

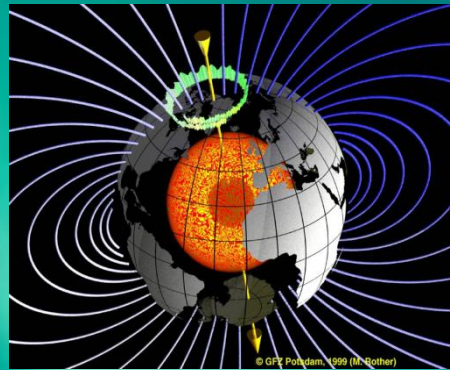
Die Missionsziele

Die Erde ist einem ständigen Beschuss mit energiereichen Teilchen von der Sonne und aus dem Weltall ausgesetzt. Glücklicherweise schützt uns das Erdmagnetfeld vor dieser gefährlichen Strahlung. Magnetfeldmessungen der vergangenen Dekaden haben gezeigt, dass das Erdmagnetfeld schwächer wird. Die mit dem Vorgängersatelliten CHAMP aufgezeichneten globalen Daten ergaben, dass die Feldstärke in bestimmten Bereichen über dem Südatlantik und über Südamerika rasch abnimmt. Die beobachtete Abnahme von 12% in 30 Jahren ist im Südatlantik besonders stark ausgeprägt. Bereits jetzt erleiden Raumfahrzeuge in dieser Region die meisten Störungen und die Besatzung der internationalen Raumstation ISS erhält hier die höchste Strahlendosis. Daher ist es dringend erforderlich, die unvorhersehbare zukünftige Entwicklung des Erdmagnetfeldes genauestens zu überwachen. Diese Aufgabe kann am besten von niedrig fliegenden Satelliten wie SWARM bewältigt werden.

Die hochauflösenden Magnetfeldmessungen von SWARM werden auch der Kartierung von magnetischen Gesteinen und Sedimenten dienen. Das resultierende magnetische Bild der Erdkruste kann für das Auffinden von Erzlagern, z.B. Eisenerz, sehr nützlich sein.

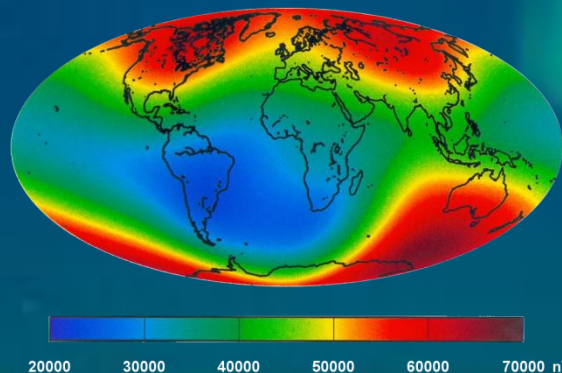
Neben dem Magnetfeld erkunden die SWARM-Satelliten auch die obere, zum Teil ionisierte und elektrisch leitende Atmosphäre. Die Schwankungen in der Elektronendichte in diesem Höhenbereich müssen überwacht werden, da sie Funkwellen streuen und Signale der GPS-Navigation stören oder ganz unterbrechen können. So kann SWARM einen bedeutenden Beitrag zur Verbesserung der Navigationsdaten leisten. Von den SWARM-Daten werden auch Beiträge zur Weltraumwetter-Vorhersage, Abschätzung von Gefahren durch kosmische Strahlungen oder Störungen durch magnetische Stürme erwartet.

Eine weitere, große Herausforderung ist die Ableitung der elektrischen Leitfähigkeit des Erdmantels aus den Magnetfeldmessungen. Natürliche Schwankungen des Erdmagnetfeldes induzieren elektrische Ströme im Erdmantel. Bei guter Leitfähigkeit fließen stärkere Ströme als bei geringer Leitfähigkeit und diese erzeugen wiederum entsprechend stärkere sekundäre Magnetfelder. Die SWARM-Mission kann mit der Ermittlung der bisher wenig bekannten Leitfähigkeit zum Verständnis des tiefen Erdinneren beitragen.



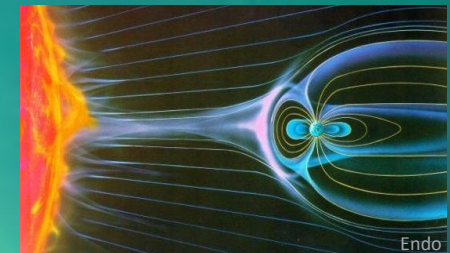
Das Erdmagnetfeld

Das Magnetfeld, das ein Satellit im Orbit misst, setzt sich im Wesentlichen aus einem inneren und einem äußeren Anteil zusammen. Der Hauptanteil des Magnetfeldes (95%) wird im flüssigen Erdkern durch den Geodynamo erzeugt. Aufgrund der großen Hitze im Erdkern sowie der schnellen Rotation der Erde entstehen Wärmeströmungen parallel zur Rotationsachse. Diese spiralförmigen Strömungen erzeugen das Erdmagnetfeld. Während das Erdmagnetfeld an der Kern-Mantel-Grenze mehrere Pole aufweist, ähnelt es an der Erdoberfläche einem Dipolfeld wie wir es von einem Stabmagneten kennen. Die Lage seines Nord- oder Südpols können wir mit einem Kompass finden. Durchschnittlich zweimal in einer Million Jahre kehrt sich dieses Magnetfeld um. Dieser Prozess der Umpolung findet im Geodynamo statt und dauert mehrere Tausend Jahre. Die letzte Polumkehr fand vor ca. 780.000 Jahren statt. Daher ist es möglich, dass wir gerade am Anfang eines neuerlichen Polsprungs stehen.

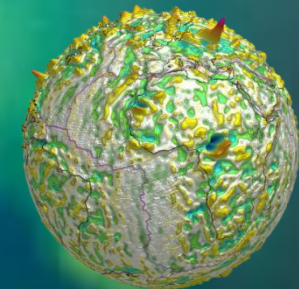


Verteilung der Magnetfeldstärke an der Erdoberfläche. Über Nordamerika, Sibirien sowie zwischen der Antarktis und Australien ist die Intensität am größten. Die Schwächezone im Südatlantik kann nicht mit der konventionellen Vorstellung eines Dipols (Nordpol-Südpol) erklärt werden.

Der äußere Teil des Magnetfeldes stammt von Strömen in der Magnetosphäre der Erde, die durch die ständige Wechselwirkung unseres Magnetfeldes mit dem Sonnenwind angetrieben werden. Der Sonnenwind besteht aus von der Sonne stammenden elektrisch geladenen Teilchen. Er drückt das Magnetfeld auf der vorderen, der Sonne zugewandten Seite zusammen. Auf der hinteren Seite zieht er die Magnetfeldlinien zu einem mehrere Millionen Kilometer langen Schweif in den Weltraum hinaus. Die Magnetosphäre enthält ein Gas aus elektrisch geladenen Teilchen, ein sogenanntes Plasma. Sie stammen zum Teil aus der Erdatmosphäre, zum Teil aus dem Sonnenwind. Manche Teilchen regen Polarlichter an, wenn sie mit hoher Geschwindigkeit entlang der Magnetfeldlinien auf die Atmosphäre treffen.



Einen weiteren Anteil des Magnetfeldes liefern die magnetischen Gesteine der Erdkruste. Bei Vulkanausbrüchen ‚speichert‘ die Lava beim Erkalten die Richtung des Erdmagnetfeldes. Ozeanströmungen, die elektrisch leitendes Salzwasser über die Erdoberfläche bewegen, erzeugen ebenfalls ein schwaches Magnetfeld.



Blick auf die Erde: Magnetische Krustengesteine treten deutlich hervor (gelb-rot sind positive, grün-blaue sind negative magnetische Feldwerte). Besonders herausstechend auf der Nordhalbkugel ist die Kursk-Magnetfeldanomalie (rote Spitze). Sie kann mit dem gleichnamigen Eisenerzlager in Russland in Verbindung gebracht werden.

Hochpräzise Erfassung des Erdmagnetfeldes aus dem All

Eine neue Generation von Satelliten soll ab 2012 das Magnetfeld der Erde in extrem hoher Auflösung vermessen. SWARM ist eine Erd-Erkundungsmission im Rahmen des ESA-Programms 'Living Planet'. Das zentrale Missionsziel ist die bisher beste Vermessung des geomagnetischen Feldes, um damit unsere Kenntnisse über die Vorgänge im Erdinneren und im erdnahen Weltraum zu erweitern.

Die Mission besteht aus 3 baugleichen Satelliten, die die Erde auf polnahen Bahnen umkreisen. Mit hochempfindlichen Messgeräten werden die Richtung, die Intensität und die zeitlichen Schwankungen der magnetischen Feldstärke registriert. Darüber hinaus werden elektrisches Feld, Plasmadichte, Elektronen- und Ionentemperatur, Luftdichte und Wind sowie die Geschwindigkeit und Position der Satelliten in bisher unerreichter Genauigkeit erfasst.

Momentan befinden sich die Satelliten in der Fertigungs- und Testphase. Der erste Satellit des SWARM-Trios wurde im Oktober 2010 von Astrium in Friedrichshafen fertig gestellt und wird jetzt auf Zuverlässigkeit getestet.



ESA

ESA's magnetic field mission SWARM,
European Space Agency (ESA)
<http://www.esa.int/esaLP/LPswarm.html>

Swarm Projektbüro Deutschland
c/o Helmholtz-Zentrum Potsdam
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Telegrafenberg
D-14473 Potsdam

<http://www.swarm-projektbuero.de>

Das Projektbüro wurde von der Bundesrepublik Deutschland eingerichtet. Auftraggeber: Raumfahrtagentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages (FKZ 50EE0916).

Stand : Nov 2012

Bildnachweis: Erdmagnetfeldstärke, Krustenfeld, GFZ; Polarlicht: Jouni Jussila, Finnland; Sonnenwind: Endo, Japan.



Technische Daten

Anzahl Satelliten: 3 (baugleich)
Start: März/April 2013 von Plesetsk (Russland)
Trägerrakete: Rocket
Missionsdauer: 4 Jahre
Satellitenmasse: je ~500 kg
Orbit-Typ: zirkular, polar

Orbit-Konstellation:
Bahnhöhe Sat. A,B: 450-300 km
Sat. C: 530 km
Inklination Sat. A,B: 87.3°
Sat. C: 88°
Separation Sat. A-B: 1.4° geographische Länge

Wissenschaftliche Instrumente:

- Skalarmagnetometer (misst die Stärke des Magnetfeldes)
- Vektormagnetometer (misst die Komponenten des Feldes in 3 Richtungen)
- Elektrisches Feld- und Plasma-Instrument (misst Plasmatemperatur und -dichte und den elektrischen Feldvektor)
- Sternkameras (messen die Orientierung im Raum)
- GNSS-Empfänger (GPS für Positionierung u. Zeitbestimmung)
- Beschleunigungsmesser (misst auch die Satellitenabbremmung)
- Laser-Retro-Reflektor (zur genauen Bahnbestimmung)

Hauptauftragnehmer:

EADS Astrium, Friedrichshafen

Satellitenbetrieb:

- Management: ESOC (Darmstadt)
- Datenempfang: Bodenstationen Kiruna (Schweden) und Spitzbergen (Norwegen)
- Datenverarbeitung und -verteilung: ESRIN (Frascati, Italien)

Beiträge zu Forschungsgebieten:

- Erdmagnetfeld
- Ionosphäre, Thermosphäre
- Weltraumwetter
- Geodäsie, Geowissenschaften



SWARM

Satelliten-Trio auf Forschungsreise durch das Magnetfeld der Erde

