

3 Die CHAMP-Mission

Zusammen mit dem Global Positioning System bildet die Satellitenmission CHAMP (CHALLENGING Minisatellite Payload) die grundlegende Voraussetzung für die Realisierbarkeit der vorliegenden Arbeit. Im folgenden Kapitel soll die unter Leitung des GeoForschungsZentrums (GFZ) Potsdam stehende CHAMP-Mission (*Reigber et al., 2000*) insbesondere im Hinblick auf die in dieser Arbeit genutzten Messungen kurz vorgestellt werden.

3.1 Wissenschaftliche Ziele

Die Forschungsziele der CHAMP Mission sind im Wesentlichen geowissenschaftlicher Natur. Entsprechend ist der Satellit mit einem umfangreichen Ensemble wissenschaftlicher Instrumente (siehe folgendes Kapitel) ausgestattet, deren Messungen wesentliche Beiträge zur Gewinnung neuer Erkenntnisse über das System Erde liefern sollen. Zu folgenden wissenschaftlichen Schwerpunkten werden von der CHAMP Mission bedeutende Beiträge erwartet:

- Untersuchung der raumzeitlichen Struktur des Schwerefeldes der Erde basierend auf der Analyse von Orbitstörungen (z.B. *Biancale et al., 2000*).
- Bestimmung der Struktur des Erdmagnetfeldes (z.B. *Lühr und Haack, 2000*).
- Globale Fernerkundung der Struktur von neutraler Atmosphäre und Ionosphäre durch die Auswertung von GPS-Radiookkultationsmessungen (z.B. *Wickert et al., 2001* oder *Jakowski et al., 2002*).

3.2 Satellit und wissenschaftliche Instrumente

Das folgende Kapitel beschränkt sich auf eine kurze Beschreibung des CHAMP-Satelliten sowie der im Rahmen dieser Arbeit relevanten wissenschaftlichen Instrumente. Detaillierte Ausführungen zu dieser Thematik finden sich bei *Reigber (2001, 2002)*.

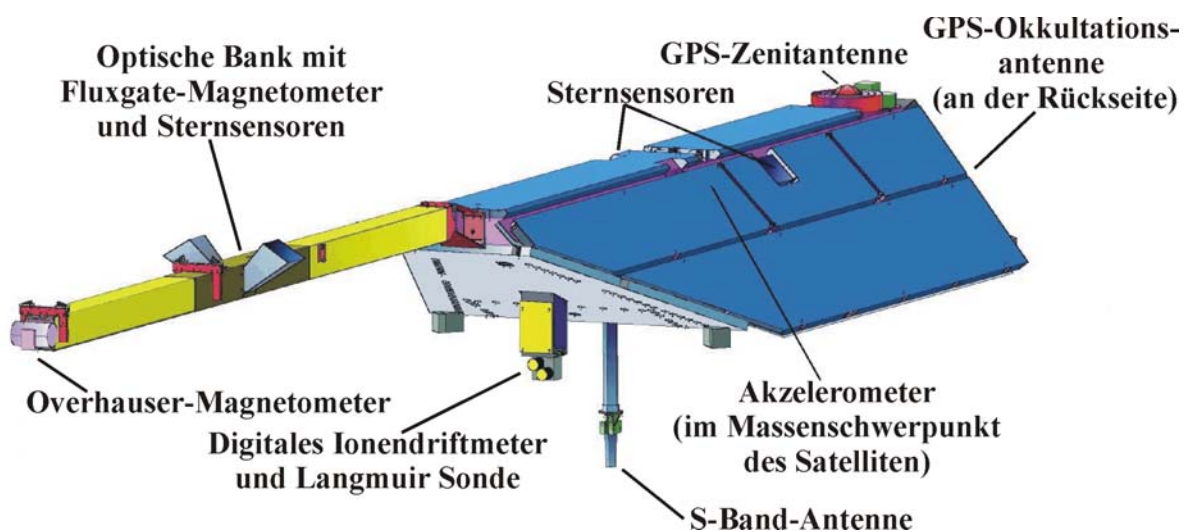


Abb. 3.1: Ansicht des CHAMP-Satelliten mit Bezeichnung der Messinstrumente.

3.2.1 CHAMP-Satellit

Der CHAMP-Satellit hat eine Gesamtlänge von etwa 8,3 m bei einer Gesamtmasse von 522 kg. Der Rumpf des Satelliten ist etwa 4,3 m lang, 0,75 m hoch und besitzt einen trapezförmigen Querschnitt. Die Unterseite dieses Trapezes ist 1,6 m und dessen Oberseite 0,3 m breit. Der in Flugrichtung am Rumpf befestigte Ausleger („Boom“), welcher die Instrumentierung für die Magnetfelduntersuchungen trägt, ist etwa 4 m lang und 20 kg schwer. Abb. 3.1 zeigt die Ansicht des CHAMP-Satelliten mit Bezeichnung der wissenschaftlichen Instrumente.

3.2.2 Wissenschaftliche Instrumente

Folgende wissenschaftliche Instrumente befinden sich an Bord des CHAMP-Satelliten: Elektrostatisches STAR-Akzelerometer, GPS-Empfänger TRSR-2, Laserreflektor, Fluxgate- und Overhauser-Magnetometer, Sternsensoren und ein digitales Ionendriftmeter mit Langmuir-Sonde.

GPS-Empfänger

Der GPS-Empfänger TRSR-2 („Black Jack“) wurde vom Jet Propulsion Laboratory (JPL) der NASA entwickelt und zur Verfügung gestellt. Er ist das Nachfolgemodell des TRSR-1, der z.B. bei den früheren Satellitenmissionen GPS/MET (*GPS/MET*, 2002) und Ørsted (*Ørsted*, 2002) zum Einsatz kam.

Der Empfänger besitzt drei verschiedene Betriebsmodi: den Tracking-, den Okkultations- und den Altimetermodus. Der Trackingmodus ist permanent aktiviert und gewährleistet bei einer Messfrequenz von 0,1 Hz den Empfang von GPS-Signalen über die Zenitantenne. Dazu stehen 12 Messkanäle (jeweils 2 Trägerfrequenzen) zur Verfügung, die den Empfang von maximal 12 GPS-Satelliten über die Zenitantenne erlauben. Die im Trackingmodus empfangenen GPS-Signale ermöglichen eine „Echtzeit“-Navigationslösung und die Bereitstellung einer präzisen Zeitinformation durch den GPS-Empfänger an Bord des Satelliten. Weiterhin erlauben sie zusammen mit den Messungen des STAR-Akzelerometers und des Laserreflektors eine hochpräzise Orbitbestimmung. Die Verfügbarkeit einer präzisen Zeitinformation ist für die Auswertung der verschiedenen Messungen an Bord des Satelliten von elementarer Bedeutung. Weiterhin ist die hochgenaue Orbitbestimmung unerlässlich für die Schwerefelduntersuchungen und Atmosphärenokkultationen. Neben der Bereitstellung dieser für die gesamte CHAMP-Mission außerordentlich wichtigen Informationen ermöglichen die GPS-Messungen im Trackingmodus auch die Fernerkundung der oberen Ionosphäre und Plasmasphäre, welche Gegenstand dieser Arbeit ist.

Im Okkultationsmodus können GPS-Signale über das Antennenfeld an der Rückseite des Satelliten auf maximal 4 Kanälen empfangen werden. Der Okkultationsmodus wird durch ein Steuerprogramm innerhalb des Empfängers aktiviert, sobald ein GPS-Satellit in Okkultation geht. Er wird mit Messfrequenzen von 1 Hz (Ionosphäre) oder 50 Hz (neutrale Atmosphäre) betrieben. Zu Kalibrierungszwecken wird jeweils parallel zum okkultierenden ein weiterer GPS-Satellit (Referenzsatellit) empfangen.

Im weiteren Missionsverlauf ist die Durchführung eines Altimeterexperiments vorgesehen, bei dem von Meeres- oder Eisoberflächen reflektierte GPS-Signale durch die nadirgerichtete High-Gain-Antenne auf den für die Okkultationsmessungen vorgesehenen Messkanälen im Altimetermodus empfangen werden sollen.

Langmuir-Sonde

Im Zusammenhang mit dem Ionendriftmeter wird an Bord des CHAMP-Satelliten eine planare Langmuir-Sonde (englisch Planar Langmuir Probe, PLP) betrieben. Beide Instrumente wurden vom Air Force Research Laboratory (AFRL) der USA für die CHAMP-Mission zur Verfügung gestellt. Die Langmuir-Sonde liefert in-situ-Messungen der Elektronendichte und -temperatur sowie des elektrischen Potentials des Satelliten, welche zur Interpretation der Messungen des Ionendriftmeters benötigt werden. Die in situ bestimmte Elektronendichte stellt eine wertvolle Datenquelle zur Validierung der im Rahmen dieser Arbeit abzuleitenden Elektronendichteverteilung aus GPS-Messungen dar (siehe Kap. 7.2.1). Die Genauigkeit der mit der Langmuir-Sonde bestimmten Elektronendichtewerte wird mit besser als 5% angegeben (Lühr, 2001).

3.3 Mission und Orbit

Der Start des CHAMP-Satelliten erfolgte am 15. Juli 2000, 12:00 UTC vom russischen Plesetz (ca. 800 km nördlich von Moskau) aus. An Bord einer COSMOS-3B-Trägerrakete wurde der Satellit erfolgreich in seine erdnahe Umlaufbahn befördert. Der CHAMP-Orbit ist nahezu kreisförmig ($\varepsilon=0,004$) und bei einer Inklination von $87,3^\circ$ nahezu polar. Die initiale Orbithöhe betrug 454 km bei einer Orbitdauer von 93 Minuten. Durch den Reibungswiderstand der Atmosphäre sinkt die Orbithöhe im Laufe der Mission allmählich ab und die Orbitdauer vermindert sich geringfügig. Da der atmosphärische Reibungswiderstand in erheblichem Umfang von der nur ungenau prognostizierbaren solaren Aktivität abhängt, ist auch die resultierende Absenkung der Orbithöhe während der Mission schwer absehbar. Die geplante Missionsdauer beträgt 5 Jahre. Es ist vorgesehen, gegen Ende der Mission mindestens für einige Monate Schwerfeldbeobachtungen und Messungen des Magnetfeldes in einer Bahnhöhe von nur 300 km durchzuführen.

Die Daten der CHAMP-Mission werden von der Bodenstation Neustrelitz des Deutschen FernerkundungsDatenzentrums (DFD) des DLR empfangen. Bei routinemäßigem Betrieb des Satelliten fallen pro Tag etwa 115 Mbyte wissenschaftliche Daten und ca. 25 Mbyte Daten bezüglich des Status des Satelliten sowie der an Bord befindlichen Instrumente (Housekeepingdaten) an, die an die Bodenstation zu übertragen sind. Dies geschieht mit einer Übertragungsrate von 1 Mbit/s während der drei bis fünf Überflüge pro Tag. Die durchschnittlichen täglichen Kontaktzeiten liegen dabei zwischen ca. 20 min (300 km Orbithöhe) und ca. 28 min (450 km Orbithöhe). Nach Qualitätskontrolle und Dekodierung werden die wissenschaftlichen Daten in das CHAMP-Datenzentrum (Information System and Data Center, ISDC) des GeoForschungsZentrums Potsdam (GFZ) übertragen, welches alle Eingabedaten für die verschiedenen wissenschaftlichen Prozessierungszentren zur Verfügung stellt und die Archivierung und Verwaltung der wissenschaftlichen Datenprodukte übernimmt.

Die Missionsleitung liegt beim GFZ Potsdam, während die Kontrolle und Kommandierung der Mission durch das Deutsche Weltraumkontrollzentrum (German Space Operation and Control Centre, GSOC) des DLR in Oberpfaffenhofen und dessen Bodenstation Weilheim erfolgt. Von dort aus können Steuerkommandos oder Softwareaktualisierungen zum Satelliten übertragen werden. Weilheim dient gleichzeitig als Ersatzstation für den Empfang der CHAMP-Daten.