



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

**Vorlesungen über die chemische Gleichgewichtslehre und
ihre Anwendung auf Probleme der Mineralogie,
Petrographie und Geologie**

Marc, Robert

Jena, 1911

Einfluß des Druckes auf Systeme aus zwei Komponenten, deren
Ausscheidungsfolge und Ausscheidungsform

[urn:nbn:de:hbz:466:1-77915](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-77915)

VI. Vorlesung.

Einfluß des Druckes auf Systeme aus zwei Komponenten, deren Ausscheidungsfolge und Ausscheidungsform.

Literatur.

- Roozeboom: Heterogene Gleichgewichte. II¹, 1904, 423—432.
J. H. L. Vogt, Silikatschmelzlösungen. II, 1904.

Wir haben bisher die Vorgänge betrachtet, die sich abspielen können, wenn eine aus 2 Komponenten bestehende Schmelze sich bei konstantem Druck abkühlt.

Abgesehen von der Einfachheit der Zusammensetzung, dürften solche Systeme auch dadurch bei der Naturbetrachtung nur beschränkte Dienste leisten, daß bei dem Festwerden von Gesteinen die Vorgänge nicht immer isobar verlaufen sein dürften, sondern neben der Temperaturabnahme auch Druckänderungen einhergegangen sind. Vor allen Dingen aber finden wir natürlich vielfach Gesteine vor, die nach ihrer Entstehung unter andere Druckverhältnisse gelangt sind als diejenigen, bei denen sie sich gebildet haben. Und es ist unsere Aufgabe, uns darüber zu unterrichten, wie etwaige Druckänderungen auf die Erscheinungsform eines Gesteines wirken können¹⁾.

Den großen Einfluß des Druckes auf das Auftreten oder Nichtauftreten einzelner Mineralien, z. B. des Tridymits, haben wir ja schon bei den einkomponentigen Systemen erörtert. Damals konnten wir unsere Betrachtungen an Figuren in der Ebene ausführen, das ist jetzt nicht mehr möglich, wo wir außer der Temperatur und dem Druck

1) Diese Frage ist bereits von Bunsen erörtert worden: Pogg. Ann. 81, 562 (1850).

auch noch über die Konzentration disponieren wollen. Wir wählen daher das räumliche Modell. Konkrete, genauer untersuchte Beispiele, die neben dem Einfluß der Temperatur auch denjenigen des Druckes bei mehrkomponentigen Systemen berücksichtigen, sind, soviel mir bewußt, bisher nicht bekannt geworden, und so wollen wir uns an ein vollständig fingiertes Beispiel halten. Es stelle das Modell Fig. 50, das in Fig. 50a nochmals skizziert abgebildet ist, die Verhältnisse dar. Wir wählen sie zunächst möglichst einfach. Es sollen zwischen den beiden Komponenten keinerlei Verbindungen bestehen, weder bei höheren noch bei niederen Drucken. Die vordere Seite des Modells

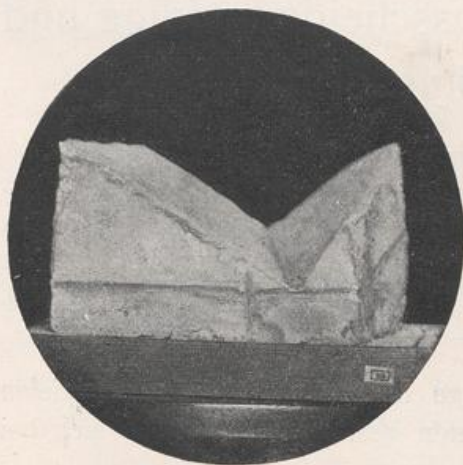


Fig. 50.
Modell für die Änderung der Lage des Eutektikums durch Druck.

AEBDC stellt die Verhältnisse bei niederen Drucken dar, *A* und *B* sind die Schmelzpunkte der beiden reinen Stoffe, *E* der eutektische Punkt. Die Rückfläche deutet die Verhältnisse bei höheren Drucken an, der Schmelzpunkt von *A* möge nur wenig, der Schmelzpunkt von *B* relativ stark mit dem Druck ansteigen zu *A'* und *B'*. Dadurch verschiebt sich naturgemäß auch die Lage des Eutektikums, sie möge *E'* heißen. Die Linie *AA'* verbindet daher sämtliche Schmelzpunkte von *A* bei den verschiedenen Drucken,

die Linie *BB'* diejenigen von *B*, die Linie *EE'* die eutektischen Punkte, während die Flächen *AA'E'E* und *BB'E'E* die Grenzen bedeuten, bei denen Magmen verschiedener Zusammensetzung bei verschiedenen Drucken zu kristallisieren beginnen werden.

Wir denken uns nun zunächst folgendes: Bei einem sehr hohen Drucke, der der Rückfläche des Modells entsprechen soll, beginnt ein Magma von der Zusammensetzung *x'* sich abzukühlen. Die Abkühlung erfolge zunächst isobar, d. h. bei konstantem Druck. Es scheiden sich dann im Punkte *F* Kristalle von *B* aus, die allmählich weiter wachsen, bis *E'* erreicht ist, worauf sich das Eutektikum *A* und *B* als inniges Gemenge ausscheidet, bis alles fest ist. Die Temperatur sinke weiter bis zu einem niedrigen Punkt *z'* und dann erfolge Druckentlastung, Linie *z'z*. Wir haben dann bei gewöhnlichem Druck ein Gestein von der Zusammensetzung *z*, in welchem Kristalle von *B* eingelagert

in einem Eutektikum von $A+B$ vorliegen. Einen Grund, sich irgendwie zu verändern, hat dieses Gestein nicht, wenn keine äußeren Einflüsse an dasselbe herantreten, wie z. B. Wiedererwärmung, lösende Agentien etc., denn die Stoffe A und B sind ja nebeneinander beständig.

Träte nun aber das Gegenteil ein, das Magma geriete zuerst, solange es noch flüssig ist, an Stellen geringeren Druckes und kühle sich dann ab, was wir durch die Linie $x'xz$ andeuten, so bleibt zu-

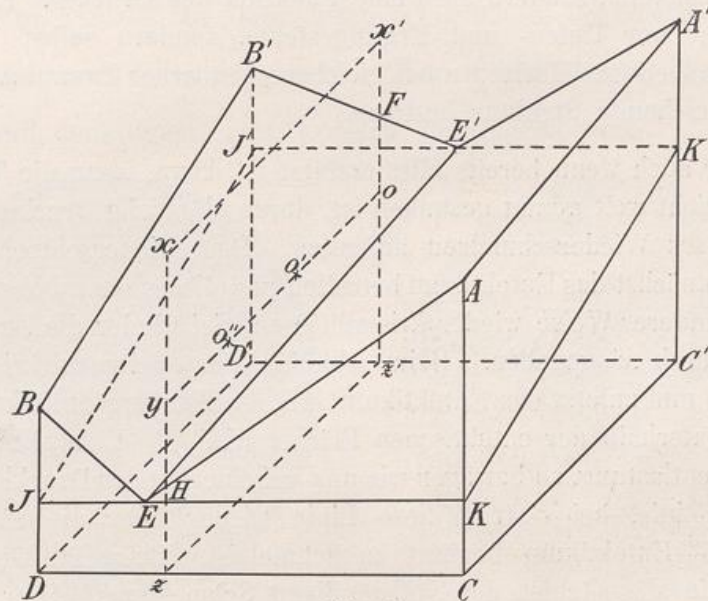


Fig. 50a.

- B = Schmelzpunkt des reinen B bei Atmosphärendruck.
- A = " " " " " " " "
- E = Eutekt. Punkt bei Atmosphärendruck. " "
- B' = Schmelzpunkt des reinen B bei hohem Druck.
- A' = " " " " " " " "
- E' = Eutekt. Punkt bei hohem Druck. " "
- EE' = Eutekt. Linie.

- Fläche $BEE'B'$ = Fläche, die die Schmelzpunkte von B bei wechselnder Zusammensetzung und wechselndem Druck andeutet.
- " $AEE'A'$ = Fläche, die die Schmelzpunkte von A bei wechselnder Zusammensetzung und wechselndem Druck andeutet.
- " $JKK'J'$ = Eutekt. Fläche.
- Unterhalb der eutekt. Fläche ist alles fest.
- Oberhalb $EKK'E'$ sind Kristalle von A mit Schmelze in Gleichgewicht.
- " $EJJ'E'$ " " B " " " " "
- " der Flächen $BEE'B'$ und $AEE'A'$ ist alles flüssig. "

nächst alles flüssig, bis die Abkühlungskurve den Punkt H schneidet. Sie sehen, daß derselbe auf der Erstarrungskurve von A liegt. Es werden also jetzt zunächst Kristalle von A sich aus der Schmelze abscheiden und wachsen, bis schließlich in E das Eutektikum von A und B kristallisiert. Das so erhaltene Gestein wird daher nach vollständiger

Abkühlung eine ganz andere Struktur zeigen, als das vorher besprochene, obgleich es aus genau der gleichen Schmelze durch die gleichen Operationen erhalten worden ist, nur daß dieselben in umgekehrter Reihenfolge vollzogen wurden.

Wir können aus diesem einfachen Beispiel viel lernen. Die Kristallisationsfolge ist nicht nur eine Funktion von Schmelzpunkt und Zusammensetzung, sondern auch eine Funktion des Druckes. Es können daher nicht nur Tiefen- und Ergußgesteine, sondern selbst Tiefengesteine verschiedener Horizonte bei gleicher chemischer Zusammensetzung leicht abweichende Struktur besitzen.

Aber auch wenn bereits alles erstarrt ist, kann, wenn die Temperatur noch nicht weit genug gesunken ist, durch plötzliche Druckentlastung ein teilweises Wiederschmelzen auftreten. Das Wiederschmelzen wird natürlich zunächst das Eutektikum betreffen und dieses dann bei normalem Druck in anderer Weise wieder kristallisieren. Sei wieder die Zusammensetzung durch x' gegeben. Beim Abkühlen unter Druck kristallisiert zunächst B und zuletzt das Eutektikum AB , die Temperatur sinkt bis zum Punkt o unterhalb der eutektischen Fläche, $KK'JJ'$. Erfolgt nun plötzlich Druckentlastung, so bewegen wir uns auf einer zu der Drucklinie DD' parallelen Linie, bei o' tritt diese Linie wieder über die eutektische Fläche, das Eutektikum beginnt zu schmelzen. Beim Punkte o'' tritt die Linie in das Gebiet der vollständigen Schmelzung. Hier müßten also auch die Kristalle von B schmelzen. Wenn aber die Druckabnahme genügend rasch verläuft oder gleichzeitig mit derselben eine Temperaturabnahme einhergeht, so braucht diese Schmelzung nicht notwendig vollständig zu sein, sie kann sich auf eine Abrundung der Kanten beschränken, und nun beginnt die Schmelze von neuem zu kristallisieren, indem sie sich längs der Linie yHz abkühlt; es wird sich zuerst A in Kristallen dann ein Eutektikum von A und B abscheiden. Das resultierende Gestein würde dann Kristalle von B mit abgerundeten Kanten, daneben Kristalle von A und zuletzt ein Eutektikum von A und B enthalten oder der wiedergeschmolzene Teil würde infolge rascher Abkühlung glasig erstarren, wir hätten dann einen Kristall mit abgerundeten Kanten in einer glasigen Grundmasse. Solche abgerundete Kanten, die durch ein partielles Wiederschmelzen bewirkt sind, finden sich häufig an natürlichen Gesteinen, und zwar, wie zu erwarten, an solchen Gesteinen, bei denen eine plötzliche Druckentlastung stattgefunden hat, bei den Ergußgesteinen. So zeigen sich in Quarzporphyren und Vitrophyren häufig große stark korrodierte Quarze und

Olivine in feinkristallinischer oder glasiger Grundmasse (siehe Figur 51 und 52).

Es soll natürlich keineswegs behauptet werden, daß die Druckänderung die einzige Ursache dafür ist, daß bereits ausgeschiedene Mineralien nachträglich korrodiert werden. Wir werden vielmehr noch eine andere Ursache in den nächsten Stunden kennen lernen.

Es darf nicht verkannt werden, daß die Figuren 49 u. 50 stark extreme Verhältnisse zur Darstellung bringen. Im allgemeinen wird für die verschiedenen Silikatgesteine der Wert $\frac{dt}{dp}$ (Änderung des Schmelzpunktes mit dem Druck) relativ wenig verschieden sein.



Fig. 51²⁾.

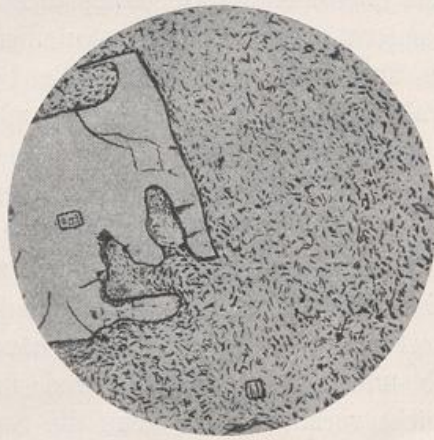


Fig. 52³⁾.

Roozeboom¹⁾ berechnet für 2 Stoffe mit den Schmp. 1000 und 1200° unter einer Annahme von $\frac{dt}{dp} = 0.03^\circ$ und 0.02° und einer parallelen Verschiebung der Schmelzpunktlinien eine Verlegung des Eutektikums um 10% für 10000 Atmosphären (d. i. ca. 35 km Tiefe).

Vogt⁴⁾ hält diese Berechnung für wesentlich zu hoch, da die Zahlen für $\frac{dt}{dp}$, die Messungen von Barus entstammen, wesentlich zu hoch gegriffen sein sollen.

1) Roozeboom, siehe das eingangs zitierte Werk.

2) Korrodiertes Olivin in Basaltglas. Phot. nach Rinne, Praktische Gesteinkunde, S. 70.

3) Korrodiertes Quarz neben Feldspat in mikrolithenreicher Glasbasis (Vitrophyr.). Nach Rosenbusch, Elemente der Gesteinlehre, S. 60.

4) Vogt, Tscherm. Mitt. 27, S. 105 ff.

Andererseits ist zu bemerken, daß die Voraussetzung, daß die Schmelzpunktlinien einander parallel bleiben, sowie daß dieselben Gerade sind, sicher nicht zutreffend ist, und so könnten selbst bei wesentlich kleineren Werten von $\frac{dt}{dp}$ immerhin noch recht bedeutende Verschiebungen zu erwarten sein. Ein wesentlicher Einfluß des Drucks, namentlich aber plötzlicher Druckänderungen während der Kristallisation auf die Ausscheidungsfolge dürfte daher keinesfalls so unwahrscheinlich sein, wie Vogt annimmt.

Das, was wir bei dem einfachsten System aus 2 Komponenten festgestellt haben, daß nämlich die Ausscheidungsfolge und die Struktur des entstehenden Gesteines nicht nur von den dynamischen Einflüssen, sondern auch von deren Aufeinanderfolge abhängig ist, das wird sich in noch viel stärkerem Maße bei den komplizierteren Systemen bewahrheiten, bei denen also außer dem Eutektikum auch noch Verbindungen auftreten können.

Fast selbstverständlich aber ist es, daß manche Verbindungen, die bei hohen Drucken für sich existenzfähig sind, bei tieferen Drucken unterhalb ihres Schmelzpunktes zerfallen werden und umgekehrt. Ob eine Verbindung bei zunehmendem Druck beständiger oder weniger beständig werden wird, das hängt allein von den Volumverhältnissen ab und läßt sich auf Grund unserer Regel von Actio und Reactio leicht voraussagen. Wenn die Summe der Volumina der beiden Komponenten geringer ist als dasjenige der entstehenden Verbindung, so wird der Druck die Zersetzung befördern und umgekehrt. In solchen Fällen kann es natürlich häufig vorkommen, daß die bei höheren Drucken entstandene Verbindung bei der Druckentlastung zerfällt oder daß bei derselben neue Verbindungen entstehen. So finden wir überaus häufig in gedrückten Gesteinen durch den Druck hervorgerufene Umwandlungen, sog. Dynamometamorphosen. Solchen Dynamometamorphosen verdanken bekanntlich die kristallinen Schiefer ihre mineralische Eigenart (näheres hierüber später).

Der Begriff der Lösung.

Literatur.

Rothmund, „Löslichkeit und Löslichkeitsbeeinflussung“. Bd. VIII von Bredigs Handb. d. angewandten phys. Chemie.

Wir haben bisher bei unseren Betrachtungen noch eine Reihe von Einschränkungen gemacht, die wir jetzt der Reihe nach fallen lassen