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

Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Bemerkung über die Theorie von J. Johnston bezüglich des Verhaltens fester Stoffe unter ungleichförmigem Druck.

Von **H. E. Boeke** in Halle a. S.

Vor kurzem hat J. Johnston [1], z. T. gemeinsam mit L. H. Adams, eine sehr bemerkenswerte Theorie über das Verhalten fester Stoffe unter ungleichförmigem Druck mitgeteilt, die geeignet ist, auch auf den Prozeß der Gesteinsmetamorphose durch Druck weitgehende Anwendung zu finden. Einige kurze Bemerkungen über diese Theorie mögen hier Platz finden.

Unter ungleichförmigem Druck in dem engeren, uns hier interessierenden Sinne versteht man einen nur auf der festen Phase und nicht oder in geringerem Maße auf der damit im Gleichgewicht stehenden Flüssigkeit lastenden Druck. Es ist schon lange bekannt, daß ein solcher Druck einen viel größeren Einfluß auf die Schmelztemperatur ausübt als ein gleichförmiger, d. h. auf beiden Phasen gleichmäßig lastender („hydrostatischer") Druck von derselben Größe. Außerdem ist es von besonderem Interesse, daß der ungleichförmige Druck immer eine Erniedrigung des Schmelzpunkts hervorruft, während der gleichförmige Druck im allgemeinen eine Erhöhung, nur in einigen Ausnahmefällen eine schwache Erniedrigung des Schmelzpunkts verursacht.

Die Schmelzpunktsänderung in den beiden Fällen eines gleichförmigen (I) und ungleichförmigen (II) Drucks läßt sich thermodynamisch ableiten. Die Formeln weisen große Ähnlichkeit auf:

$$\frac{dt}{dp} = \frac{T(V_{fl} - V_{fest})}{Q} \text{ (I) und } \frac{-dt}{dp} = \frac{T\,V_{fest}}{Q} \text{ (II)},$$

T = absolute Schmelztemperatur,

V_{fl}, V_{fest} = spezifisches Volum der flüssigen und festen Phase,

Q = Schmelzwärme.

Die Schmelzpunktsänderung bei ungleichförmigem zu der bei gleichförmigem Druck verhält sich mithin wie das Volum der festen Phase zur Volumdifferenz fest—flüssig, was die Wirksamkeit des ungleichförmigen Drucks klar erkennen läßt.

[1] J. Johnston, Eine Beziehung der elastischen Eigenschaften der Metalle zu einigen ihrer physikalischen Konstanten. Zeitschr. f. anorg. Chem. 1912. **76**. p. 361—379 (unten als A bezeichnet). — J. Johnston und L. H. Adams, Über den Einfluß hoher Drucke auf das physikalische und chemische Verhalten fester Stoffe. Ibid. 1913. **80**. p. 281—334 (B).

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

Die beiden obigen Differentialgleichungen können als streng gültig bezeichnet werden, sie erhalten jedoch erst eine ausgedehnte Anwendungsfähigkeit, wenn die Integration ausgeführt und damit eine Formel für ein endliches Temperaturintervall erlangt wird. Die Integration wurde von Johnston unter gewissen einfachen Annahmen bezüglich der Änderung der Schmelzwärme und des spezifischen Volums mit Temperatur und Druck durchgeführt. So konnte der ungleichförmige, nur auf der festen Phase lastende Druck berechnet werden, der nötig ist, um den Schmelzpunkt hochschmelzender Stoffe auf Zimmertemperatur herabzusetzen. Die Rechnungen wurden für 27^0 ($= 300^0$ absolut) gemacht. Diese Drucke sind auffällig gering und betragen für Körper mit einem Schmelzpunkt von etwa 1000^0 (unter gewöhnlichen Umständen) nur etwa 20000 Atm., also einen Druck, der mit einer Laboratoriumspresse unschwer erreicht werden kann.

Die Theorie von Johnston und Adams geht nun dahin, daß jede dauernde Deformation kristalliner Stoffe — z. B. das Fließen von Metallen durch eine Öffnung oder die Deformation von Gesteinen durch ungleichförmigen Druck — dadurch verursacht wird, daß der Stoff schmilzt, wo der Druck eine hinreichende Größe erlangt, in die Zwischenräume fließt, wo der Druck geringer ist und sich dort wieder verfestigt (vergl. A, p. 371 unten). Dieses Umschmelzen betrifft jedesmal nur einen kleinen Bruchteil der gesamten kristallinen Masse gleichzeitig. Man sieht, daß hier also eine starke Ausdehnung des Regelationsbegriffs vorliegt (Übergang von Schnee in Gletschereis durch intermediäres Schmelzen).

Wie gesagt, beruht diese Theorie auf völlig sicherer thermodynamischer Grundlage und ist nur die Integrierung anfechtbar, jedoch auch mehr in quantitativer als in qualitativer Hinsicht. Es gilt daher die Anwendbarkeit der Theorie zu prüfen. Da ergibt sich dann als erste Vorbedingung das Vorhandensein von Hohlräumen im kristallinen Stoffe. Bei Körpern von normalem spezifischem Gewichte sind solche Hohlräume eigentlich nicht anzunehmen. Um über diese Schwierigkeit hinwegzukommen, ziehen die Verf. (B, p. 329—330) eine Molekularvorstellung heran und scheinen sich die notwendigen Hohlräume als zwischen den Molekülen des Kristalls bestehend zu denken, — womit dann allerdings der Begriff des Schmelzens seine Bedeutung verliert und das Problem gewissermaßen außer Diskussion gestellt wird.

Wir wollen daher annehmen, daß für die Wirkung des ungleichförmigen Drucks Zwischenräume von nicht molekularen Dimensionen vorliegen, wie sie im Gestein entweder primär vorhanden sind oder bei der natürlichen oder künstlichen Kataklase (Zertrümmerung) geschaffen werden.

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

Derartige Wirkungen ungleichförmigen Drucks mit oder ohne Kataklase sind bei Mineralen und Gesteinen wiederholt experimentell untersucht, in letzter Zeit besonders von F. Rinne und F. D. Adams. Hier ist also eine konkrete Prüfung der Theorie von Johnston-Adams möglich. Viele der durch Druck dauernd deformierten Versuchskörper können ohne Zerfall umkristallisiert werden (sie schmelzen „kongruent"), wie etwa Steinsalz, Kalkspat, Quarz, Flußspat; in diesen Fällen könnte sich also das intermediäre Schmelzen jeder nachträglichen Feststellung entziehen. Bei anderen dagegen, wie Carnallit und Granat, kann man als ziemlich sicher annehmen, daß sie auch unter den Bedingungen des ungleichförmigen Drucks und der niederen Temperatur inkongruent, d. h. unter Mineralneubildung, schmelzen. Der Nachweis einer derartigen Mineralneubildung in den deformierten Körpern wäre ein konkreter Beweis für die Richtigkeit der besprochenen Theorie.

Carnallit kann bekanntlich nur unter Bildung von festem Chlorkalium in Wasser gelöst werden, solange noch fester Carnallit vorhanden ist. Im eigenen Kristallwasser schmilzt der Carnallit bei 167,5° ebenfalls unter Abscheidung von Chlorkalium[1]. Man kann wohl als sicher voraussetzen, daß auch bei gewöhnlicher Temperatur eine Schmelzung im Kristallwasser nur unter Sylvinbildung möglich ist. Bei den Druckversuchen von F. Rinne[2] ist jedoch der deformierte Carnallit einheitlich geblieben, wenn auch von feinen Rissen und Sprungsystemen durchsetzt, unter Neuauftreten von Zwillingslamellen. Wäre die Deformation infolge von intermediärem Schmelzen vor sich gegangen, so dürfte man Spuren der Sylvinbildung erwarten.

Granat liefert nach alter Erfahrung beim Umkristallisieren eine Anzahl anderer Minerale, je nach der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials, und niemals wiederum Granat. Man kann als wahrscheinlich annehmen, daß auch die Umschmelzung des Granats bei gewöhnlicher Temperatur infolge des ungleichförmigen Drucks inkongruent geschehen würde. F. D. Adams[3] fand jedoch in dem durch künstliche Kataklase deformierten Granat nur den Ausgangsstoff, keine Mineralneubildungen. Auch in diesem Falle ist mithin

[1] J. H. van't Hoff und W. Meyerhoffer, Zeitschr. f. Physik. Chemie. 1899. 30. p. 64. „Der trockne Carnallit schmilzt bei der Temperatur von 167,5°, indem der größte Teil des KCl am Boden zurückbleibt, während das ganze $MgCl_2$ mit dem Wasser in Lösung geht."

[2] F. Rinne, Über die Umformung von Carnallit unter allseitigem Druck im Vergleich mit Steinsalz, Sylvin und Kalkspat. von Koenen-Festschrift, Stuttgart 1907. p. 369—376.

[3] F. D. Adams, An experimental Investigation into the Action of differential Pressure on certain Minerals and Rocks, employing the Process suggested by Professor Kick. Journ. of Geology. 1910. 18. p. 489—525, insbesondere p. 510.

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

die Erscheinung, die als Beweis der Schmelztheorie gelten würde, nicht eingetreten.

Andererseits bildet die auffallende Tatsache, daß die Dichte von Metallen durch die Deformation im allgemeinen geringer wird[1], eine gewisse Stütze der Schmelztheorie, wenn man mit Johnston und L. H. Adams (B, p. 331) annimmt, daß ein Teil des durch den ungleichförmigen Druck geschmolzenen Metalls unterkühlt flüssig bleibt. Allerdings ist diese Annahme mit unseren Erfahrungen über die Instabilität unterkühlter Metallschmelzen in Berührung mit der kristallinen Phase in direktem Widerspruch.

Zum Schluß möchte ich besonders betonen, daß die obigen Zeilen nicht als eine absprechende Kritik, sondern als eine Anregung bei der weiteren Erforschung des Gegenstandes von dem neugewonnenen Gesichtspunkte aus, den wir J. Johnston verdanken, zu betrachten seien.

Mineralogisches Institut der Universität Halle a. S.

Zu Herrn Joh. Koenigsberger's geologischen Mitteilungen über Norwegen.

Von **V. M. Goldschmidt, J. Rekstad, Th. Vogt.**

Herr Joh. Koenigsberger, der im Jahre 1910 einige Wochen in Norwegen reiste, hat seitdem in mehreren Abhandlungen Beobachtungen und Hypothesen über norwegische Geologie veröffentlicht. Da seine Angaben eine Anzahl von Irrtümern enthalten, sind wir zu einer Widerlegung genötigt, damit nicht unser Schweigen als Zustimmung gedeutet wird und seine Angaben in die Literatur übernommen werden. Die folgende Zusammenstellung dürfte genügen, um unser Urteil zu begründen; sie macht noch keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da einige von Herrn Koenigsberger's Angaben erst diesen Sommer nachgeprüft werden sollen.

I.

Comptes rendus du XI. Congrès géologique international. Stockholm 1910. p. 639. „Die kristallinen Schiefer der zentralschweizerischen Massive und Versuch einer Einteilung der kristallinen Schiefer."

Herr Koenigsberger führt in diesem Vortrag als Beispiele

---

[1] J. Johnston und L. H. Adams, Die Dichte fester Stoffe, mit besonderer Berücksichtigung der durch hohe Drucke hervorgerufenen dauernden Änderungen. Zeitschr. f. anorg. Chem. 1912. 76. p. 274—302. Hier auch die weitere Literatur.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: 1913

Autor(en)/Author(s): Boeke Hendrik Enno

Artikel/Article: Bemerkung über die Theorie von J. Johnston bezüglich des Verhaltens fester Stoffe unter ungleichförmigem Druck. 321-324