109^{\circ},2$	$1^{\circ},72$
$110^{\circ},2$	$1^{\circ},71$
$111^{\circ},2$	$1^{\circ},70$
$112^{\circ},2$	$1^{\circ},68$
$113^{\circ},2$	$1^{\circ},68$
$114^{\circ},2$	$1^{\circ},67$
$115^{\circ},2$	$1^{\circ},66$
$116^{\circ},1$	$1^{\circ},65$

Würde man vermittelt dieser Werthe, die in Fig. 4, Taf. V für Salpeter gegebene Curve weiter führen, so würden hiernach die Verminderungen durch Salpeter bei $101^{\circ},2$ C. ihren höchsten Werth erreichen, die Curve dort einen Rückkehrpunkt besitzen und von da an anfangs rascher gegen

die Abscissenaxe fallen, derselben immer ihre convexe Seite zukehrend, um, wie es scheint, in höheren Temperaturen der Abscissenaxe parallel zu werden.

Die aus den Siedepunktsbestimmungen von Legrand berechneten Werthe für die Verminderungen durch salpetersaures Natron schliessen sich ebenfalls direct an die von mir bei 100°,3 C. berechnete an und zeigen folgenden Verlauf:

Temper.	Vermind. 1 Proc.	Temper.	Vermind. 1 Proc.
100°,3 C.	2 ^{mm} ,90	111°,3 C.	3 ^{mm} ,23
101,3	2,98	112,3	3,25
102,3	3,03	113,3	3,28
103,3	3,04	114,3	3,31
104,3	3,06	115,3	3,35
105,3	3,08	116,3	3,36
106,3	3,11	117,3	3,35
107,3	3,14	118,3	3,39
108,3	3,17	119,3	3,41
109,3	3,19	120,3	3,43
110,3	3,21	121,3	3,46

Die Curve, welche das Gesetz der durch Natronsalpeter hervorgebrachten Verminderungen der Spannkraft darstellt, würde also hiernach bei 100° C. einen Beugungspunkt haben, und in höheren Temperaturen ihre concave Seite der Abscissenaxe zuwenden.

Für die übrigen von mir untersuchten Salze habe ich leider keine Angaben vorgefunden; weitere Untersuchungen müssen daher sowohl über deren Verhalten, sowie überhaupt über das Verhalten der Salze in höheren Temperaturen Aufschluss ertheilen.

14. Aufser den beiden bisher beantworteten Fragen, nach dem Verhalten der Verminderungen bei Anwendung verschiedener Mengen Salz in derselben Temperatur, und nach dem Verlaufe der durch eine gewisse Quantität Salz hervorgebrachten Verminderungen in verschiedenen Temperaturen, haben wir an die erhaltenen Zahlen noch eine dritte Frage zu stellen, nämlich die, ob sich bei Vergleichung der

durch die verschiedenen Salze veranlafsten Verminderungen der Spannkraft irgend was gesetzmäßiges zeige, ob also eine Relation existire zwischen der durch ein Salz veranlafsten Verminderung der Spannkraft und sonstigen Eigenschaften desselben. Die erhaltenen Zahlen enthalten jedoch in Bezug darauf nur negative Resultate. Zunächst folgt aus dem in dem Früheren entwickelten, daß ein Vergleich der Größe der durch die verschiedenen Salze hervorgebrachten Verminderungen überhaupt nicht zulässig ist, weil dieselben zu einander nicht in einem constanten Verhältnisse stehen; so ist z. B. die durch salpetersaures Kali hervorgebrachte Verminderung unter 80° kleiner als die durch eine gleiche Menge Glaubersalz veranlafste, über 80° C. jedoch größer. Aehnliches zeigt sich bei andern Salzen. Daraus folgt dann weiter, daß eine Beziehung zwischen der Verminderung der Spannkraft und den Eigenschaften oder Zahlen der Salze, welche mit der Temperatur sich nicht ändern, überhaupt nicht stattfinden kann.

Von den Eigenschaften der Salze, welche mit der Temperatur sich ändern, ist allein die Löslichkeit der Salze genau untersucht; und zugleich liegt es wohl am nächsten zwischen dieser und der Verminderung der Spannkraft irgend welchen Zusammenhang zu vermuthen, da sie beide doch Aeufserungen irgend welcher Verwandtschaft des Wassers und der Salze zu seyn scheinen. Es zeigt sich jedoch das Gegentheil. Kochsalz, das in allen Temperaturen nahezu dieselbe Löslichkeit besitzt, vermindert in allen Temperaturen die Spannkraft in demselben Verhältnisse; eben dasselbe thut Glaubersalz, das die abnormsten Löslichkeitsverhältnisse zeigt. Salpetersaures Kali löst sich bei 100° C. ungefähr dreimal so stark als bei 50° C., das Verhältniß der Verminderung zur Spannkraft nimmt nur zu wie 10:13. Aehnliches zeigen Chilisalpeter und Chlorkalium. Einfach schwefelsaures Kali und Zucker dagegen verhalten sich entgegengesetzt. Ihre Löslichkeit nimmt ebenfalls mit steigen der Temperatur zu. Die durch sie hervorgebrachte Verminderung ist jedoch in niederen Temperaturen ein grö-

fserer Bruchtheil der Spannkraft des reinen Wassers als in höheren. Alles dieses beweist, daß Löslichkeit und Verminderung der Spannkraft durchaus nichts mit einander gemein haben, daß sie Aeufserungen ganz verschiedener Beziehungen des Salzes zum Wasser sind.

Aufser der Löslichkeit liegt es nahe, mit den durch die Salze veranlaßten Verminderungen der Spannkraft des Dampfes die Contractionen der Lösungen zusammenzustellen; es ist diese Eigenschaft bisher jedoch noch nicht hinlänglich bekannt, um eine Vergleichung durchführen zu können.

15. Der physikalische Grund der Verminderung der Spannkraft des Wasserdampfes durch gelöste Salze im Allgemeinen ist nicht schwer anzugeben; es dürfte darüber wohl kaum Zweifel vorhanden seyn. Wenn Wasser in Dampf verwandelt werden soll, so hat die Wärme die Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen zu überwinden, beim Sieden außerdem noch den hydrostatischen Druck der umgebenden Flüssigkeit. Bei der Temperatur 100° hat dann der Dampf die dem Drucke einer Atmosphäre entsprechende Dichtigkeit und Spannkraft von 760^{mm} .

Lösen wir in dem Wasser nun Salze, so vertheilen sich die Salztheilchen gleichmäfsig in demselben und es bilden sich Molecülgruppen, in denen die Salztheilchen auf die ihnen benachbarten Wassertheilchen anziehend wirken. Aus zwei Gründen wird dann die Spannkraft der Lösung bei gegebener Temperatur eine kleinere als die des reinen Wassers seyn. Zunächst muß der sich bildende Dampf wegen des größeren Widerstandes, den die Flüssigkeit der Aenderung des Aggregatzustandes entgegensetzt, (da bei der Dampfbildung, aufser dem hydrostatischen Drucke und der Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen, die gemeiniglich viel bedeutendere Wirkung der Salz- auf die Wassertheilchen zu überwinden ist) schon eine geringere Spannkraft besitzen. Dieselbe wird aber noch dadurch vermindert, daß auch der schon gebildete Dampf nach Beobachtungen des Hrn. Magnus ¹⁾ noch

1) Pogg. Ann. Bd. 61, S. 249.

dem Einflusse der Salztheilchen unterliegt. Hr Magnus fand, dafs eine Kochsalzlösung zu siedendem Wasser gebracht, sofort die Spannkraft des Dampfes um ein Bedeutendes verminderte. Daraus geht hervor, dafs das Salz den Dampf als solchen noch anzieht.

Ganz dasselbe mufs nun aber auch im Innern einer verdampfenden oder siedenden Lösung stattfinden, so dafs auch im Innern der Lösung der Dampf keine höhere Dichtigkeit und Spannkraft besitzen kann. Daraus folgt dann, dafs der Dampf, der aus einer Lösung beim Verdampfen oder Sieden sich entwickelt, die Temperatur der Lösung besitzen mufs. Denn da der Dampf im Innern keine gröfsere Dichtigkeit und Spannkraft besitzt als aufserhalb, so ist keine Ausdehnung und in Folge dessen keine Abkühlung des Dampfes möglich. Wie trotzdem die von Rudberg beobachtete, von Hrn. Regnault bestätigte Temperaturerniedrigung des Dampfes aus einer siedenden Salzlösung auf 100°C . zu erklären sey, darüber bedarf es noch Versuche, welche alle dabei in Betracht kommenden Umstände aufklären, da selbst die von Hrn. Regnault gegebene Erklärung nicht hinreichend ist.

Bietet also die Erklärung der Erscheinung im allgemeinen keine grofsen Schwierigkeiten, so können wir uns doch, bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse der Molecularkräfte, über die Einzelheiten derselben noch nicht in gleicher Weise Rechenschaft geben.

1) *Compt. rend. T. XXXIX, p. 311.*

4.

5. *Tab. V*
W 60 mm.
750 mm.