

A. Schult, München

"Messungen der elektrischen Leitfähigkeit von Mineralen  
und Gesteinen im Labor"

Montag, den 11.03.1974

Es gibt eine größere Anzahl von Messungen der elektrischen Leitfähigkeit unter hohen Drucken und Temperaturen für Minerale und Gesteine, die wahrscheinlich einen Bestandteil der unteren Kruste und des oberen Mantels darstellen. Die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit dieser Materialien kann in dem interessierenden Temperatur-Intervall beschrieben werden durch

$$\sigma = \sum_i \sigma_i \exp(-E_i/kT).$$

$E_i$  sind Aktivierungs-Energien,  $T$  ist die absolute Temperatur,  $k$  ist die Boltzmannkonstante und  $\sigma_i$  sind Konstanten.  $i = 1, 2, 3$ . Die Parameter  $\sigma_i$  und  $E_i$  sind meistens vom Druck abhängig aber verhältnismäßig schwach. Die elektrische Leitfähigkeit wird deshalb vorwiegend durch die Temperatur bestimmt, zumindest bis in Tiefen von einigen 100 km.

In Fig. 1 sind elektrische Leitfähigkeits-Daten des Olivinsystems  $[(Mg, Fe)_2SiO_4]$  zusammengestellt mit dem Druck als Parameter. Ausgewählt wurden Olivinproben mit einem Fayalitgehalt ( $Fe_2SiO_4$ ) von etwa 10%; diese Zusammensetzung des Olivins ist für den oberen Mantel zu erwarten. Durch Erhöhung des Druckes wird in nahezu allen Fällen in dem gezeigten Temperaturintervall die Leitfähigkeit erhöht. Die Leitfähigkeit steigt bei einer Drucksteigerung von etwa 0 kb auf 50 kb um weniger als eine Größenordnung. Der Einfluß von Drucken sehr viel über 50 kb ist bisher nicht untersucht worden.

Aus Fig. 1 ist ersichtlich, daß der (für den oberen Mantel wahrscheinliche) Gehalt an Fayalit keinen sehr großen Einfluß auf die elektrische Leitfähigkeit hat. Olivinproben

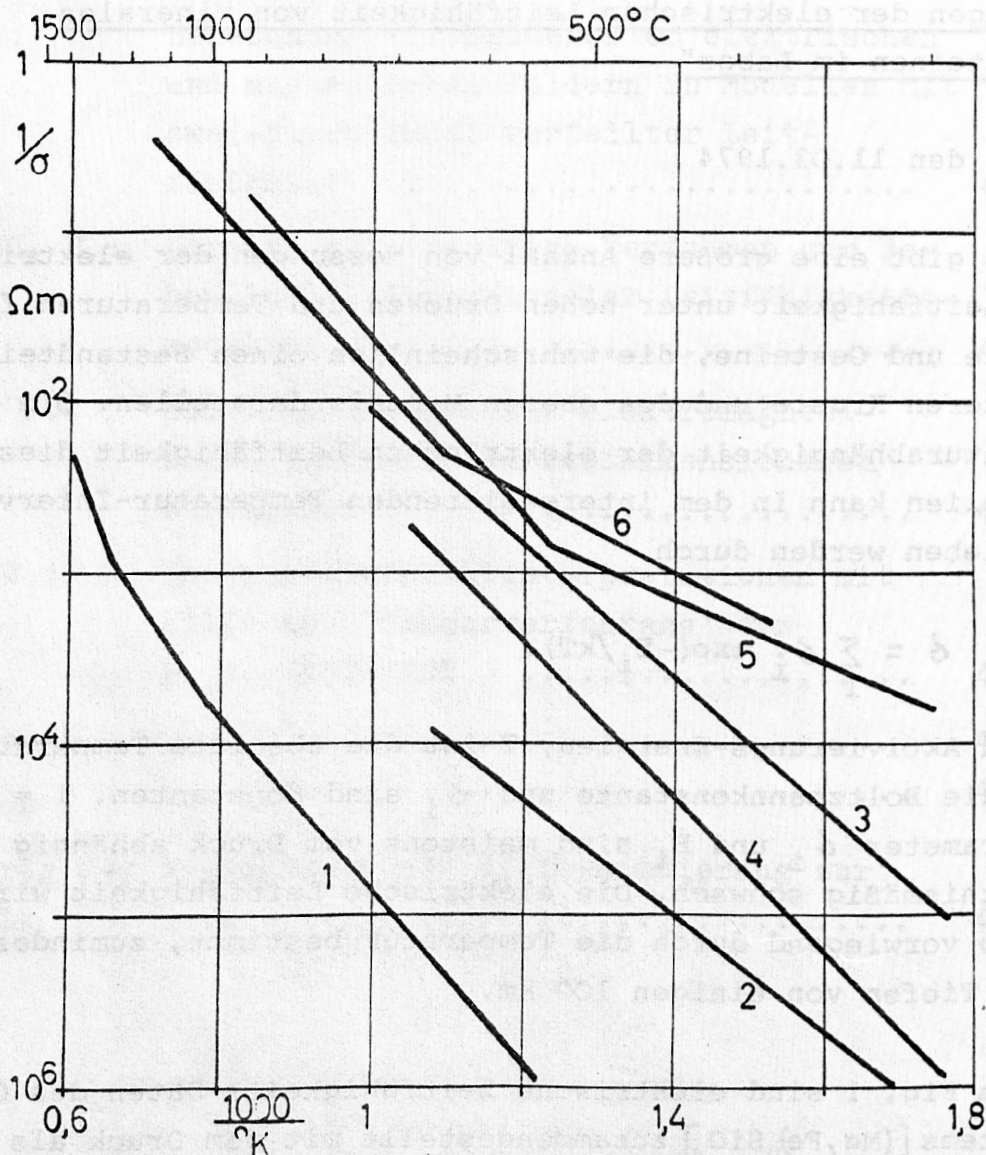


Fig.1: Die elektrische Leitfähigkeit von Olivinen. Kurve 1 Einkristall 9,4 Mol % Fayalit, kein merklicher  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Gehalt, 8 kb (DUBA 1972). 2 Einkristall 8,2 % Fayalit 0,16 Gew %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 7,5 kb (DUBA 1972). 3 Einkristall 26,4 % Fayalit, 7,5 kb (DUBA 1972). 4 polykristallin 10 % Fayalit, 0,6 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 23 kb (BRADLEY et al.1964), 5 Einkristall 11 % Fayalit 0,5 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 30 kb (SCHOBBER 1971). 6 polykristallin 8,6 % Fayalit, 0,4 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 35 kb (SCHOBBER 1971). Weitere Beispiele aus der Literatur für Olivinproben mit geringer elektrischer Leitfähigkeit (Leitfähigkeitswerte in der gleichen Größenordnung wie Kurve 1) haben DUBA et al.(1974) zusammengestellt.

mit fast gleichem Gehalt an Fayalit können aber große Unterschiede in der elektrischen Leitfähigkeit haben, bis zu vier Größenordnungen. Untersuchungen von DUBA (1972) haben ergeben, daß Olivinproben mit vergleichbar geringer elektrischer Leitfähigkeit keinen meßbaren Gehalt an dreiwertigem Eisen haben, während bei Proben mit hoher elektrischer Leitfähigkeit ein merklicher Gehalt an  $\text{Fe}^{3+}$  gefunden wird (siehe Fig.1). Eine systematische Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von  $\text{Fe}^{3+}$  Gehalt kann allerdings aus den bisherigen Untersuchungs-Ergebnissen nicht abgeleitet werden. DUBA et al. (1973) konnten aber zeigen, daß sich die elektrische Leitfähigkeit einer Olivinprobe mit merklichem  $\text{Fe}^{3+}$  Gehalt um ca. drei Größenordnungen verringert, wenn diese bei Temperaturen oberhalb  $900^{\circ}\text{C}$  einem so geringen Sauerstoff-Partialdruck ausgesetzt wird (ca  $10^{-8}$  Atm. bei  $1200^{\circ}\text{C}$ ), daß das dreiwertige Eisen reduziert wird. Somit hat der Sauerstoff-Partialdruck, mit dem der Olivin im Gleichgewicht steht, einen ganz wesentlichen Einfluß auf die elektrische Leitfähigkeit.

Die elektrische Leitfähigkeit anderer möglicherweise in der Erde vorkommenden Mineralsysteme und auch von basischen Gesteinen ist ähnlich der des Olivin-Systems (SCHULT 1974), wobei in den meisten Fällen eine relativ hohe elektrische Leitfähigkeit gefunden wird (vergleichbar mit der der Olivine mit merklichem  $\text{Fe}^{3+}$  Gehalt). In einigen Fällen ergibt sich auch eine geringe elektrische Leitfähigkeit. Ob dies auf unterschiedlichen Gehalt an  $\text{Fe}^{3+}$  zurückzuführen ist wurde bisher noch nicht untersucht.

Die Streuung der Leitfähigkeits-Daten in Fig. 1 ist groß und daher ist eine Abschätzung der Temperatur-Verteilung in der Erde von Leitfähigkeit-Tiefen-Profilen mit großer Unsicherheit behaftet. Dennoch lassen sich einige Schlüsse ziehen.- Nach vielen Autoren ergibt sich aus erdmagnetischen Tiefensondierungen eine verhältnismäßig gut leitende Schicht (mit etwa  $3 \cdot 10^{-2} \Omega^{-1} \text{m}^{-1}$ ) in einer Tiefe von ca 80 km, die lokal auch in geringerer Tiefe sein kann. Darunter befindet sich wieder eine Zone geringer elektrischer Leitfähigkeit

(in der Größenordnung von  $10^{-3} \Omega^{-1} m^{-1}$ ), die in 400 - 600 km Tiefe auf  $1 \cdot \Omega^{-1} m^{-1}$  zunimmt. Nimmt man für die gut leitende Schicht als wichtigen Bestandteil einen Olivin (ca 10 % Fayalitgehalt) mit merklichem Gehalt an  $Fe^{3+}$  an, ergibt sich für diese Schicht eine Temperatur von  $800^{\circ}C$ . - Bei der Annahme von  $Fe^{3+}$ -freiem Olivin in 80 km Tiefe ergeben sich unrealistisch hohe Temperaturen schon in geringer Tiefe.- Die Zone niedriger elektrischer Leitfähigkeit unter der gut leitenden Schicht könnte im wesentlichen aus  $Fe^{3+}$  freiem Olivin bestehen; es ergäbe sich dann eine Temperatur von ca.  $1200^{\circ}C$ .

### Literatur

- BRADLEY, R.S., JAMIL, A.K., and MUNRO, D.C.: The electrical conductivity of olivine at high temperatures and pressures. Geochim. Cosmochim. Acta, 28, 1969 - 1978, 1964.
- DUBA, A.: The electrical conductivity of olivine. J Geophys. Res., 77 2483-2495, 1972
- DUBA, A., and NICHOLLS, I.A.: The influence of oxidation state on the electrical conductivity of olivine. E.P.S.L., 18, 59-64, 1973
- DUBA, A., HEARD, H.C., and SCHOCK, R.N.: Electrical conductivity of olivine at high pressure and under controlled oxygen fugacity. J. Geophys. Res., 79, 1667-1673, 1974.
- SCHOBBER, M.: The electrical conductivity of some samples of natural olivine at high temperatures and pressures. Z. Geophys., 37, 283-292, 1971
- SCHULT, A.: Some petrophysical aspects of deep structure. In: Results of Deep Seismic Sounding in the Federal Republic of Germany (erscheint vielleicht 1974).