

H. Dittus

Diskussionsbeitrag:

### Warum betreiben wir elektromagnetische Tiefensondierung eigentlich nur auf der Erde ?

#### 1 Einleitung

Das wiedererwachte Interesse an der Erkundung erdnaheer Planeten und Asteroiden wird noch in den 90er Jahren den Start einer Reihe von Raumflugmissionen zur Folge haben. Im Rahmen der Recherchen zum Entwurf eines Szenarios für eine planetare Kleinsatellitenmission zum Planeten Mars ergab sich die in der Überschrift formulierte Frage eher zufällig und durchaus überraschend für den Autor. Keine der derzeitigen Missionsplanungen erwägt den Einsatz magnetischer oder elektromagnetischer Tiefensondierungsverfahren zu Prospektionszwecken. Auch sind dem Autor keine Vorhaben zur Messung des zeitlich veränderlichen Magnetfelds in der Ionosphäre des Planeten bekannt, obwohl die Kenntnis dieses Feldes die wesentliche Voraussetzung für das Verständnis der Wechselwirkung des solaren Windes mit der Planetenatmosphäre ist. Die Wechselwirkung ist wesentlich bestimmt durch die Ausdehnung von Atmosphäre und Ionosphäre sowie durch die Stärke des intrinsischen planetaren Magnetfeldes. Da die Feldstärke des intrinsischen Mars-Magnetfeldes nur wenige nT beträgt und der thermische Druck an der Ionosphären-Oberseite kleiner ist als der dynamische Druck des solaren Windes, muß ein durch den solaren Wind induziertes Magnetfeld in der Planeten-Ionosphäre existieren. Alle Untersuchungen dieser planetaren Wechselwirkung beschränken sich auf numerische Modellrechnungen, die sich auf Messungen der Ionenkonzentrationen während der 1976 geflogenen Landermissionen Viking 1 und 2 stützen (Shinagawa und Cravens 1989, Hanson und Mantis 1987, 1988). Es ist daher verwunderlich, daß auch für die in naher Zukunft geplanten Raumflugmissionen zum Mars, aber auch zur Venus, der Mitflug von Magnetometern mit hoher Meßfrequenz nicht vorgesehen ist, zumal die extreme Beschränkung der Datenraten für Funkstrecken heutiger Missionen weitgehend entfällt, und die heutzutage verfügbaren Fluxgate-Magnetometer bei einer Dynamik von 1000 nT in drei Komponenten mit einer Genauigkeit von  $< 10$  pT bei Samplingraten von 200 Hz mit sehr kleinen Abmessungen und geringer Masse ideale Nutzlasten darstellen.

Auch die Instrumentierung aller dem Autor bekannten, geplanten Landersysteme sieht keine zeitlich hoch aufgelöste Registrierung elektrischer oder magnetischer Felder auf der Planetenoberfläche vor. Die Vernachlässigung der äußerst eleganten elektromagnetischen Prospektionsverfahren gab Anlaß zu nachfolgenden grundsätzlichen Betrachtungen.

## 2 Ionosphärisches Magnetfeld

Bereits erwähnt wurde, daß es bis heute für keinen planetaren Himmelskörper Messungen des zeitlich veränderlichen ionosphärischen Magnetfeldes gibt. Es erscheint daher notwendig, entsprechende Messungen auf einer Mission durchzuführen mit Blick auf die Verwendung des natürlichen ionosphärischen Magnetfeldes als Anregungsquelle für ein elektromagnetisches Tiefensondierungsverfahren bei einer späteren Landermission. Im Rahmen einer Projektplanung für eine Mars-Erkundungsmision hat der Autor vorgeschlagen, ein mit hoher zeitlicher Auflösung registrierendes Fluxgate-Magnetometer in einem Spacecraft in einer stark elliptischen Umlaufbahn zu fliegen, deren Perigäum bei 100 - 150 km über der Marsoberfläche und damit im Bereich der Mars-Ionosphäre liegt (Iglseider et al. 1991).

Als ein erster Hinweis auf die zu erwartenden Registrierungen kann das Ergebnis der Messungen mit dem MAGMA-Magnetometer auf Phobos 2 bei Querung der Bow-Shock in ca. 1,5 Marsradien Abstand, entsprechend 1700 km Höhe, dienen (Schwingenschuh et al. 1990). Abb. 1 zeigt die Powerspektren kurz vor und kurz nach der Querung. Obwohl die Samplingrate mit nur 1,5 s zu gering für Aussagen hinsichtlich der Untersuchungen ionosphärischer Prozesse war, sind die auf Phobos 2 durchgeführten Magnetfeldmessungen die bisher besten, zumal die Perigäumshöhe bei nur 876 km lag.

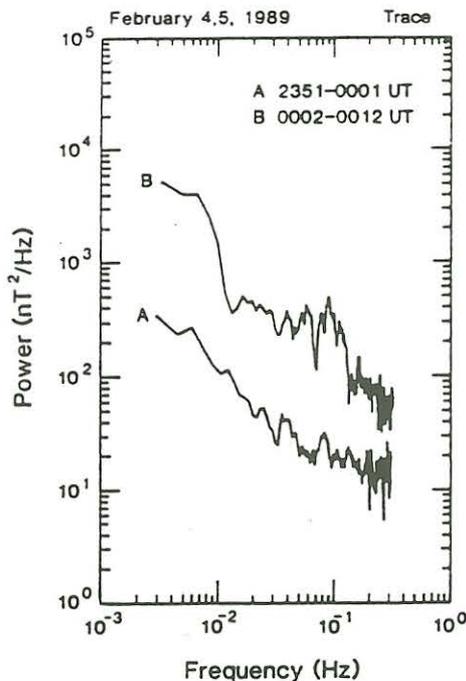


Abb. 1: Power Spektren des Magnetfeldes bei Querung der Mars-Bow-Shock von Phobos 2 im Februar 1989, (A) unmittelbar vor und (B) unmittelbar nach der Querung Schwingenschuh et al. 1990), zeitlicher Abstand der Messungen 1 min, Länge der Intervalle 10 min., Samplingrate 1,5 s.

### 3 Messungen auf der Planetenoberfläche

Neben den Registrierungen zur magnetischen Tiefensondierung mit 3-Achsmagnetometern im Rahmen von Missionen mit Einzel- oder Mehrfachlandersystemen sollte in allen Fällen auch die magnetotellurische Registrierung durchgeführt werden. Unübersehbar bleibt dabei das Problem der Beschaffenheit der E-Feld-Sonden.

Seit den Missionen Viking 1 und 2 im Jahr 1976 ist kein Spacecraft auf der Oberfläche des Planeten Mars gelandet. Die von Viking 1 und 2 genommenen Gesteinsproben und die auf den Landern durchgeführten Analysen mit Bordinstrumentierung sind daher die einzige Quelle zur Abschätzung der Möglichkeiten zur Messung elektrischer Felder auf Mars. Der mittels gaschromatographischer und massenspektrometrischer Analyse ermittelte Wassergehalt schwankt für verschiedene Proben von Viking 1 und 2 zwischen 0,1 und 1,0 Gewichtsprozent und ist damit überraschend hoch (Moore et al. 1987). Obwohl Reaktionen mit Wasserstoff während des Analyseprozesses als Ursprung des Wassers nicht ausgeschlossen werden können, sind Absorptionsprozesse aus der Marsatmosphäre die denkbare Erklärung. Absorbiertes Wasser kann unter den auf Mars herrschenden Temperatur- und Druckbedingungen existieren. Bei einer angenommenen Oberflächentemperatur von 220 K, einem Wassereis-Dampfdruck von  $10^{-5}$  bar und einem Wasserdampf-Partialdruck von ca.  $10^{-6}$  bar ergibt sich eine relative Feuchte von 0,1, so daß die gemessenen Wassergehalte z.B. für lehmiges Material realistisch sind (Moore et al. 1987).

Es steht außer Frage, daß zur Registrierung elektrischer Felder auf Planetenoberflächen geeignete Verfahren entwickelt werden müssen. Die Möglichkeit induktiver Kopplung besteht jedoch in jedem Fall.

### 4 Zusammenfassende Anmerkungen und Anregungen

1. Die geophysikalische, planetare Erkundung sollte auch die auf der Erde bewährten Verfahren zur elektromagnetischen Tiefensondierung mit einschließen.
2. Tiefensondierungsverfahren sind fertig entwickelte Prospektionsverfahren, die ohne großen finanziellen und gerätetechnischen Aufwand für Raumfahrtprojekte prädestiniert sind.
3. Elektromagnetische Tiefensondierung auf planetaren Körpern sollte auch vergleichende Interpretationen mit irdischen Messungen erlauben.
4. Elektromagnetische Tiefensondierung auf Planeten ist ohne den Einfluß anthropogener Störungen möglich.
5. Aus vorgenannten Gründen erscheint die Einrichtung eines Arbeitskreises mit dem Ziel der konkreten Einflußnahme auf die wissenschaftlichen Missionsplanungen notwendig.

**Literatur:**

W.B. Hanson, G.P. Mantas: Viking Electron Temperature Measurements - Evidence for a Magnetic Field in the Martian Ionosphere, *J. Geophys. Res.*, 93, 7538-7544, 1988.

H. Iglseider, H. Dittus, H.J. Königsmann, E. Igenbergs, O.V. Nielsen: MAREX - Mars Explorer Mini Mission, unveröffentl. Proposal, Zentrum f. angew. Raumfahrttechnologie u. Mikrogravitation, Universität Bremen, 1991.

G.P. Mantas, W.B. Hanson: Analysis of the Martian Ionosphere and Solar Wind Electron Gas Data from the Planar Retarding Potential Analyzer on the Viking Spacecraft, *J. Geophys. Res.*, 92, 8559-8569, 1987.

H.J. Moore, R.E. Hutton, G.D. Clow, C.R. Spitzer: Physical Properties of the Surface Materials at the Viking Landing Sites on Mars, U.S. Geological Survey Professional Paper 1389, Washington 1987.

H. Shinagawa, T.E. Cravens: A One-Dimensional Multispecies Magnetohydrodynamic Model of the Dayside Ionosphere of Mars, *J. Geophys. Res.*, 94, 6506-6516, 1989.

K. Schwingenschuh, W. Riedler, H. Lichtenegger, Ye. Yeroshenko, K. Sauer, J. G. Luhmann, M. Ong, C.T. Russell: Martian Bow Shock - Phobos Observations, *Geophys. Rev. Lett.*, 17 (6), 889-892, 1990.