© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Einige neue Modelle der Vanthoff'schen Untersuchungen ozeanischer Salzablagerungen.

Vortrag, gehalten zu Hannover in der Kalisitzung des Niedersächsischen geologischen Vereins am 28. Juni 1913.

Von **E. Jänecke** in Hannover.

Mit Tafel IV und vier Figuren im Text.

Es ist bekannt, daß VAN'T HOFF zur Veranschaulichung seiner Untersuchungen über ozeanische Salzlagerungen ein räumliches Modell benutzt, das sich auf den Raum zwischen drei Achsen verteilt, die von einem Punkte in eigentümlicher Weise in den Raum verlaufen[1]). An Stelle dieses Modelles habe ich vor einigen Jahren ein anderes gesetzt, das leichter vorzustellen ist und auch sonst, z. B. in Bezug auf die sogenannten Krystallisationsbahnen, einige Vorzüge besitzt. Hierüber soll an dieser Stelle berichtet werden.

Die Untersuchungen VAN'T HOFFS sind ja auch dem Geologen bekannt, wenn sie manche allerdings auch wohl nur aus einer gewissen respektvollen Entfernung betrachten. Es liegt das meines Erachtens wohl hauptsächlich daran, daß man in den Untersuchungen vielfach etwas ganz anderes sucht, als was darin enthalten ist. Häufig wird angenommen, daß die Forschungen VAN'T HOFFS sich nur darauf beziehen, die Entstehung der Salzlager aus dem Meerwasser und ihre Schichtenfolge zu erklären, wenn eine ideale Absetzungsfolge der Salze stattgefunden hat. Einen Teil der Forschungen macht dieses gewiß auch aus und die Untersuchungen selbst wurden gerade auch aus diesem Grunde unternommen, aber in der Gesamtdarstellung stellt dies doch nur einen ganz kleinen, man könnte sagen nebensächlichen Teil von VAN'T HOFFS umfassenden Arbeiten dar. Was vielleicht auch noch dazu beiträgt, von den Untersuchungen ein falsches Bild zu geben, ist die zusammen-

[1]) Die drei Winkel, die die Achsen miteinander bilden, betragen 60°, 120°, 120°.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

fassende Darstellung der Versuche in einem räumlichen Modelle. Der Geologe ist dadurch leicht versucht, die ihm geläufigen Anschauungen über Schichtfolge der Gesteine in den Modellen zu suchen, während diese Darstellung schließlich nichts anderes sein will, als ein Ersatz und eine anschauliche Wiedergabe einer großen — tatsächlich unendlich großen — Menge von Zahlenangaben.

Da nicht anzunehmen ist, daß die räumliche Darstellung der Versuche, sowohl die von VAN'T HOFF als die, welche ich ihnen vor 7 Jahren gegeben habe, allgemein bekannt ist, soll zur Erklärung dieser Modelle etwas weiter ausgeholt werden: Die Untersuchungen geben die Löslichkeitsverhältnisse eines Gemisches mehrerer Salze wieder, weshalb nacheinander die Darstellungsformen für die verschiedensten Salzmischungen auseinandergesetzt werden sollen.

Hat man bei einer bestimmten Temperatur destilliertes Wasser in einem Gefäß und schüttet in dieses etwas Kochsalz — Chlornatrium — hinein, so löst es sich beim Schütteln auf. Beim Zusatz von weiterem Salz löst sich immer mehr davon, bis man zu einem Punkte kommt, wo dieses nicht mehr geschieht. Alles jetzt weiter noch zugesetzte Salz bleibt am Boden liegen. Man spricht dann von einem Bodenkörper und einer gesättigten Lösung. Es ist nun bekannt, daß die Menge des sich lösenden Salzes abhängig ist von der Temperatur. Man hat also zwei Zahlengrößen, die miteinander in Beziehung stehen: die Temperatur und die Konzentration der gesättigten Lösung. Die Beziehung zwischen zwei derartigen Größen läßt sich immer auf dem Papiere, also in einer Ebene, bildlich wiedergeben: Man wählt in irgend einem Längenmaßstab gemessen, die eine der veränderlichen Größen als Senkrechte, — Ordinate — die andere als Wagrechte — Abscisse. Meist wird die Temperatur als Ordinate und die Konzentration als Abscisse gewählt. Die Art wie man die Konzentration darstellt: als Gramm Salz im Liter, Gramm Salz in 100 g Mischung oder als Anzahl Grammoleküle Salz auf 1000 Grammoleküle Wasser (wie VAN'T HOFF), oder als Anzahl Grammoleküle Salz auf 100 Grammoleküle Mischung (wie es für die Folge am besten ist), ist an und für sich gleichgültig. Immer hat man zwei Größen, Temperatur und Konzentration, die miteinander in Beziehung zu bringen sind. Man erhält also auf diese Weise auf dem Papiere bestimmte Kurven, die für Kochsalz als Bodenkörper die Sättigung an diesem bei den verschiedenen Temperaturen

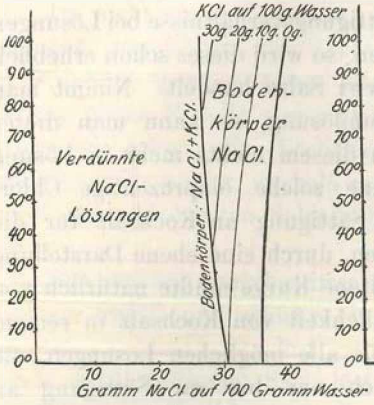
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

angeben. In diesem recht einfachen Falle wäre es auch noch möglich, eine dritte sehr wichtige Größe, den Dampfdruck der gesättigten Lösung, mit in die Darstellung hineinzuziehen, wobei man allerdings schon zu einer räumlichen Darstellung käme. Ohne zu weitläufig zu werden kann hierauf jedoch hier und in folgendem nicht weiter eingegangen werden.

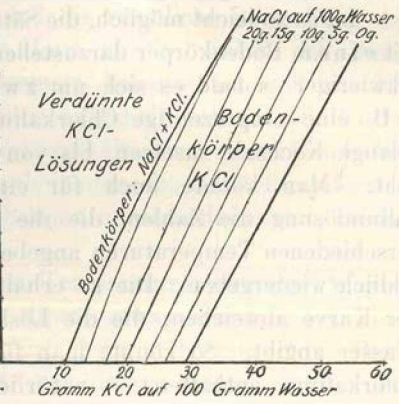
Ist es so leicht möglich, die Sättigungsverhältnisse bei Lösungen mit einem Bodenkörper darzustellen, so wird dieses schon erheblich schwieriger, sobald es sich um zwei Salze handelt. Nimmt man z. B. eine einprozentige Chlorkaliumlösung, so kann man dieser solange Kochsalz zusetzen, bis von diesem nichts mehr in Lösung geht. Man könnte auch für eine solche einprozentige Chlorkaliumlösung die Zahlen, die die Sättigung an Kochsalz für die verschiedenen Temperaturen angeben, durch eine ebene Darstellung bildlich wiedergeben. Die so erhaltene Kurve müßte natürlich von der Kurve abweichen, die die Löslichkeit von Kochsalz in reinem Wasser angibt. So könnte man für alle möglichen Lösungen, die Chlorkalium enthalten — natürlich nur bis zur Sättigung an diesem — die Löslichkeit an Kochsalz angeben. Man erhielte so eine Anzahl Kurven, die die Sättigung an Kochsalz bei verschiedenem Gehalt an Chlorkalium angeben. Ähnlich könnte man die Sättigung an Chlorkalium für verschiedene verdünnte Kochsalzlösungen — bis zur Sättigung auch an diesem — bei den verschiedenen Temperaturen angeben. Alle diese Sättigungszahlen in derselben Ebene in ihrer Beziehung zur Temperatur dargestellt, ergeben eine Schar von Kurven. Man erkennt, daß man zu unterscheiden hat zwischen Lösungen, die nur einen Bodenkörper enthalten — entweder Chlornatrium oder Chlorkalium — und solchen Lösungen, bei denen beide Salze am Boden liegen. Man erkennt auch, daß die Sättigungskurve für eines der beiden Salze — bezogen auf die Temperatur und Konzentrationsachse — erst dann eine bestimmte Bedeutung hat, wenn man weiß, wie groß der Gehalt an dem nicht mit dargestellten Salz ist. Man müßte also noch an jede solche Kurve den Gehalt an dem zweiten Salz als Zahl anschreiben. In den beiden Figuren (1 u. 2) sieht man, wie sich in diesem Falle die Sättigung für die beiden Salze darstellt. Man erkennt, daß es nicht möglich ist, in einer Ebene die Beziehungen zwischen der Sättigung an den beiden Salzen und der Temperatur vollständig und eindeutig darzustellen. Dazu ist aber eine räumliche Darstellung sofort geeignet, denn es handelt sich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

um die Darstellung dreier Größen: zweier Konzentrationsangaben und der Temperatur. Auch hierbei ist wieder die Art der Konzentrationsangaben gleichgültig, immer erhält man eine räumliche Darstellung, wenn man alle Zahlen, die sich auf die Sättigung an beiden Salzen mit der Temperatur beziehen, bildlich



Figur 1.



Figur 2.

Gemischte Lösungen von (Na-K) Cl bei verschiedenen Temperaturen.

wiedergeben will. Eine solche Darstellung ergibt sich z. B. aus den beiden obigen Figuren, wenn man diese als seitliche Projektion auf zwei rechtwinkelig zueinander stehenden senkrechten Ebenen auffaßt.

Wenn man diese Art der Betrachtung fortsetzt, so erkennt man sofort, daß es nicht möglich sein wird in irgend einem Modell gleichzeitig für drei (gleichionige) Salze die Sättigungsbeziehungen bei verschiedenen Temperaturen wiederzugeben, denn es handelt sich alsdann um die Darstellung von vier Größen: drei Konzentrationsbeziehungen und die Temperatur. Man muß sich jetzt also bei der räumlichen Darstellung gewisse Beschränkungen auferlegen. Meist geschieht dieses in der Art, daß man die Temperatur als Variable ausschaltet und sich darauf beschränkt für eine bestimmte Temperatur die Sättigungsverhältnisse zum Ausdruck zu bringen. Vielfach benutzt man alsdann für die Darstellung drei senkrecht aufeinanderstehende Achsen (VAN'T HOFF), indem jede Achsenrichtung sich auf die gelöste Substanzmenge eines der drei Salze in einer konstanten Menge Wasser bezieht. Für gemischte Lösungen ergeben sich dann bei der ge-

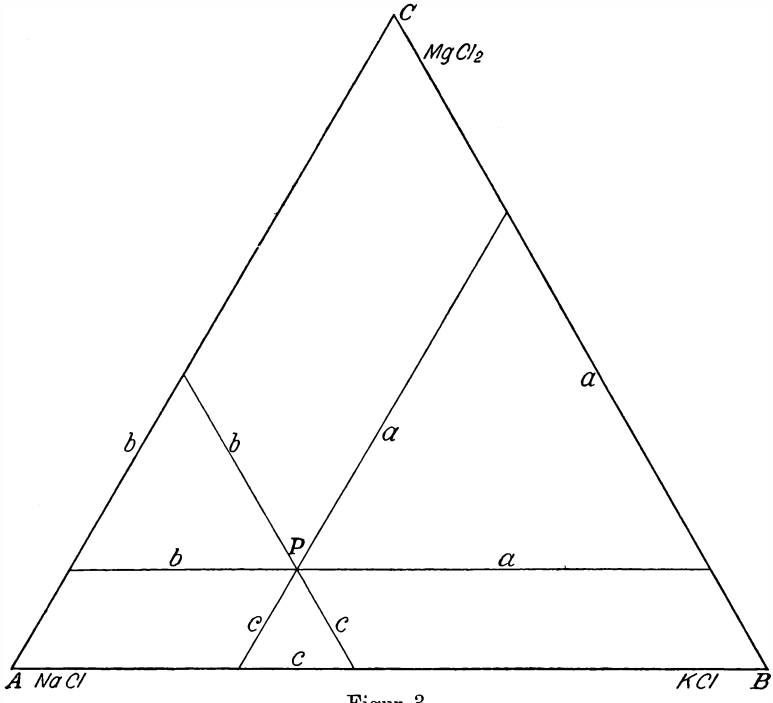
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wählten Temperatur in den rechtwinkeligen Quadranten gewisse Sättigungspunkte, die sich zu einer Sättigungsfläche zusammenschließen. Hat man z. B. die drei Salze: Chlornatrium, Chlorkalium und Magnesiumchlorid, so erhält man für eine bestimmte Temperatur bestimmte Sättigungsflächen für diese Salze, ihre Hydrate und Doppelsalze als Bodenkörper. Um einen Überblick über die verschiedenen Temperaturen zu erhalten, müßte man für **jede** Temperatur alle diese Flächen bestimmen, die dann den Quadranten in gewisser Art erfüllen. An Stelle dieser Konzentrationsdarstellung habe ich vor mehreren Jahren eine andere vorgeschlagen, die im wesentlichen darauf beruht, nicht von einer bestimmten Wassermenge — 100 g oder 1000 Grammoleküle (= 18000 g) — auszugehen und mit dieser Konstanten die Sättigungszahlen für die verschiedenen Salze anzugeben, sondern die Salzmenge konstant zu nehmen — 100 g oder 100 Grammoleküle — und den Wassergehalt als Variable anzunehmen, also die Wassermenge für jede Salzmischung anzugeben, die gerade hinreicht diese zu lösen, indem dadurch eine gesättigte Lösung entsteht. Welche Darstellungsweise man wählt, ist an und für sich gleichgültig, die letztere besitzt gewisse Vorzüge und, da auch meine Modelle der VAN'T HOFF'schen Untersuchungen auf ihr beruhen, soll hier etwas näher darauf eingegangen werden.

In dem Dreiecke A B C (Fig. 3) befinden sich in den Ecken NaCl, KCl und $MgCl_2$. Auf den Kanten kann man alsdann das Mischungsverhältnis zweier Salze und im Innern des Dreiecks das aller drei zum Ausdruck bringen. Das Mischungsverhältnis irgend eines beliebigen Punktes P im Innern sei dargestellt durch die Formel a NaCl, b KCl, c $MgCl_2$; wobei a, b und c, in irgend einem Maße gemessen, den Längen der kleineren Dreiecksseiten der Figur entsprechen. (Will man die Berechnung nach Gewichtsverhältnissen ausführen, so muß man die Zahlen a, b und c mit den Molekulargewichten von NaCl, KCl und $MgCl_2$ multiplizieren.) Die Figur zeigt, daß die Summe $a + b + c$ für jeden Punkt des Dreieckes gleich der Dreiecksseite, also stets dieselbe ist. Setzt man $a + b + c = 100$, so sind a, b und c Prozentzahlen. Man spricht dann von Molekülprozenten und zwar deshalb, weil man stets zusammengenommen 100 Grammoleküle Salze hat. Es zeigt sich in der Figur und durch die Rechnung, daß man zu Mischungen zweier Salze kommt, wenn eine der Zahlen a, b oder c Null ist, und daß man nur eins der Salze erhält, wenn gleichzeitig zwei

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der Werte a, b und c Null sind. Wie man nun bei einer bestimmten Temperatur zu einem Salze Wasser zusetzen kann und bei einer bestimmten Menge hiervon gerade ein Verschwinden des Bodenkörpers beobachtet, so kann man auch bei Zusatz von Wasser zu Mischungen der Zusammensetzung a NaCl, b KCl, c $MgCl_2$ bei



Figur 3.

Darstellung des Mischungsverhältnisses dreier Stoffe (K, Na, Mg) Cl.

einem ganz bestimmten Zusatz ein vollständiges Verschwinden der Salze beobachten. Hierbei besteht aber ein wesentlicher Unterschied. Nimmt man bei einem Salze etwas weniger Wasser als zu vollständiger Lösung nötig ist, so ist natürlich dieses Salz — oder ein Hydrat desselben — der Bodenkörper der so gebildeten Lösung. Wenn dagegen ein Salzgemisch mit etwas weniger Wasser versetzt wird, als zur vollständigen Lösung notwendig ist, so kann je nach dem Mischungsverhältnis der angewandten trockenen Salze der ungelöst bleibende Teil, der Bodenkörper, sehr verschieden sein. Im allgemeinen wird nur ein Salz ungelöst bleiben,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

bei bestimmten Mischungen können aber auch zwei und drei Salze als Bodenkörper übrig bleiben.

Trägt man nun räumlich den Wassergehalt oberhalb des Dreieckes auf, so kann man die Sättigungspunkte der verschiedenen Salze zu Flächen zusammenfassen, die sich mit Nachbarflächen in gewissen räumlichen Kurven durchschneiden. Diese Kurven können wieder zu dreien sich in einem Punkte treffen. Ein solcher räumlicher Punkt entspricht alsdann einer gesättigten Lösung, die drei Bodenkörper enthalten kann. Dieser Lösung würde man jeden der drei Bodenkörper zufügen können, ohne daß sie sich verändert, während den meisten gesättigten Lösungen nur ein Salz — eben der betreffende Bodenkörper — ohne das es gelöst wird zugefügt werden kann.

Den Maßstab für das Wasser in dem räumlichen Modell kann man noch beliebig wählen. Da das Mischungsverhältnis der Salze in Molekülprozenten ausgedrückt wurde, ist es zweckmäßig, auch den Wassergehalt in Molekülen anzugeben. Das Mischungsverhältnis läßt sich dann durch die Formel 100 m H_2O, a NaCl, b KCl (100—a—b) $MgCl_2$ ausdrücken. Durch Variation der Zahlen m, a und b kann man alsdann jeden Punkt in einem dreiseitigen Prisma und damit alle Mischungsverhältnisse dreier gleichioniger Salze mit Wasser räumlich darstellen.

Mit dieser Darstellung hat man es also erreicht, sämtliche Sättigungsverhältnisse dreier gleichioniger Salze bei einer bestimmten Temperatur in einem räumlichen Modell angeben zu können.

Es ist jetzt klar, daß es nicht möglich sein wird, für vier gleichionige Salze durch ein räumliches Modell alle Sättigungsverhältnisse bei einer bestimmten Temperatur zum Ausdruck zu bringen. In ähnlicher Weise aber wie oben bei zwei Salzen auseinandergesetzt wurde, kann man auch hier das vierte Salz mit bei der Darstellungsart in der Art berücksichtigen, daß man nicht reines Wasser als Lösungsmittel benutzt, sondern eine Lösung des vierten Salzes verschiedener Konzentration. Man würde so z. B. für einprozentige, zweiprozentige usw. Lösungen von Chlorcalcium räumliche Modelle der an NaCl, KCl und $MgCl_2$ gesättigten Lösungen erhalten können. Diese Modelle würden umsomehr von dem Modelle mit reinem Wasser als Lösungsmittel abweichen, je konzentrierter an $CaCl_2$ die Lösungen sind. Eine Grenze erfährt diese Darstellungsform dort, wo auch Sättigung an $CaCl_2$-Salzen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

eintritt. Die Sättigung an diesen Salzen tritt bei den NaCl-KCl-$MgCl_2$-Lösungen bei verschiedener Konzentration von $CaCl_2$ ein.

Eine andere besonders wichtige räumliche Darstellung erhält man durch die Bedingung, daß stets an dem vierten Salze, das nicht mit räumlich dargestellt wird, Sättigung herrscht. Außer den durch das Modell unmittelbar angegebenen Salzen ist also stets noch ein Bodenkörper vorhanden, der mit dem vierten Salze in Beziehung steht (entweder dieses selbst oder ein Hydrat oder Doppelsalz). Verbindet man die Punkte, welche das vierte Salz in gleicker Menge gelöst enthalten, so erhält man auf dem Modell gewisse Kurven. Das Modell ist dann vergleichbar der räumlichen Darstellung eines Gebirges, auf dem noch die Werte für gewisse Größen, z. B. für gleiche Temperatur, gleiche Regenmengen oder andere Größen durch Kurven dargestellt sind.

Diese Darstellungsform ist für die von VAN'T HOFF untersuchten Lösungen von besonderer Bedeutung, denn es kommen hierbei stets die Lösungen in Betracht, die gleichzeitig NaCl als Bodenkörper enthalten. Bei diesen Untersuchungen handelt es sich zunächst um die Chloride und schwefelsauren Salze von Na, K, Mg, also um sechs verschiedene Salze, nämlich NaCl, KCl, $MgCl_2$, Na_2SO_4, K_2SO_4, $MgSO_4$[1]). Die Art wie es VAN'T HOFF gelungen ist, diese Salze zu einem räumlichen Sättigungsbilde zusammenzufassen, soll nicht erörtert werden, da hier ja gerade die Modelle gezeigt werden sollen, die sich auf meine im Jahre 1906 gegebene Darstellungsform beziehen. Eine Darstellungsform die auch von VAN'T HOFF mehrfach als eine wesentliche Verbesserung seiner eigenen anerkannt worden ist, und die besonders durch RINNE und BOEKE auch in Kreisen der Geologen und Mineralogen bekannt geworden ist.

Der Grundgedanke derselben ist der, von den beiden Säureresten Cl und SO_4 und den drei Metallen Na, K, Mg, die an der Bildung der sechs Salze: NaCl, KCl, $MgCl_2$, Na_2SO_4, K_2SO_4 und $MgSO_4$ beteiligt sind, nur die drei Werte von K, Mg und SO_4 und zwar als K_2, Mg und SO_4 heranzuziehen und wie in Figur 3 angegeben alle Mischungen als bestehend aus diesen dreien aufzufassen. Die beiden anderen Bestandteile Na und Cl sind nur so

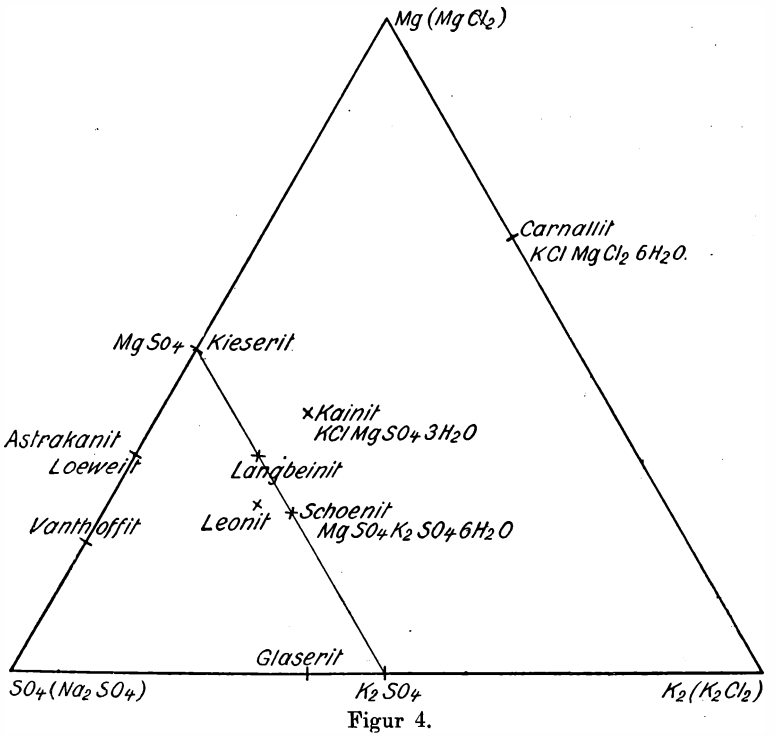
[1]) Die Art, wie man alle diese Lösungen mit Berücksichtigung von NaCl durch eine räumliche Darstellungsform wiedergeben kann, ist von mir in der Zeitschrift für anorganische Chemie angegeben. 1907. 53. 319—326.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

weit zu berücksichtigen, als es nötig ist aus der Mischung K_2, Mg, SO_4 neutrale Salze zu bilden.

Hierdurch ergibt es sich, daß die Ecken SO_4, K_2 und Mg den Salzen $\mathbf{Na_2SO_4}$, $\mathbf{K_2Cl_2}$ und $\mathbf{MgCl_2}$ entsprechen.

Auf der Kante K_2—Mg hat man alsdann nur die Chloride, also KCl und $MgCl_2$ miteinander gemischt. Da es sich um Molekülverhältnisse handelt, folgt, daß im Halbierungspunkt der Kanten Mg—SO_4 und K_2—SO_4 gerade die Salze $MgSO_4$ und K_2SO_4 zu liegen kommen. Die Verbindungslinie dieser beiden Punkte teilt das Dreieck in zwei Teile. Links von ihr muß man Na und



Figur 4.

Dreieckschema der Mischungen (K_2, Mg, SO_4) unter Vernachlässigung von Na und Cl.

rechts Cl mit heranziehen, um neutrale Salze aus den SO_4—K_2—Mg-Mischungen zu bekommen. Man kann die beiden Teile jetzt auch auffassen einerseits als Mischungen der drei Salze Na_2SO_4—K_2SO_4—$MgSO_4$, anderseits als Mischungen des sogenannten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

reziproken Salzpaares $K_2Cl_2 + MgSO_4 = K_2SO_4 + MgCl_2$. Nur dadurch, daß die Lösungen stets an NaCl gesättigt sind, besteht ein kontinuierlicher Übergang des Dreicks (K_2, Na_2, Mg) SO_4 in das Trapez (K_2, Mg) (SO_4, Cl_2). Dieses ist zu beachten, wenn man Lösungen berücksichtigen will, die nicht an NaCl gesättigt sind.

Wie man die Salze K_2SO_4, $MgSO_4$ durch gewisse Punkte zur Darstellung bringen kann, so kann man es auch mit jedem beliebigen anderen Salze, das sich aus Na, K, Mg, Cl, SO_4 zusammensetzt, wie dieses die Figur 4 zeigt. Diese Darstellungsmöglichkeit ist der größte Vorzug gegenüber der von VAN'T HOFF gegebenen Darstellungsform.

In Übertragung des vorher ausgesprochenen Gedankens braucht man jetzt nur oberhalb des Dreiecks die Wassermenge aufzutragen, die zur Bildung einer gesättigten Lösung nötig ist, wobei man zur Lösung der Salze eine gesättigte NaCl-Lösung benutzt. Chlornatrium tritt also stets noch außer den übrigen Salzen als Bodenkörper auf. In der Lösung sind natürlich auch noch die gelösten NaCl-Mengen verschieden und ließen sich wie vorhin auseinandergesetzt als Kurven gleicher Menge auf dem Modell aufzeichnen.

Die Modelle, die sich ergeben, wenn die für 25° und 83° gefundenen Sättigungswerte für die räumliche Darstellung herangezogen werden, sind in den Bildern auf Tafel IV dargestellt. Sie sind so gestellt, daß die $MgCl_2$-Ecke vorn liegt. Hierbei stellen die beiden Modelle mit den hohen Gipfeln die vollständigen Sättigungsbilder dar, während die beiden anderen Modelle in vergrößertem Maßstabe den vorderen Teil der anderen Modelle noch einmal wiedergeben. Hierdurch werden die auf diesem Teile liegenden Sättigungsfelder deutlicher dargestellt.

Die Modelle zeigen, daß das am wenigsten lösliche Salz Na_2SO_4, (Thenardit) ist, da dieses die größte Menge Wasser zur Lösung nötig hat. Es liegt deshalb der Punkt Na_2SO_4 sehr hoch. Zu beachten ist hierbei allerdings, daß die nicht mit dargestellte gelöste Kochsalzmenge in diesem Punkte am größten ist, daß also nicht alles Wasser für die Auflösung von Na_2SO_4 in Anrechnung zu setzen ist. Der Unterschied in der NaCl-Menge, die in den verschiedenen Salzlösungen enthalten ist, ist sehr groß. In der Na_2SO_4-Lösung sind bei 25° noch 510 Na_2Cl_2 und bei 83° gar 805 Na_2Cl_2 auf 100 Na_2SO_4 gelöst, während in der $MgCl_2$-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Lösung nur 1 Na_2Cl_2 auf 100 $MgCl_2$ enthalten ist. Könnte man die für die Kochsalzmenge zur Lösung erforderliche Wassermenge bei allen Lösungen in Abzug bringen, so würden die Gegensätze in der Löslichkeit der verschiedenen Salze, also die starken Höhenunterschiede im Modell, sehr viel geringer werden. Wegen der Löslichkeitsbeeinflussung ist es jedoch nicht möglich, diese Wassermenge anzugeben.

Die Modelle zeigen deutlich die Lage der verschiedenen Sättigungsfelder der verschiedenen Salze. Man sieht, wie verschieden groß diese sind und wie überall das bekannte Gesetz zum Ausdruck kommt, nach dem bei einer bestimmten Temperatur immer nur drei Sättigungsfelder aneinanderstoßen. Besonders einfach sind die Krystallisationsbahnen, die in dem Dreieck, das sich als Projektion der Modelle ergibt, einfach gerade Linien sind, gezogen aus den Punkten, die den verschiedenen Salzen zugehören.

Der Vergleich der Modelle zeigt, in welcher Art die Bodenkörper sich beim Erwärmen der Lösungen von 25° auf 83° verändert haben und wie sich die Löslichkeit hierbei verhält.

Die Kalksalze werden in die Darstellung dadurch mit hineinbezogen, daß sich auf die Sättigungsflächen der K—Mg—Na-Salze andere Felder für Kalksalze auflegen, die sich auf die als Bodenkörper möglichen Kalksalze beziehen. Wegen der geringen Löslichkeit derselben ist die Menge von Ca, die sich in Lösung befindet, wenn außer den übrigen Salzen auch noch Kalksalze als Bodenkörper auftreten, gering. Nur an der Seite $MgCl_2$—K_2Cl_2 kann der Kalkgehalt in den Lösungen größer werden, doch ist er schon bei sehr geringem Gehalt an Sulfaten recht klein. Praktisch reduzieren sich daher die Lösungen mit hohem Kalkgehalt auf die Kante (K_2, Mg) Cl_2. In die räumliche Darstellung selbst kann dieser Kalkgehalt der Lösungen naturgemäß ebensowenig aufgenommen werden wie der Gehalt an Na. Dagegen läßt sich für jede Lösung ein (in bestimmten Lösungen auch zwei oder drei) Kalksalz angeben, das dieser als Bodenkörper ohne Veränderung von Kalksalz oder Lösung zugefügt werden kann. Es ergeben sich für die verschiedenen Kalksalze ebenfalls bestimmte Felder, die auf den anderen Feldern des Modelles aufliegen.

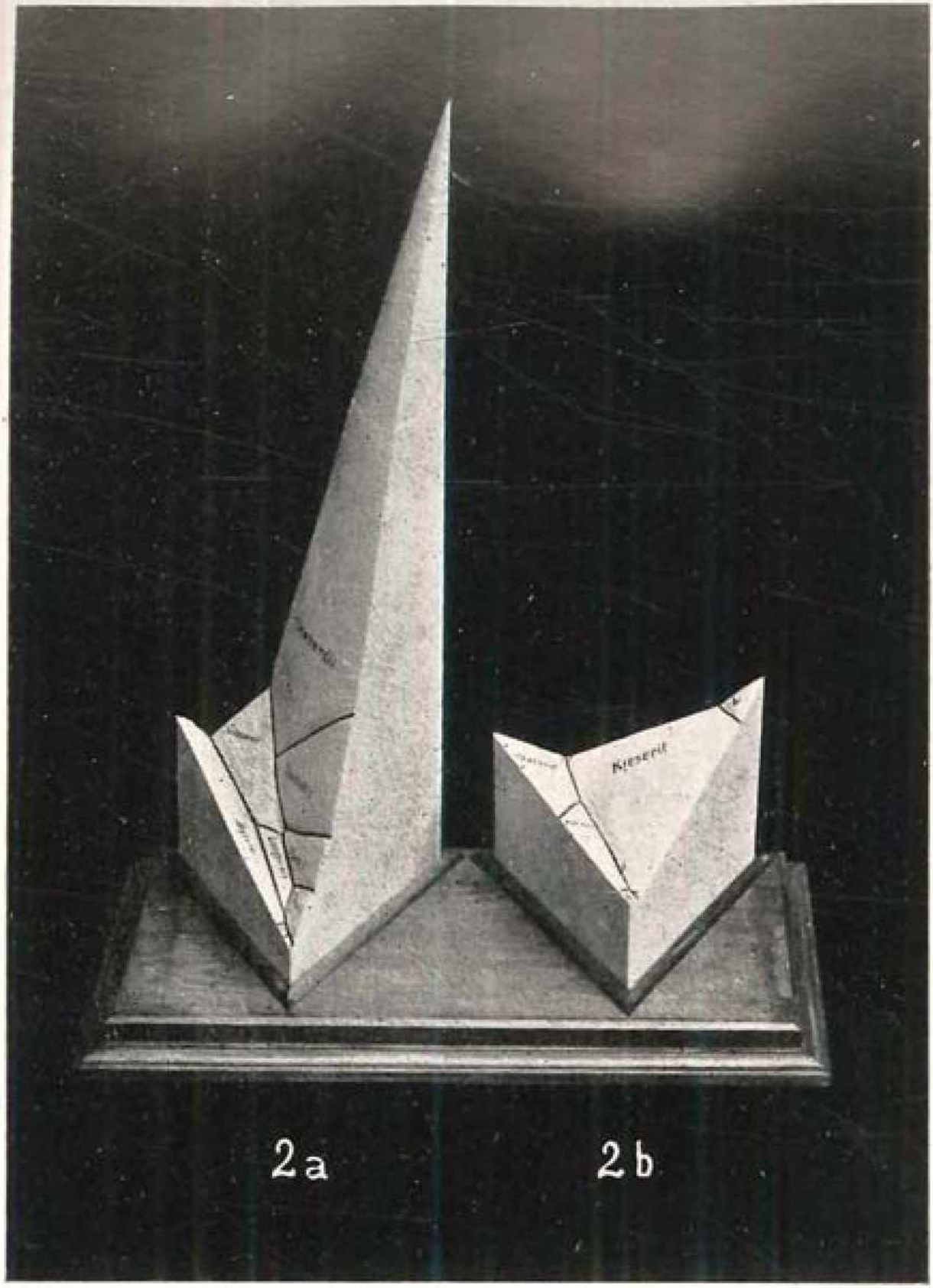
Ähnlich wie die Kalksalze verhalten sich die borsauren Salze. Ihrer Lage nach sind sie auf dem Modell nur ungefähr anzugeben.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

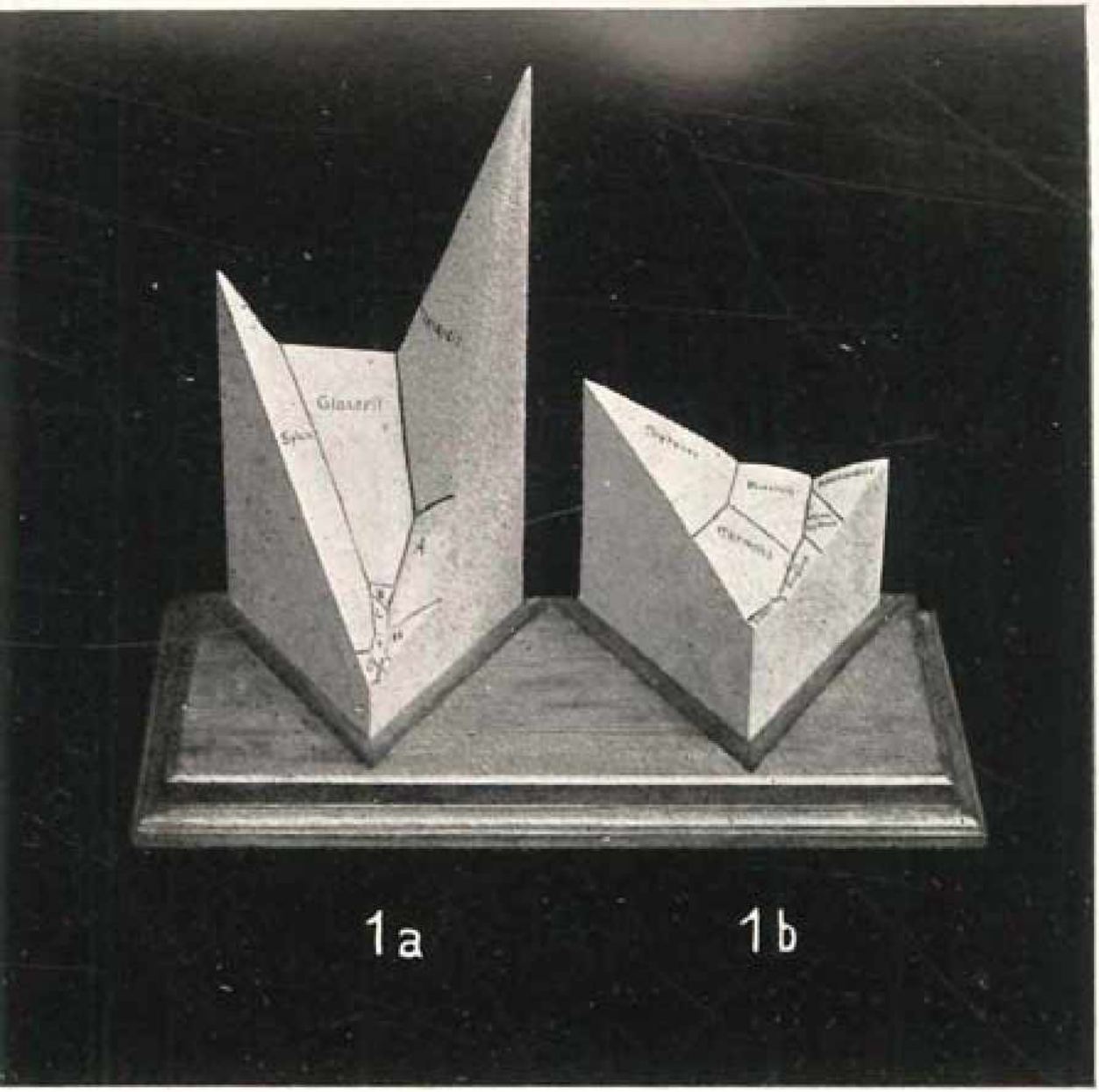
Auf die vielen anderen Beziehungen einzugehen, die sich aus diesen Modellen noch ergeben, würde hier zu weit führen. Sind diese Modelle gewiß vereinfachtere und teilweise korrektere Darstellungen der Untersuchungen VAN'T HOFFS, so stellen sie natürlich an und für sich gegenüber der Darstellung, die VAN'T HOFF seinen Untersuchungen gegeben hat, nichts Neues dar. Vielleicht werden sie aber mit dazu beitragen, manchem diese schönen Untersuchungen näher zu bringen.

Um die Modelle, (die von Dr. KRANTZ in Bonn hergestellt werden,) auch für den Gebrauch in der Praxis benutzen zu können, sind ihnen noch Tabellen und Zeichnungen mitgegeben. Hierbei sind auch, soweit dieses bis jetzt festgestellt wurde, die Kalksalze und die borsauren Salze berücksichtigt. Auch die Umrechnung in Gewichtsprozente läßt sich mit Hilfe einer der mitgegebenen Blätter durch eine graphische Methode umgehen, die ich in der Festschrift der Zeitschrift Kali anläßlich des Kalitages in Göttingen veröffentlichte.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at



© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Sättigungsbild der Lösungen [K, Mg, Na], [Cl, SO_4]
bei 25° (Fig. 1a, 1b) u. 83° (Fig. 2a, 2b).
Bild 1b u. 2b vorderer Teil von 1a u. 2a in vergrößertem Maßstabe.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover

Jahr/Year: 1911-1918

Band/Volume: 62-68

Autor(en)/Author(s): Jänecke Ernst

Artikel/Article: Einige neue Modelle der Vanthoff'schen Untersuchungen ozeanischer Salzablagerungen 2059-2070