IV. *Untersuchungen über das Maximum der Dichtigkeit bei Flüssigkeiten;*
von Hrn. C. Despretz.

(Ein in den *Compt. rend.* 1837, I, p. 124 und 435, mitgetheilte Auszug.)

Diese Arbeit, sagt der Verfasser, zerfällt in zwei Theile. Diese erste Abhandlung enthält eine Reihe von Versuchen über die Bestimmung der Temperatur des Dichtigkeits-Maximums bei reinem Wasser, und über die Ausdehnung dieser Flüssigkeit von diesem Maximum an bis zum Siedpunkt und andererseits bis -13° C. Die zweite besteht aus den Resultaten der Untersuchungen über das Dichtigkeits-Maximum beim Meerwasser und über den allgemeinen Gang des Phänomens bei wässrigen, salzigen, sauren, alkalischen und alkoholischen Lösungen von verschiedenem Grade der Concentration.

Auszug aus der ersten Abhandlung.

Seit 1832 und 1833 habe ich mich mit diesen Gegenständen beschäftigt, und einige Resultate der Academie vorgelegt. Seit jener Zeit habe ich die Versuche wiederholt und abgeändert, so daß ich glaube zu sichereren und allgemeineren Resultaten gelangt zu seyn. Ich habe nachgewiesen, daß alle Salzlösungen, wie das reine Wasser, ein Maximum der Dichtigkeit besitzen, wiewohl ich anfangs nur sehen wollte, ob das Meerwasser ein Maximum besitze oder nicht. Bekanntlich haben Hr. Marcet in Genf und Hr. Erman in Berlin, die einzigen Physiker, welche sich in neuerer Zeit mit dergleichen Versuchen beschäftigten, kein Maximum gefunden; den Grund davon wird man in der zweiten Abhandlung finden. Die Lösung dieser Aufgabe ist, wegen der Temperatur-Erscheinungen in den Polar- und Aequinoxial-

Meeren von Interesse, und nicht minder wichtig ist die Untersuchung über das reine Wasser, weil sie mit der Bestimmung des Gramms in Verbindung steht, und weil ich gesehen, daß alle Physiker, die sich mit diesem stacheligen Gegenstande beschäftigten, eine ziemlich große Unbestimmtheit übrig gelassen haben. Hr. Hällström, dem man die neueste Arbeit über diesen Gegenstand verdankt, hat durch jedes Verfahren eine andere Zahl gefunden, und so giebt er $4^{\circ},85$ und $3^{\circ},4$ als Grenzen. Die Zahl, bei welcher dieser Physiker nach einer ausführlichen Erörterung der bekannten Resultate stehen bleibt, ist $4^{\circ},1 \pm 0^{\circ},3$ ¹⁾. Man sieht, welche Unsicherheit diese Arbeit übrig läßt. Ich spreche nicht von Herrn Rudberg, welcher der Stockholmer Academie dieselbe Zahl übergeben hat, als die, welche ich vor mehr als einem Jahre der Pariser Academie mittheilte.

Viererei Methoden sind bisher zu Versuchen dieser Art angewandt. Anscheinend die einfachste besteht darin, daß man einen Körper in Wasser von verschiedenen Temperaturen wägt. Die Nothwendigkeit, die Flüssigkeit umzurühren, um die Wärme gleichmäßig zu vertheilen, macht aber diese Methode schwer ausführbar, weil dieses Umrühren nothwendig die Wage in Bewegung setzt. Lefebvre-Gineau, Hällström und andere Physiker haben sie angewandt.

Bei der zweiten wägt man ein und dasselbe Gefäß voll Wassers von verschiedenen, dem Maximum nahe liegenden Temperaturen. Blagden und Gilpin haben diese Methode angewandt. Auch sie habe ich versucht und vielen Proben unterworfen; sie ist nicht sehr empfindlich. Dieser letztere Vorwurf kann auch der ersten Methode gemacht werden.

Natürlich müßte man glauben, daß die Refraction ein sehr empfindliches Mittel darbieten würde. Allein aus den Versuchen des Hrn. Arago weiß man, daß

1) Hr. D. kennt offenbar nicht die letzte Abhandlung, *Annalen*, Bd. XXXIV S. 220. P.

das Wasser, während es sich beim Erkalten ausdehnt, das Licht immer stärker bricht. Diese Thatsache, welche nicht weniger auffallend ist als das Maximum selbst, schließt die Refraction von dieser Untersuchung aus.

Man könnte die Temperatur des Maximums auch noch mit Hülfe der von Hrn. Savart entdeckten Beziehung zwischen der Temperatur und dem Durchmesser der Wasserstrahlen (*nappes*) bestimmen; allein dieses Verfahren würde eine große Gewandtheit in den Versuchen über den Ausfluß des Wassers verlangen.

Das Verfahren, welches mir am zweckmässigsten erschien, ist die Vergleichung zwischen dem Gange eines Wasserthermometers und dem eines Quecksilberthermometers. Zu dem Ende verfertigte ich sechs Wasser- und vier Quecksilberthermometer. Alle diese Instrumente waren in gleiche Volumtheile getheilt. Um den Fehler zu zerstören, der aus einer kegelförmigen Gestalt der Röhren entspringen konnte, richtete ich es so ein, daß die Veränderung in der Größe des Durchmessers bald in einem, bald in dem anderen Sinne ging. Bei den ersten Versuchen stellte ich die Instrumente mitten in eine Flüssigkeit, kühlte diese langsam ab, und wenn das scheinbare Maximum überschritten war, überließ ich den Apparat der wärmenden Wirkung der umgebenden Körper; er erwärmte sich und kam auf den Ausgangspunkt zurück. Indem ich den Versuch so anstellte, daß die Erwärmung gleichen Schritt ging wie die Erkaltung, vermied ich dem Fehler, der aus einem Mangel von Coincidenz zwischen dem Wasser- und dem Quecksilberthermometer entsprungen seyn konnte. Das erstere blieb immer hinter dem letzteren zurück. Ueberdies schwächte ich diese Fehlerquelle sehr, indem ich das Mittel aus den erhaltenen Resultaten nahm. Dessenungeachtet zog ich es vor, bei dem statischen Zustand zu beobachten.

Nach mehren Versuchen, die zu beschreiben unnütz wäre, wählte ich folgenden Apparat.

Derselbe besteht aus einem cylindrischen Gefäß von Kupfer, ähnlich einer großen Eprouvette. In diesem Gefäße sind zwei Wasser- und drei Quecksilberthermometer aufgehängt. Die beiden ersten wechseln mit den letzteren ab. Das Gefäß ist durch einen Pfropfen verschlossen, um den Zutritt der äußeren Luft abzuhalten. Es steht in einem größeren irdenen Gefäß, gefüllt mit einer Mischung von verschiedenen Temperaturen, von $+16^{\circ}$ C. bis zum Gefrierpunkt des Wassers, der bald bei -5° , bald bei -10° , zuweilen bei -15° und selbst bei -20° C. eintritt. Wir erinnern, daß schon Hr. Gay-Lussac das Wasser bei -12° C. flüssig bleiben sah.

Ein jeder Versuch dauerte 8 bis 10 Stunden, während welcher Zeit 8 bis 10 Zahlen abgelesen wurden.

Man verzeichnete die Curve der scheinbaren Ausdehnung, darauf zog man an ihr eine Tangente parallel der Linie der Ausdehnung des Glases; denn das Maximum ist offenbar der Punkt, wo die wahre Ausdehnung des Wassers Null ist, d. h. wo die beobachtete scheinbare Ausdehnung gleich ist dem von der Zusammenziehung des Glases bewirkten Effect. Wir würden das Maximum auch durch die Rechnungsmethode haben fixiren können, welche Hr. Biot in seinem *Traité de physique* befolgt hat; allein wir haben die graphische Methode vorgezogen, welche vielleicht den Gang der Resultate noch besser anzeigt.

Die Bestimmung des wahren Maximums erfordert die Kenntniß der Ausdehnung des Glases. Da die Zusammensetzung dieser Substanz mehr oder weniger ungleich ist, so mußten wir bei den Röhren selbst, aus denen die Thermometer gebildet waren, die Ausdehnung bestimmen. Wir haben sie gefunden:

zwischen 28° und 100° C. $= 0,0000258$

- 0 - 28 - $= 0,0000255$

- 0 - 100 - $= 0,0000257$

welche letztere Zahl nur in der dritten Ziffer um eine Einheit von der durch die HH. Dulong und Petit gefundenen abweicht. Die Ausdehnung des Glases wächst, also von 0° bis 100° . Allein der von Hrn. Hällström angegebene Anwuchs ist offenbar zu groß, nicht allein weil er sehr von dem von uns gefundenen abweicht, sondern weil er mit dem allgemeinen Gang der Ausdehnung, wie er von den angeführten beiden Physikern nachgewiesen ist, im Widerspruch steht.

Das von uns beschriebene Verfahren hat noch den Vortheil, daß es alleinig anwendbar ist auf Wasser von niederen Temperaturen, und auf Lösungen, deren Maximum unter dem Punkt ihres Gefrierens bei Erschütterungen liegt, was bei allen etwas concentrirten Lösungen der Fall ist.

Das Maximum läßt sich noch durch ein von der Ausdehnung des Glases unabhängiges Verfahren bestimmen. Diefes Verfahren beruht darauf, daß in einer Flüssigkeit, deren Schichten ungleiche Temperatur besitzen, die Theilchen, welche die Temperatur des Maximums haben, niedersinken, während die übrigen sich erheben. Diefes, schon von Hope, Tralles, Rumford und Hällström ¹⁾ angewandte Verfahren haben wir bedeutend abgeändert. Letzterer glaubte, wegen Nichtübereinstimmung seiner Resultate, diese Methode verwerfen zu müssen. Und in der That ist sie, wie jener Physiker sie ausgeführt hat, mehr geeignet das Daseyn des Maximums zu erweisen, als die Temperatur desselben genau zu bestimmen.

Folgendes ist kurz das von uns angewandte Verfahren.

Wir nahmen ein Fayence-Gefäß, welches sechs Liter faßte; ein größeres Gefäß würde zu viel Zeit erfordert haben, weil dieses sich in der Luft nur um einige Grade in fünf Stunden erkaltete; die Temperatur dieses Wassers war einige Grade unter Null. Ein klei-

1) Annal. Bd. IX S. 530.

neres Gefäß, eine Eprouvette z. B., würde sich zu rasch erkaltet haben, folglich würde die von den Thermometern angezeigte Temperatur zu sehr von der wirklichen des Wassers verschieden gewesen seyn.

Vier Thermometer lagen, mit ihrem Stiele durch die Wand des Gefäßes gesteckt, horizontal in Einer Vertical-Ebene. Zwei, nämlich das erste und dritte, befanden sich auf einer Seite, die beiden andern, nämlich das zweite und vierte, auf der gegenüberliegenden. Die Mitte der Kugel jedes Thermometers befand sich in der Axe des Gefäßes. Der Abstand zwischen dem ersten Thermometer und dem Boden des Gefäßes war 54 Millimeter, und eben so groß war der zwischen je zwei Thermometern. Die gesammte Höhe des Gefäßes betrug 270 Millimeter und der Durchmesser 160 Millimet.

Das Gefäß hing an drei gleich langen Schnüren, also mit seiner Axe senkrecht. Es wurde, je nachdem man mit einer Erwärmung oder Erkaltung experimentiren wollte, mit Wasser von höherer oder niedrigerer Temperatur als die umgebende Luft gefüllt, und darauf mit einem Deckel von Fayence verschlossen; dann wurde der Stand eines jeden Thermometers von Minute zu Minute aufgezeichnet. Endlich wurde die Temperatur-Curve gezeichnet, und dabei die Zeit zur Abscisse, die Temperatur zu den Ordinaten genommen.

Bekanntlich ist unterhalb seines Maximums das Wasser unten wärmer als oben, und umgekehrt verhält es sich oberhalb seines Maximums. Man sollte demnach glauben, daß die Temperaturcurven sich in einem einzigen Punkt schnitten, welcher die Temperatur des Maximums vorstellte. Dem ist aber nicht also. Nahe beim 4ten Grad schneiden sich die Curven in vielen Punkten. Auf folgende Weise erhielt ich das Maximum. Ich nahm:

1) Das Mittel aus allen Temperaturen, bei denen die Curven plötzlich ihre Richtung ändern.

2) Das Mittel aus den den Durchschnittspunkten entsprechenden Punkten.

3) Das Mittel der Punkte, wo die nach den Mitteltemperaturen gezeichnete Curve die vier andern Curven schnitt.

4) Endlich das Mittel aus diesen drei Resultaten.

Man sieht, dafs die Methode von Tralles, so abgeändert, zu einem sichereren Resultate führen mufs als man bisher erhielt.

Das Mittel zweier Erwärmungs-Versuche gab $= 4^{\circ},058$ C. Allein da die Thermometer für eine verticale Stellung graduirt waren, und sie in horizontaler Lage beobachtet wurden, so war wegen des Quecksilberdrucks eine kleine Berichtigung nothwendig, und eine zweite wurde wegen der Wirkung der Luft auf den Stiel der Thermometer erfordert. Beide Berichtigungen, deren Werth durch Versuche ermittelt wurde, reducirten dieses Mittel auf $= 3^{\circ},969$ C.

Zwei Erkaltings-Versuche gaben, als berichtigtes Mittel, $= 3^{\circ},995$ C. Das Gesamtmittel ist $= 3^{\circ},982$. Der Unterschied $= 0^{\circ},026$ liegt nach der Seite, wo er liegen mufs. Denn beim Zustande der Bewegung, d. h. beim Zustande des Erwärmens und Erkaltings, wird die Temperatur einer Flüssigkeit nicht genau von einem Thermometer angezeigt. Wenn die Flüssigkeit erkaltet, zeigt das Thermometer zu viel, wenn sie sich erwärmt, dagegen zu wenig. Die Verzögerung ist desto gröfser, je schneller die Bewegung der Wärme ist. Ueberdies hat die Genauigkeit einer Reihe Versuche desto mehr Wahrscheinlichkeit, als die partiellen Resultate, aus denen man das wahre Resultat ableitet, weniger von einander abweichen. Diese Bedingung scheint aber durch unsere Versuche erfüllt zu seyn, weil der Unterschied zwischen dem gröfsten und kleinsten Resultat nur $0^{\circ},026$ C. beträgt.

Hr. Hällström erhielt zwar bei der Erwärmung
eine

eine kleinere Zahl als bei der Erkaltung, allein da der Unterschied $1^{\circ},3$ betrug, so glaubte er, diese Methode sey nicht sehr genau.

Wenn man, statt das Mittel aus den Temperaturen über 4° C. und denen darunter zu nehmen, das Mittel aus allen, Einer Curve angehörigen Temperaturen nimmt, so erhält man $3^{\circ},988$ statt $3^{\circ},982$, also Unterschied $0^{\circ},006$.

Die mit den Wasserthermometern, also durch die erste Methode erhaltenen Resultate, waren folgende:

Sieben Versuche mit einer Röhre	$3^{\circ},99$ C.
Sieben - - - andern	$4^{\circ},02$ -
Zwei - - - dritten	$4^{\circ},01$ -
Zwei - - - vierten	$3^{\circ},96$ -

Das Mittel aus diesen 18 Versuchen ist $=4^{\circ}$ C., was bis auf zwei Hundertel mit dem Resultat der vorhergehenden Methode übereinstimmt.

Vor und nach einem jeden Versuch wurde der Nullpunkt der Thermometer geprüft. Diese Prüfung ist durchaus nothwendig, weil der Nullpunkt, selbst bei allen Thermometern sich verändert, wenn sie eine Zeit lang in einer niederen oder hohen Temperatur gehalten worden sind. Wir werden auf diesen wichtigen Gegenstand bei einer anderen Gelegenheit zurückkommen.

Ueber das Maximum der Dichtigkeit des reinen Wassers sind so viel widersprechende Resultate erhalten, daß es nicht unnütz ist zu bemerken, worin die obigen Untersuchungen als der Wahrheit näher kommend betrachtet werden können. Sie haben mich länger als ein Jahr beschäftigt. Ich selbst habe mir alle Instrumente dazu verfertigt. Alle Wägungen wurden mit der größten Sorgfalt gemacht. Aus Furcht vor partiellen Resultaten sind alle Resultate durch Zeichnungen in einem sehr großen Maafsstabe dargestellt. Nur einige Zahlen und einige Curven sind es, die ich der Academie vorlege. Wiewohl man, wegen außerordentlicher Verän-

derlichkeit der Glas-Instrumente, nicht für einen Hundertel eines Grades eintreten kann, so wird man doch bemerken, daß der Unterschied der einzelnen Resultate mit 4° , welcher im Allgemeinen einige Hundertel war, niemals $0^{\circ},1$ überstiegen hat, und daß die beiden Methoden, welche nicht die geringste Beziehung zu einander haben, beinahe dasselbe Resultat geliefert haben. Wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes werde ich indess die Ehre haben, der Academie in kurzer Zeit Versuche vorzulegen, die ich nach einem noch nicht beschriebenen Verfahren, bis zu sehr niederen Temperaturen fortsetzt, angestellt habe.

Diese Abhandlung schließt mit einer Tafel über die Ausdehnung des Wassers, von Grad bis Grad, vom Maximum bis zum Siedpunkt, und vom Maximum bis -13° C. Die Ausdehnung ist unter dem Maximum etwas stärker als über demselben. Von 4° bis 100° beträgt sie 0,013.

Mehre Punkte wurden durch feste Temperaturen geprüft, z. B. durch den Siedpunkt des Aethers, Alkohols u. s. w. Die Dilatationscurve ist, auf einer beträchtlichen Strecke der Skale, fast eine Parabel.

Auszug aus der zweiten Abhandlung.

Die Frage über das Maximum der Dichtigkeit von Salzlösungen, welche mit den Untersuchungen über die Temperatur der Meere in großer Tiefe zusammenhängt, sagt der Verfasser, hat die Physiker seit langer Zeit beschäftigt, ohne daß sie indess hierüber einig geworden wären. Während nämlich, wie Hr. Erman erinnert, Rumford, Marcet und Berzelius nicht glauben, daß das Salzwasser ein Maximum habe, sind Gay-Lussac, Scoresby und Sabine, durch Analogie geleitet, entgegen gesetzter Meinung. Die Wichtigkeit der Frage hat

mehre Physiker veranlaßt zu versuchen, dieselbe durch directe Versuche zu beantworten.

Marcet hat i. J. 1819 in der Londner Gesellschaft eine Abhandlung vorgelesen, in welcher derselbe durch angestellte Versuche nachweist, daß das Meerwasser sich bis zum Gefrieren zusammenzieht. Nur sagt er, unter $-5^{\circ},6$ C., *scheine* ihm, die Flüssigkeit sich auszudehnen.

Hr. Erman, Sohn des gelehrten Secretärs der Berliner Academie, unternahm, in Aufforderung des Hrn. v. Humboldt, eine Untersuchung zu demselben Zweck.

Vier verschiedene Methoden haben diesen geschickten Physiker gelehrt, daß das Meerwasser zwischen $+8^{\circ}$ und -3° kein Maximum habe. Die Wissenschaft besaß schon eine Abhandlung von Blagden, in welchem dieser behauptet, das Maximum senke sich wie der Gefrierpunkt, und behalte von diesem einen gleichen Abstand, wie beim reinen Wasser. Nicht wohl abzusehen ist, wie Hr. Blagden zu diesem Resultat gelangt ist; es steht mit allen Versuchen in Widerspruch, da keiner von ihnen ein Maximum über dem Gefrierpunkt angiebt.

Von den vier Methoden, die in meiner Abhandlung über das Maximum und die Ausdehnung des reinen Wassers beschrieben sind, sagt Hr. Despretz, ist nur eine einzige auf Salzlösungen anwendbar, nämlich die, wobei man den Gang eines Wasserthermometers mit dem eines Quecksilberthermometers vergleicht. Bei den Versuchen mit Salzlösungen tauchte man, wie bei denen mit reinem Wasser, vier mit den Salzlösungen gefüllte Thermometer und vier Quecksilberthermometer in einen großen Eimer, dessen Temperatur man allmähig an sechs bis sieben Punkten erniedrigte, die man fix zu machen suchte. Man verzeichnete nach den scheinbaren Zusammenziehungen und Ausdehnungen eine Curve, und zog an ihr, parallel mit der Ausdehnungslinie des Glases, eine Tangente. Der Tangentialpunkt lieferte die Temperatur des Maximums, d. h. den Punkt, bei dem die Ausdehnung der

Lösung gleich ist der Zusammenziehung des Glases, was offenbar der Punkt ist, wo die wahre Ausdehnung dieser Lösung Null ist. Diefs ist der Uebergang der Zusammenziehung in die Ausdehnung durch Kälte.

Der Verfasser hat nicht eine einzige wäßrige Lösung gefunden, die ihm nicht, entweder über oder unter dem Gefrierpunkt, ein Maximum gezeigt hätte. Lösungen, welche 1 bis 3 Hundertel fester Substanz enthalten, gehören zu dem ersten Fall; die mehr enthalten, zu dem letzteren.

Jeder kann für irgend eine wäßrige Lösung das Daseyn ihres Maximums nachweisen. Dazu braucht man nur ein Thermometer mit der Lösung zu verfertigen und die Temperatur etwas langsam zu erniedrigen. Man sieht dann die Lösung bis zu einem gewissen Punkt sich zusammenziehen, und dann bei fernerer Erkaltung sich regelmäfsig ausdehnen.

Da diese Versuche, nachdem das Daseyn des Maximums bei irgend einer Salzlösung nachgewiesen ist, sehr mühsam und langweilig sind, so hat der Verfasser sich begnügt, sie auf elf Substanzen auszudehnen, auf Meerwasser, Chlornatrium, Chlorcalcium, kohlensaures Kali, kohlensaures Natron, schwefelsaures Natron, schwefelsaures Kali, schwefelsaures Kupferoxyd und Alkohol.

Abgesehen vom Meerwasser wurde jede Substanz in sieben Verhältnissen in reinem Wasser gelöst. Jene 10 Substanzen gaben also 70 Lösungen. Die Substanzen wurden so ausgewählt, dafs man den allgemeinen Gang des Phänomens verfolgen konnte; es gab darunter zerfliefsliche, verwitternde und luftbeständige, leicht und schwer lösliche.

Zunächst mögen die Resultate über das Meerwasser angeführt seyn. Anfangs experimentirte ich, sagt Hr. Despretz, mit einem, nach Hrn. Marcet's Analyse künstlich gebildeten Meerwasser; allein später erhielt ich durch Hrn. Arago Wasser, welches Hr. Fréycinet

aus der Südsee geschöpft hat. Bei 20° war das spec. Gew. dieses Wassers $= 1,0273$. Das Mittel aus 12 Versuchen gab $-2^{\circ},55$ C. für die Temperatur des Gefrierens bei Erschütterung. Im Augenblick des Gefrierens kam das Thermometer auf $-1^{\circ},84$ (*de densité* —? —) zurück. Diese Flüssigkeit hat das Maximum ihrer Dichtigkeit bei $-3^{\circ},67$ C.; dies ist das Mittel aus fünf Versuchen mit drei Röhren. Eine Röhre lieferte zwei Mal $-3^{\circ},69$, eine zweite $-3^{\circ},60$ und $-3^{\circ},59$, eine dritte $-3^{\circ},77$ C. Man sieht, warum Hr. Marcet und Hr. Erman das Dichtigkeitsmaximum beim Meerwasser nicht auffanden; sie suchten es über dem Gefrierpunkt, während es mehr als einen Grad darunter liegt.

Für die physikalische Geographie genügt es, die besagte Aufgabe in Bezug auf das Meerwasser gelöst zu haben; allein die Geschichte der Corpuscular-Eigenschaften verlangt eine vollständigere Lösung. Sie verlangt, daß man die Versuche auf eine gewisse Anzahl wässriger Lösungen ausdehne, um so den Gang zu entdecken, welchen das Maximum nimmt, in dem Maasse, als man es, durch Zusatz der gelösten Substanz, weiter hinab-rückt.

Zu dem Ende löste ich verschiedene Substanzen in den Verhältnissen 1, 2, 4, 6, 12 und 24 auf. Jede dieser Substanzen war im Zustande der Reinheit genommen, eine Bedingung, die heut zu Tage leicht zu erfüllen ist. Chlornatrium, Chlorcalcium, kohlensaures Kali und kohlensaures Natron wurden geschmolzen. Das kohlensaure Kali war durch Glühen aus reinem und krystallisiertem Bicarbonat dargestellt. Das schwefelsaure Kupferoxyd wurde krystallisirt angewandt. Da das Wasser keinen wesentlichen Bestandtheil dieses Salzes ausmacht, so wurde es in Abzug genommen, während man das Kalihydrat, die concentrirte Schwefelsäure und den absoluten Alkohol als wasserfreie Substanzen betrachtete, da das Wasser gewissermaßen wesentlich für ihre Zu-

sammensetzung ist, es ihnen durch blofse Hitze nicht genommen werden kann.

Wir wollen einige der erhaltenen Resultate anführen:

Kochsalzlösung.

0,000123 Salz, Gefrierpunkt ¹⁾ b.	—1°,21	Maximum b.	+ 1°,19 C.
0,0246 " " "	- -	- 2°,24	- - 1°,69 -
0,0371 " " "	- -	- 2°,77	- - 4°,75 -
0,0741 " " "	- -	- 5°,10	- - 16°,00 -

Chlorcalcium.

0,0371 Salz, Gefrierpunkt bei	—3°,92	Maximum bei	— 2°,43 C.
0,0741 " " "	- 5°,28	- -	- 10°,43 -

Diese Senkung des Maximums kann nicht das Resultat einer partiellen Gefrierung der flüssigen Masse seyn, weil die Curve, welche die Ausdehnung über und unter dem Maximum darstellt, ganz regelmässig ist, wie es die Zeichnungen zeigen, welche ich der Academie vorlege. Die Gefrierung des kleinsten Theils würde in der Curve das erzeugen, was der Geometer besondere Punkte nennt. Ueberdies kann eine solche partielle Gefrierung kaum eintreten, ohne nicht die Gefrierung fast der ganzen Masse nach sich zu ziehen. Die Uebereinstimmung endlich zwischen den mit der nämlichen Lösung in verschiedenen Röhren gemachten Versuchen schließt jeden Gedanken an Gefrierung aus. Die Kochsalzlösung von 0,0371 z. B. gab mit einem Rohr —4°,80; —4°,73; —4°,76, wovon das Mittel —4°,76 ist. Eine andere Röhre gab —4°,73; —4°,72; —4°,77, wovon das Mittel ist —4°,74, welches von dem ersteren nur um zwei Hundertel abweicht.

- 1) Es sind dies die Temperaturen, welche das Thermometer im Augenblick zeigt, wo die Flüssigkeit auf dem Punkt zu gefrieren steht. Die Temperaturen, welche die wirkliche Gefrierung anzeigen, d. h. die, welche für diese Lösungen das sind, was 0° C. für das Wasser ist, liegen weniger tief.

Man begreift, daß zwischen den einzelnen Versuchen nicht immer eine gleiche Uebereinstimmung herrscht; viele bieten indess nur einen geringen Unterschied dar.

Vergleicht man diese Versuche, so sieht man, daß es weder die löslichsten, noch die den Frostpunkt am meisten verzögernden Salze sind, welche das Maximum am weitesten herabsetzen; Chlorcalcium z. B. bringt das Maximum viel weniger herab als Kochsalz, schwefelsaures Kali weniger als schwefelsaures Natron. Zu diesem Resultat gelangt man, welchen Grad von Concentration die verglichenen Lösungen auch haben mögen.

Folgende zwei Resultate, sagt Hr. Despretz am Schlufs, scheinen mir demnach erwiesen:

1) Das Meerwasser und alle wäfsrigen, weingeistigen, salzigen, sauren und alkalischen Lösungen haben ein Maximum der Dichte.

2) Diefs Maximum sinkt weit schneller hinab, als der Frostpunkt, dessen Veränderung, wie die der Dichte beinahe der Menge der dem Wasser hinzugefügten Substanz proportional ist.

Der Punkt des Maximums hält sich anfangs über dem Frostpunkt, darauf erreicht er ihn, und endlich sinkt er unter ihn hinab. Schon bei sieben Hunderteln Salz, Säure oder Alkali kann das Maximum 12 Grade unter dem Frostpunkt liegen, so daß es nicht möglich ist, dasselbe anders zu entdecken, als dadurch, daß man die flüssige Lösung in engen Röhren einer weit unter dem Frostpunkt liegenden Temperatur aussetzt.