

Chemomechanics and Diagenesis – Pressure Solution as Example*

Chemomechanik und Diagenese – Drucklösung als Beispiel

FLORIAN K. LEHNER (Salzburg)

Key words: Intergranular pressure solution (IPS); free-face solution (FFS); poroelasticity

Summary

This paper offers a concise review of a theory of stress-enhanced solution or “pressure solution” of soluble rocks in an aqueous pore fluid. Pressure solution is the prime example of a chemomechanical geological process that can produce substantial diagenetic effects by destroying porosity, both by intergranular dissolution and by the supply of cement. Pressure solution has been the subject of a fair number of theoretical investigations during the last fifty years and has also been explored in numerous experimental studies. While there exists agreement among investigators on many issues, there is also some disagreement on certain questions that are notoriously difficult to answer by experiments. This paper offers a view of pressure solution favoured by the author. The construction of a theory of rock deformation caused or aided by pressure solution is put into the foreground. It is shown to hinge upon one’s ability to exploit an appropriate Gibbs equation for a soluble solid skeleton, supplemented by a kinetic description of solution/precipitation and grain boundary diffusion. The overall deformation problem for a soluble aggregate involves two modes of deformation, intergranular pressure solution (IPS) and free-face solution (FFS). These are dealt with separately for reasons given, and FFS in particular is explored anew for the simplest possible model porous medium. The analysis suggests further developments, such as for example a linearized theory of poroelastic materials only mildly affected by FFS.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit bietet eine knappe Darstellung der Theorie von Drucklösungsprozessen in porösen, wasserhältigen Gesteinen. Drucklösung ist das klassische Beispiel eines chemomechanischen Prozesses, der unter bestimmten Voraussetzungen von grosser Bedeutung für die Sedimentdiagenese ist. Dem Phänomen der Drucklösung wurde in den letzten fünfzig Jahren eine ansehnliche Zahl an theoretischen Arbeiten gewidmet, ebenso wie eine Vielzahl experimenteller Arbeiten. Obwohl in vielen Punkten Übereinstimmung besteht, bleiben bestimmte kontroversiell diskutierte Fragen offen, die durch Experimente nur schwer eindeutig geklärt werden können. Dieser Beitrag bietet hier in erster Linie die Sicht bzw. Vorgehensweise seines Autors. Der Aufbau einer Theorie der durch Drucklösungsprozesse ermöglichten Verformung von Gesteinen steht hierbei im Vordergrund. Dieser hängt in erster Linie ab von einer gelungenen Auswertung der Gibbs’schen Fundamentalgleichung für einen löslichen, gespannten Feststoff, und von entsprechend modifizierten kinetischen Gesetzen für Lösungs- und Diffusionsprozesse an Korngrenzen und Kornoberflächen. Beim allgemeinen Problem der Deformation eines löslichen Korngerüsts liegt es nahe, zweierlei Drucklösungsvorgänge getrennt zu betrachten, d. h. intergranuläre Drucklösung (IPS) von Drucklösung entlang freier Kornoberflächen (FFS) zu unterscheiden. Dies wird in der vorliegenden Arbeit begründet und sowohl für IPS als auch FFS an sehr einfachen Modellen dargelegt. Eine isolierte Betrachtung von FFS legt weitere Entwicklungen nahe, beispielsweise den Aufbau einer linearen Theorie poroelastischer, löslicher Materialien, die nur kleine Massenverluste entlang freier Porenwände erleiden.

* Vortrag gehalten im Kolloquium der Klasse Naturwissenschaften der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin e. V. zum 120. Geburtstag von Serge v. Bubnoff „Zu Grundproblemen der Geologie“ am 8.10.2008 im Museum für Naturkunde, Berlin, Invalidenstraße 43