

sei hier aus dem mir zur Einsicht vorgelegenen Fahnenabzug<sup>1</sup> mitgeteilt, daß auch er die Unrichtigkeit der früheren Formel von Nosean feststellt und sie ganz gleichlautend im obigen Sinne verbessert. Für Hauyn wurde große Annäherung an die Formel  $2\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaSO}_4$  gefunden, ebenfalls in Übereinstimmung mit einer anfänglich oben ausgesprochenen Vermutung.

## Zur Frage der Wasserbindung in den Zeolithen.

Von **O. Weigel** in Marburg.

Mit 2 Textfiguren.

(Schluß.)

An andern Stellen seiner Abhandlung (p. 729, 730, auch Fußnote) geht BEUTELL dagegen auf diese Abweichungen von ganzen Molwerten, welche der Wassergehalt der STOKLOSSA'schen „Hydrate“ des Heulandits bei richtiger Berechnung aufweist, ein, und versucht für sie eine physikalisch-chemische Erklärung zu geben. Er weist darauf hin, daß seine oben bereits widerlegte Annahme, der Zeolith erfahre bei jeder Temperaturerhöhung bei langer Versuchsdauer eine merkliche irreversible Zersetzung, notwendig zu solchen Abweichungen führen müsse, da nur der unzersetzte Teil des Zeoliths ins Gleichgewicht kommen könne. Auch für die auffallende Art der Abhängigkeit der Größe der Abweichung vom Entwässerungsgrade, bzw. der Temperatur, sucht BEUTELL eine physikalische Deutung zu geben. Gegen ein solches Verfahren muß entschiedener Widerspruch erhoben werden. Wäre BEUTELL's Erklärung zutreffend, so würde die erstaunliche Tatsache vorliegen, daß die verwickelten physikalischen und physikalisch-chemischen Vorgänge, welche diese Erklärung heranzieht, Abweichungen des Wassergehaltes der „Hydrate“ von ganzen Molzahlen hervorrufen, deren Größe als Funktion des Wassergehaltes zufällig durch genau die gleiche Formel

$$D = \frac{m_0 p d}{a_0 (100 - d)}$$
 gegeben wäre, welche die Größe der STOKLOSSA'schen Berechnungsfehler als Funktion des Wassergehaltes darstellt. Denn da die ursprünglichen — d. h. falsch berechneten — Wassergehalte STOKLOSSA's fast aller „Hydrate“ mit damals erfreulicher Genauigkeit auf ganze Molzahlen fielen, so ist die Größe des in diesen Werten steckenden Rechenfehlers praktisch gleich mit der Abweichung des Wassergehaltes von ganzen Molzahlen. Wenn man eine solche zufällige Übereinstimmung trotz ihrer großen Unwahrscheinlichkeit doch vielleicht noch bei einem einzelnen Zeolith für möglich halten könnte, so kann dieser Gedanke angesichts der Tatsache nicht mehr aufrecht erhalten werden, daß bei allen

<sup>1</sup> Die Mineralien der Niederrheinischen Vulkangebiete mit besonderer Berücksichtigung ihrer Bildung und Umbildung. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1922.

von STOKLOSSA untersuchten Zeolithen bei der ursprünglichen falschen Berechnung alle „Hydrate“ recht genau bei ganzen Molzahlen des Wassergehaltes lagen, und daß, da bei allen diesen Zeolithen die gleiche falsche Berechnungsweise angewandt wurde, die Größe des entstehenden Rechenfehlers, d. h. praktisch die Abweichung des Wassergehaltes der „Hydrate“ von ganzen Molzahlen, als Funktion des Wassergehaltes durch die gleiche, oben gegebene Formel dargestellt wird. Wollte man angesichts dieser Tatsache die BEUTELL'sche Erklärungsweise dieser Abweichung durch physikalisch-chemische Vorgänge im Zeolith noch aufrecht erhalten, so hieße das dem kritischen Verstande den Glauben zumuten, daß bei allen diesen Zeolithen von z. T. so verschiedenen Verhalten und verschiedener Konstitution die Einflüsse der störenden physikalisch-chemischen Vorgänge auf den Wassergehalt der Hydrate durch die gleiche Formel dargestellt werden und zufällig ausgerechnet gerade die Formel, welche die Rechenfehler STOKLOSSA's wiedergibt. Und die Sachlage wird noch verwickelter, wenn man den von BEUTELL und BLASCHKE untersuchten Desmin in den Kreis der Betrachtung einbezieht, der nach diesen Forschern 14 verschiedene Hydrate mit ganzen Molzahlen entsprechenden Wassergehalten bildet. In dieser Arbeit findet sich dieselbe fehlerhafte Methode zur Berechnung des Wassergehaltes in Gewichtsprozenten wie bei STOKLOSSA, aber die Molgehalte des Wassers sind richtig berechnet worden. Demzufolge bleiben bei Desmin, der dem Heulandit in vielen Beziehungen so nahe steht, die Hydrate bei ganzen Molzahlen des Wassergehaltes liegen. Bei diesem Zeolith dürften also die von BEUTELL zur Erklärung der STOKLOSSA'schen Versuchsergebnisse herangezogenen physikalisch-chemischen Vorgänge der Zersetzung usw. nicht eintreten, während sie bei den von STOKLOSSA untersuchten Zeolithen die erwähnten Abweichungen hervorrufen, obwohl sonst zwischen dem Desmin und diesen andern Zeolithen kein anderer prinzipieller Unterschied aufzufinden ist, als daß sie von verschiedenen Forschern untersucht wurden, von denen die einen die Molwerte des Wassergehaltes richtig, der zweite diese Werte falsch berechnete. Bei diesem Tatbestand ist es mir unmöglich, der BEUTELL'schen Erklärung für die Abweichung der Wassergehalte der „Hydrate“ STOKLOSSA's von ganzen Molwerten beizupflichten, ganz abgesehen davon, daß diese Erklärung, wie oben dargelegt, auch mit den sonstigen experimentellen Feststellungen am Heulandit im Widerspruch steht.

Nun hat BEUTELL in dem experimentellen Teile seiner neuesten Abhandlung auch experimentelle Belege für seine Hypothese, daß die Zeolithe durch langdauernde Vorbehandlung auch bei tieferen Temperaturen eine partielle irreversible Zersetzung erleiden, beigebracht. Die experimentellen Befunde von STOKLOSSA, SCHEUMANN, BEUTELL selbst und mir, die gegen diese Hypothese sprechen, sind z. T. bereits oben angeführt. Was BEUTELL's eigene neueste Ver-

suche anbetrifft, so kann ich ihnen keine erhebliche Beweiskraft zuerkennen, da verschiedene unklare Punkte sich in ihnen finden.

1. BEUTELL fand bei der sorgfältigen Untersuchung der Fehlerquellen seiner neuen Apparatur (p. 723), daß ein ziemlich rasches und ein ganz langsames Durchleiten des feuchten Luftstromes die sichersten Ergebnisse gewährleiste. Trotzdem ist BEUTELL aus mir nicht einleuchtenden Gründen bei einer mittleren Geschwindigkeit des Luftstromes geblieben, also einer Versuchsanordnung, die nach seiner eigenen Feststellung zu Unregelmäßigkeiten der Ergebnisse führen kann.

2. Aus Tabelle 2 (p. 725) BEUTELL's ergibt sich, daß der Wassergehalt des Heulandits innerhalb der Versuchsfehler der gleiche ist, ob der Zeolith 22 Stunden auf  $48^{\circ}$  (5,56 Mole) oder 48 Stunden auf  $64^{\circ}$  (5,52 Mole), ob er andererseits 22 Stunden auf  $55^{\circ}$  (5,44 Mole) oder 24 Stunden auf  $71^{\circ}$  (5,47 Mole) erhitzt wurde. Dieser Befund steht nicht im Einklange mit einer mit Zeitdauer und Temperatur zunehmenden irreversiblen Zersetzung des Heulandits, wie BEUTELL sie annimmt. Ferner steht das Ergebnis, zu dem BEUTELL bei diesen Versuchen gelangt, daß ein durch viertägige Vorbehandlung bei  $165^{\circ}$  bis auf einen Gehalt von 3,03 Molen entwässerter Heulandit bei der Wiederwässerung — infolge der hypothetischen weitgehenden Zersetzung — keine Beständigkeitsintervalle mehr zeigt, in unvereinbarem Widerspruch zu STOKLOSSA's Beobachtungen. Dieser unterwarf den von ihm verwandten Heulandit z. T. einer weit kräftigeren Vorbehandlung, indem er ihn 24 Stunden auf  $150$ — $170^{\circ}$  und dann weitere 24 Stunden auf  $230$ — $260^{\circ}$  erhitzte, wodurch der Wassergehalt fast völlig — in einem Falle bis auf 0,2 % — ausgetrieben wurde, und fand trotzdem seine scharf ausgeprägten Beständigkeitsintervalle. Bei so scharfen Widersprüchen zwischen seinen und STOKLOSSA's Ergebnissen hätte BEUTELL unbedingt seine Versuche einer Kontrolle durch Parallelversuche unterwerfen müssen.

Tabelle 6.

Hydrat Mole Wasser	I s t b e s t ä n d i g			
	nach BEUTELL		nach STOKLOSSA	
	bei Wasser- dampfdruck mm Hg	im Temperatur- intervall	bei Wasser- dampfdruck mm Hg	im Temperatur- intervall
11	14,4—16,3	17— $71^{\circ}$	ca. 14	bis $20^{\circ}$
10	„	101—111	„ 20—55	32— 50
9	„	fehlt	„ 234—526	80—105
8	„	144—167	„ 650	130—150

3. In Tabelle 6 sind die äußeren Bedingungen — Wasserdampfdruck und Temperaturintervall — nebeneinandergestellt, unter welchen einmal nach BEUTELL auf Grund seiner neuesten Ent-

wässerungsversuche, zweitens nach STOKLOSSA auf Grund seiner Wässerungsversuche die Hydrate des Heulandits beständig sein sollen, soweit sie von beiden Forschern festgestellt wurden.

Die Zusammenfassung dieser nebeneinandergestellten Ergebnisse führt zu dem verwunderlichen Schlusse, daß der Wassergehalt des Heulandits bei konstanter Temperatur mit steigendem Wasserdampfdrucke sinkt. Da ein solches Verhalten des Heulandits unmöglich ist, so müssen entweder die Angaben BEUTELL's oder STOKLOSSA's oder beider irrig sein. Auch das Versuchsergebnis, das BEUTELL p. 725 mitteilt, daß der Heulandit in bei Zimmertemperatur mit Wasserdampf gesättigter Luft von 17—71° einen fast unveränderlichen Wassergehalt besitze, steht mit allen sonstigen vorliegenden Angaben im Widerspruch und muß daher als irrtümlich angesehen werden.

4. BEUTELL will p. 700 aus der Tatsache, daß nach den Analysen von BLASCHKE und STOKLOSSA Skolezit, Natrolith, Analcim und Apophyllit bereits ohne jede weitere Behandlung einen Wassergehalt von nahezu ganzen Molzahlen besitzen, und Heulandit, Desmin, Harmotom und Chabasit einen solchen in mit Wasserdampf gesättigter Luft von Zimmertemperatur annehmen, einen Beweis dafür ableiten, daß die Zeolithe normale Salzhydrate seien. Die angeführte, ja bereits lange bekannte Tatsache, daß manche Zeolithe meist einen Wassergehalt von nahezu ganzen Molzahlen aufweisen, ist gewiß — darin bin ich mit BEUTELL durchaus einer Meinung — höchst beachtenswert. Doch würde ich aus dieser Tatsache noch keineswegs den Schluß ziehen, daß solche Zeolithe normale Hydrate seien, vielmehr eine andere Deutung, die weiter unten gegeben wird, vorziehen. Keinesfalls darf man aber, wie es durch BEUTELL geschehen ist, aus je einer einzigen Analyse weittragende Schlüsse folgern, sondern muß die Gesamtheit aller vorliegenden Analysen heranziehen. Ich habe unter Benutzung der in den Arbeiten von BLASCHKE und STOKLOSSA sich findenden Zusammenstellungen aller bis dahin bekannten Analysen in Fig. 2 die Molwerte des Wassergehaltes graphisch dargestellt, wie sie die einzelnen Analysen ergeben. Jeder ganzzahlige Wert der Abszisse entspricht einer der nach steigendem Wassergehalt angeordneten Analysen jedes hier in Betracht kommenden Zeoliths, während als Ordinate der zu jeder Analyse gehörige Wassergehalt in Molen aufgetragen ist. Werden die zu einem Zeolith gehörenden so gewonnenen Punkte durch eine Kurve verbunden, so gibt der Verlauf derselben einen Überblick über die Schwankungen bzw. Regelmäßigkeiten, die der Wassergehalt dieses Zeoliths erfahrungsgemäß aufweist; insbesondere muß die Tatsache, daß ein Zeolith ein normales Hydrat ist, darin zum Ausdruck kommen, daß die Kurve im wesentlichen einen annähernd horizontalen Verlauf zeigt. Betrachtet man die Kurven der Fig. 2, so erkennt man, daß für den hier vor allem in Frage kommenden Heulandit, ebenso aber auch für Chabasit, Desmin und Harmotom, also die typischsten Zeolithe, keine Rede von einem solchen hori-

zontalen Verlauf sein kann. Man sieht auch — am Beispiel des Chabasits besonders deutlich —, wie irreführend es sein kann, aus einer einzigen Analyse, wie BEUTELL es getan hat, auf einen bestimmten ganzzahligen Molwert des Wassergehaltes, hier nach BEUTELL 5 Mole, zu schließen. Denn dieser Wert liegt ganz am Anfange der Kurve, die zeigt, daß der Chabasit bereits in gewöhnlicher Zimmerluft, also bei niedrigerem Dampfdruck, als er nach BEUTELL zur Einstellung des Chabasits auf den Wassergehalt von 5 Molen erforderlich ist, bis etwa 7 Mole Wasser enthalten kann. Bei Heulandit, Desmin, Harmotom und Chabasit sprechen,

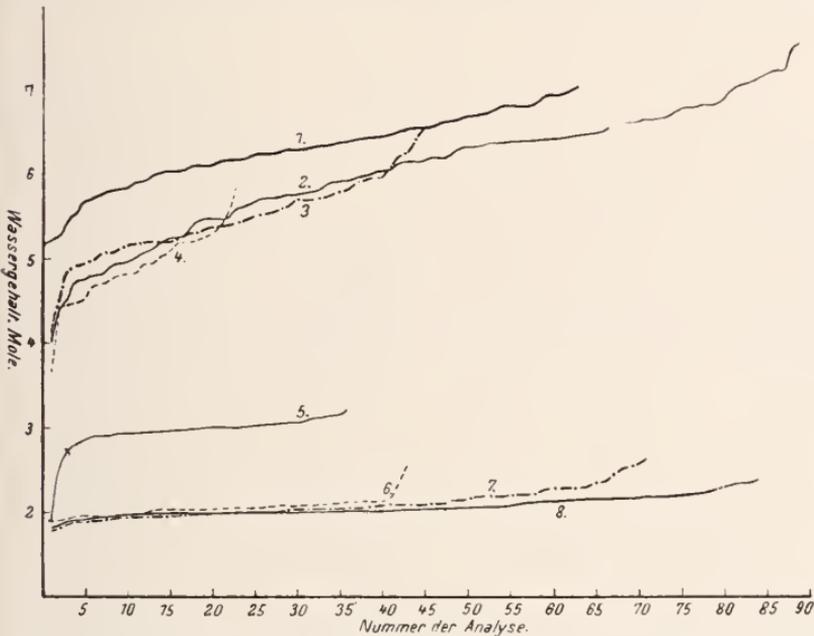


Fig. 2. 1. Desmin, 2. Chabasit, 3. Heulandit, 4. Harmotom, 5. Skolezit, 6. Apophyllit, 7. Analcim, 8. Natrolith.

wie die Kurven zeigen, die Analysenbefunde durchaus dagegen, daß hier irgend ein bestimmter ganzzahliger Molwert des Wassergehaltes wie bei den normalen Hydraten vorliegt. Anders liegen die Verhältnisse bei den andern vier Zeolithen, da ihre Kurven, wenn z. T. auch mit nicht unerheblichen Abweichungen, sich in bemerkenswerter Nähe von ganzen Molzahlen halten. Aber dieser Befund allein kann noch keineswegs den Schluß rechtfertigen, daß diese Zeolithe echte Hydrate seien. Man kann vielleicht mit gebotener Zurückhaltung aus der Steilheit der verschiedenen Kurven der Fig. 2 auf die Größe der Beeinflussung einen Schluß ziehen, welche der Wassergehalt des Zeoliths durch Schwankungen von Temperatur und Wasserdampfdruck der Umgebung erfährt, wobei die stärker gebogenen Enden der Kurven außer Betracht bleiben müssen, da sie vielleicht Analysen angehören, die infolge besonderer

Umstände, z. B. besonderer Vorbehandlung des Materials hier nicht herangezogen werden dürfen. Man käme durch eine solche Betrachtung der Kurven zu dem Ergebnis, daß bei Zeolithen mit hohem Wassergehalt dieser in weit stärkerem Maße durch Veränderung der äußeren Bedingungen beeinflußt wird als bei Zeolithen mit geringem Wassergehalt. Wie aber auch die Verhältnisse für Skolezit, Analcim, Apophyllit und Natrolith liegen mögen, für den hier in erster Linie in Frage kommenden Heulandit, wie auch für Desmin, Chabasit und Harmotom kann keinesfalls aus den Analyseergebnissen der Schluß gezogen werden, daß er ein normales Hydrat ist und wie ein solches einen bestimmten Wassergehalt von ganzen Molzahlen aufweist.

Es scheint mir, daß bei richtiger Einschätzung der Fehlermöglichkeiten in den Untersuchungen BEUTELL's und seiner Mitarbeiter ihre Versuchsergebnisse mit den von SCHEUMANN und mir erhaltenen und so zugleich mit denen der früheren Zeolithforscher in Einklang gebracht werden können. Die Breslauer Wässerungs- und Entwässerungskurven weisen sog. Beständigkeitsintervalle auf, d. h. innerhalb gewisser Temperaturen sollen die Zeolithe konstanten oder nahezu konstanten Wassergehalt besitzen. Die diesen Intervallen entsprechenden geradlinigen Stücke der Kurven sind aber nicht wie bei den normalen Salzhydraten durch scharf ausgeprägte Sprünge voneinander getrennt, sondern vielmehr durch stetige Kurvenstücke miteinander verbunden, die einen beträchtlichen Teil der gesamten Kurve einnehmen, im Durchschnitt etwa die Hälfte, beim Harmotom z. B. aber sogar mehr als zwei Drittel. Zieht man dazu die Tatsache in Erwägung, daß der Heulandit außerordentlich dazu neigt, einen einmal gewonnenen Wassergehalt von ganzen Molzahlen festzuhalten und mit solchem Wassergehalte auch bei Änderung der äußeren Bedingungen hartnäckige falsche Gleichgewichte zu bilden, so liegt der Gedanke nahe, daß die prinzipiellen Abweichungen der Breslauer Kurven von denen, die SCHEUMANN und ich ermittelten, in der Nichtüberwindung solcher falscher Gleichgewichte bei den Versuchen BEUTELL's und seiner Mitarbeiter ihre Erklärung finden könnten. Eine Annäherung an diese Auffassung möchte ich aus dem Satze, den BEUTELL in seiner Schlußzusammenfassung auf p. 733 bringt: „in den Beständigkeitsintervallen liegen angenäherte (von mir gesperrt) Gleichgewichte vor“, herauslesen.

Ich glaube aus den obigen Darlegungen den Schluß ziehen zu dürfen, daß die Zeolithuntersuchungen BEUTELL's und seiner Schüler nicht geeignet sind, die Behauptung, daß die Zeolithe Wasserbindungen von der Art der normalen Salzhydrate seien, zu beweisen oder wahrscheinlich zu machen. Ich will damit keineswegs sagen, daß die Natur der Wasserbindung in den Zeolithen heute bereits mit völliger Sicherheit festgestellt sei — viele Punkte harren noch der Aufklärung; aber auf Grund aller vorliegenden

einwandfreien Untersuchungen muß man m. E. zu dem Schlusse kommen, daß mit sehr großer Wahrscheinlichkeit in den Zeolithen Silikat-Wassergemische nach Art der festen Lösungen vorliegen, die in gewissen Beziehungen den Hydraten nahestehen, was in der richtenden und ordnenden Kraft des relativ starren Silikatgitters auf die relativ leicht bewegliche Komponente des Wassers seine Erklärung findet. Die Wässerungs- und Entwässerungskurven des Heulandits sind abweichend von denen normaler Hydrate fast stetige Kurven, so daß auch bei irrationalen Molverhältnissen zwischen Silikat und Wasser der Zeolith im reversiblen Gleichgewichte sein kann. In der stetigen Reihe aller beliebigen Wassergehalte heben sich aber die ganzen (und auch noch die halben) Molwerte als Diskontinuitäten heraus. Sie werden besonders stabilen Gleichgewichten entsprechen und solchen, die besonders hartnäckig einer Verschiebung widerstreben. Der Zeolith schnappt gewissermaßen — wie RINNE treffend sagt — in diese ausgezeichneten Gleichgewichtslagen ein. Bei den normalen Salzhydraten wie bei den Zeolithen sind das Wasser oder seine Bestandteile in das Rammgitter der wasserfreien Substanz eingeordnet. Zwei Faktoren wirken bei dieser Einordnung einander entgegen: Einerseits streben die mit der Symmetrie der Atomanordnung harmonisierenden Attraktionskräfte im Gitterbau, die Wassermoleküle oder ihre Teile in feste, der Gittersymmetrie entsprechende Lagen einzuordnen, andererseits trachten diese Wassermoleküle sich stets mit dem jeweiligen Wasserdampfdruck der Umgebung ins Gleichgewicht zu setzen, d. h. ihre Konzentration im Gitter diesem anzupassen. Ist neben dem ersten Faktor der zweite zu vernachlässigen, d. h. ist das Wasser in das Gitter der wasserfreien Substanz fest eingelagert, mit ihm gewissermaßen in einer Einheit verbunden, so haben wir ein normales Salzhydrat vor uns, dessen Wassergehalt innerhalb gewisser Bereiche des äußeren Wasserdampfdruckes und der Temperatur den immer gleichen Wert von ganzen Molzahlen, der allein mit einer Gittersymmetrie in vollem Einklange ist, aufweist. Wird durch Änderung der äußeren Bedingungen der Unterschied zwischen äußerem Wasserdampfdruck und innerer Wasserdampfspannung im Hydrat über ein gewisses Maß gesteigert, so kann der zuvor neben dem ersten bedeutungslose zweite Faktor so stark in den Vordergrund treten, daß durch eine Änderung des Wassergehaltes im Hydrat ein Ausgleich dieser entstandenen Spannung zwischen Kristall und seiner Umgebung erfolgt. Aber diese Änderung erfolgt dann hier, sobald durch sie die Bedeutung des zweiten Faktors wieder klein neben der des ersten geworden ist, so, daß der Wassergehalt wiederum einen ganzzahligen Molwert annimmt, da die starken Wechselwirkungen zwischen Wasser und wasserfreier Substanz im Gitter einen solchen stets erzwingen.

Bei der festen Lösung liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt, indem hier der erste Faktor neben dem zweiten nur von

verschwindendem Einflusse ist. Eine solche feste Lösung von Wasser wird sich daher stets mit jedem beliebigen Wasserdampfdruck der Umgebung dadurch ins Gleichgewicht setzen, daß sie ihren Wassergehalt verändert, also auch Wassergehalte annimmt, die eine völlig homogene Verteilung im Gitter nicht mehr erlauben.

Den Heulandit hätten wir in diesem Sinne als eine feste Lösung von Wasser und Silikat aufzufassen, bei der zwar wie bei den festen Lösungen der zweite Faktor eine bedeutsamere Rolle spielt als der erste, bei der aber doch — und hierin liegt die Annäherung an die Hydrate — die als erster Faktor oben bezeichneten wechselwirkenden Kräfte im Gitter zwischen Wasser und Silikat nicht völlig zu vernachlässigen sind. Sie kommen in dem Verhalten des Heulandits zum Ausdruck, bei Wassergehalten von ganzen Molzahlen besonders stabile, hartnäckig festgehaltene Gleichgewichte zu liefern. Diese Annäherung an den Typus der Hydrate ist aber nur schwach ausgeprägt; denn die Versuche von SCHEUMANN und mir lassen keinen Zweifel darüber, daß der Heulandit sich mit dem äußeren Wasserdampfdruck stets durch Änderung seines Wassergehaltes ins Gleichgewicht setzt. Das Wasser im Heulandit ist demgemäß nur locker gebunden an das Silikatraumgitter, mit ihm nicht fest zu einer Einheit verkettet, was auch darin seinen Ausdruck findet, daß das Silikatgitter für sich bestehen bleibt, nicht einstürzt, wenn das Wasser ein- oder austritt, während bei den normalen Hydraten die Änderung des Wassergehaltes mit einem Zusammenbruch des Gitters verbunden zu sein pflegt, da mit dem Aus- und Eintritt des Wassers lebenswichtige Bindungen zerreißen. Es ist klar, daß man bei Kristallwasserverbindungen alle möglichen Übergänge zwischen typischen festen Lösungen und typischen Hydraten sich vorzustellen vermag, und daß nicht nur die verschiedenen Zeolithe teils mehr dem einen teils mehr dem andern Typus sich nähern können, sondern daß auch bei ein und demselben Zeolith mit Änderung des Wassergehaltes sich ein Übergang im Verhalten zeigen kann, indem er, etwa bei höheren Wassergehalten mehr zum Typus der festen Lösungen, bei niederen mehr zu dem der echten Hydrate neigt, daß also die Verhältnisse ähnlich liegen wie bei dem von TAMMANN<sup>1</sup> untersuchten Magnesiumplatincyanür. Es erscheint mir nicht unwahrscheinlich, daß die auf p. 204 angeführten, durch ihren meist auffallend nahe ganzen Molzahlen liegenden Wassergehalt ausgezeichneten Zeolithe Analcim, Apophyllit, Natrolith und Skolezit solchen Zeolithen entsprechen, die bereits dem Typus der echten Hydrate ziemlich nahe stehen, ohne daß man sie deshalb bereits als normale Hydrate ansprechen dürfte.

<sup>1</sup> G. TAMMANN und v. BUXHÖVEN, Zeitschr. f. anorg. Chem. 15. 1897. 319.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [1922](#)

Autor(en)/Author(s): Weigel Oskar

Artikel/Article: [Zur Frage der Wasserbindung in den Zeolithen. \(Schluß.\) 201-208](#)