

Erfassung des Systems Erde aus dem Weltraum

Die Ausmessungen der Erdfigur und ihre Veränderung, die Orientierung der Erde im Raum und die Beschreibung ihres Magnet- und Schwerefeldes sind die Schwerpunkte des Themas „Beobachtung des Systems Erde aus dem Weltraum“. Sie liefern wesentliche Beiträge zur Dynamik des Erdkörpers und zur Entschlüsselung der komplexen Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Einheiten des Systems Erde.

Raumgestützte Beobachtungsverfahren nehmen aufgrund einer atemberaubenden Entwicklung in den letzten Jahren heute eine Sonderstellung in der geowissenschaftlichen Forschung ein. Nur sie sind in der Lage, in kurzer Zeitabfolge globale Messreihen zu liefern, die konsistent und homogen sind. Dadurch konnte das Spektrum der erfassbaren Erdparameter deutlich erweitert, die Messgenauigkeit erhöht und der Faktor Zeit erschlossen werden. So lassen sich heute beispielsweise die Bewegungsraten kontinentaler Platten direkt messen. Dicht verteilte GPS-Empfänger in Erdbebengebieten können kleinste Erdkrustenverschiebungen nachweisen. Mit anderen Anwendungen wiederum werden minimale Verformungen, zum Beispiel vor dem Ausbruch eines Vulkans detektierbar.

Mit den Ergebnissen der Satellitenmissionen CHAMP, GRACE und GOCE lässt sich das Schwerefeld der Erde mit großer Detailgenauigkeit erfassen. Damit werden das Zirkulationsverhalten der Ozeane, Massenanomalien, Massentransport und Massenaustauschprozesse im Erdsystem erstmals sichtbar gemacht. Deutsche Wissenschaftler sind, unter anderem durch das FuE-Programm GEOTECHNOLOGIEN, federführend an diesen internationalen Missionen beteiligt. Deutschland konnte damit in gleich mehreren Schlüsselfeldern dieses innovativen Forschungsgebietes eine weltweit anerkannte Führungsposition übernehmen.

In den kommenden Jahren gilt es, die bestehenden und zukünftige Messverfahren nicht nur weiterzuentwickeln, sondern die bisher meist separat eingesetzten Technologien zu einem integrierten Geodätisch-Geodynamischen Monitoringsystem (IGGM) zu verschmelzen. Im Sinne eines Systemansatzes ist dies der notwendige Schritt zu einer Prozessfassung und einem Prozessverständnis des Systems Erde.

**Themenschwerpunkt:
„Erfassung des Systems Erde
aus dem Weltraum“**

Förderstatus BMBF:

Sechs Verbundprojekte mit einem Fördervolumen von 8,1 Millionen Euro für eine 3-jährige Projektphase (2002-2004).

Förderstatus DFG:

Komplementäre Förderung von fünf Einzelvorhaben im Rahmen des DFG-Normalverfahrens. Fördervolumen: 1,7 Millionen Euro für eine dreijährige Projektphase.

Ziel:

Beteiligung an den internationalen Satellitenmissionen CHAMP, GRACE, GOCE und eine fächerübergreifende Auswertung der wissenschaftlichen Daten.

Beteiligte Institutionen:

Interdisziplinäre Beteiligung von Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Wirtschaftsunternehmen.

Integriertes Geodätisch-Geodynamisches Monitoringssystem

Mit der Verknüpfung in Raum und Zeit der Komponenten Geokinetik, Erdrotation und Schwerfeld zu einem globalen Erfassungssystem lässt sich eine wesentliche Lücke bei der Erforschung der Dynamik des Erdsystems schließen, nämlich die der Quantifizierung von Massenaustausch- und Massentransportprozessen im Erdsystem und von Massenungleichgewichten. Das heißt, es lassen sich Abschmelzungs Vorgänge in den Eiszonen unseres Planeten, isostatische Ausgleichsbewegungen der darunter liegenden Erdkruste, thermische Expansion des Ozeanwasservolumens, klimatisch bedingte Verlagerungen von Atmosphärenmassen, Veränderungen der Ozeandynamik, hydrologische Kreisläufe und Krustenbewegungen beziehungsweise -deformationen quantifizieren und in ihrer Wechselbeziehung erforschen. Nur mit dem Einsatz moderner Satellitenverfahren, das heißt mit den Missionen CHAMP, GRACE, GOCE, CRYOSAT, ENVISAT, TerraSAR-X – alle mit wesentlicher deutscher Förderung – ist eine globale Erfassung dieser Prozesse in Raum und Zeit machbar. Zusätzlich setzt ein derartiges Verfahren für die Erfassung von Deformationsprozessen und Erdrotation eine extrem genaue Vernetzung aller geodätischer Observatorien zu einem integralen, erdumspannenden „Großobservatorium“ voraus.

Mit einem Symposium im Oktober 1998 in München wurde der internationale Dialog zum Aufbau eines derartigen Erfassungssystems angestoßen. Die Internationale Assoziation für Geodäsie (IAG) richtete in der Folge eine Arbeitsgruppe ein, die derzeit an einem Realisierungskonzept arbeitet. Auf der Generalversammlung der International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) im Jahr 2003 in Sapporo soll dieses „Integrated Global Geodetic Observing System“ (IGGOS) als Pilotprojekt gestartet und mittelfristig in die „Integrated Global Observing Strategy“ (IGOS) von ICSU und UNESCO eingebracht werden. In den kommenden Jahren müssen die wissenschaftlichen, technischen und organisatorischen Voraussetzungen für den Aufbau des Erfassungssystems geschaffen werden.

International Earth Rotation Service (IERS)

Das Integrierte Geodätisch-Geodynamische Monitoringssystem setzt sich das Ziel Geokinetik, Erdrotation und Schwerfeld in einem globalen Bezugssystem mit einer Relativgenauigkeit von 1 Milliardstel (10^{-9}) und gleichmäßig über Jahrzehnte zu vereinigen. Unter Geokinetik ist dabei die millimetergenaue Erfassung aller Veränderungen der Oberflächengeometrie (Land, Eisflächen und Meeresoberflächen) zu verstehen, unter Erdrotation die kleinen Schwankungen der Drehrate der Erde (Tageslängenschwankungen) und der Orientierung des Erdkörpers bezüglich des Fixsternhimmels, das Erdschwerfeld wird ausgedrückt durch die Form des Geoids und der Schwereanomalien.

Grundvoraussetzung für das Erreichen der angestrebten Genauigkeit, Konsistenz und Stabilität ist eine vollkommen uniforme Verarbeitung und Kombination aller Beobachtungsdaten und eine einheitliche Modellierung aller Einflussfaktoren (Atmosphäre, Ozeane, Gezeiten, Tektonik, relativistische Effekte, Stationseinflüsse et cetera). Diese Aufgabe hat sich der IERS für die kommenden Jahre gestellt. Über das FuE-Programm GEOTECHNOLOGIEN wurde eine Bündelung der deutschen Kräfte (FESG, DGFI, Uni Bonn, GFZ, BKG) erreicht und die internationale Stellung des deutschen Beitrags wesentlich verstärkt. Die Koordination der Auswertungen der internationalen technikspezifischen Dienste wird durch die FESG durchgeführt. Größte Herausforderung ist dabei die Kombination und uniforme Auswertung aller geodätischen Raumverfahren sowie der Einsatz von einheitlichen Modellierungsverfahren und Auswertalgorithmen (siehe Abb. 1). Erste Schritte auf diesem Weg sind bereits vollzogen.

CHAMP

Ein herausragendes Ereignis war der erfolgreiche Start des unter Federführung des GeoForschungsZentrum Potsdam entwickelten deutschen Geoforschungssatelliten CHAMP (CHALLENGING Minisatellite Payload) im Juli 2000 (siehe Abb. 2). Mit CHAMP ist erstmals die kontinuierliche Bahnverfolgung eines in sehr niedriger,

nahezu polarer Umlaufbahn die Erde umkreisenden Geopotenzialsatelliten mit Hilfe der hochfliegenden GPS-Satelliten Realität geworden. Aus den so laufend beobachtbaren Bahnstörungen konnten wiederum erstmals mit Hilfe eines Präzisionsbeschleunigungsmessers an Bord die nichtgravitativen Störungsanteile abgetrennt werden. Schon aus wenigen Wochen CHAMP-Daten wurde so ein Schwerefeldmodell entwickelt, das hin-



Abb. 1: Grundlage eines globalen geodätisch-geodynamischen Monitoringsystems ist die millimetergenaue Verknüpfung von GPS, des französischen DORIS-Systems, von Laserentfernungsmessung zu Satelliten und zum Mond und der Langbasisinterferometrie (VLBI). Sie wird in diesem Bild symbolisiert durch das VLBI-Teleskop, die Kuppel der Laserentfernungsmessanlage und die beiden GPS-Antennen (Fundamentalstation Wettzell).

sichtlich Genauigkeit alle bisherigen Satellitenmodelle um eine Größenordnung übertroffen hat. Da sich solche genauen Schwerefeldmodelle bereits aus kurzen CHAMP-Beobachtungszeiträumen ergeben, gerät die Aufdeckung umweltrelevanter zeitlicher Schwerefeldänderungen in den Bereich des Möglichen.

Mit sehr genauen Skalar- und Vektormagnetometern ausgestattet, ist CHAMP die erste geowissenschaftliche Mission, mit der gleichzeitig beide Geopotenziale – das Schwerefeld und das Magnetfeld der Erde – systematisch ausgemessen werden können. Aus den Magnetfeldsondierungen entstehen detaillierte globale Bilder der Krustenmagnetisierung und der Änderungen des Magnethauptfeldes (Intensität, Pole). Selbst kleinste, von den Meereszeiten angeregte Magnetfeldänderungen sind mit CHAMP erfassbar.

Dem für die Bahn- und Schwerefeldbestimmung benutzten GPS-Empfänger an Bord von CHAMP ist zusätzlich eine weitere Beobachtungsfunktion zugewiesen worden. Er sondiert die Atmosphäre und liefert über die Brechung der GPS-Radiosignale Vertikalprofile der Temperatur- und Wasserdampfverteilung in der Stratosphäre und Troposphäre, und damit wichtige Eingangsgrößen für die Wettervorhersage und Klimaforschung.

Im Rahmen des FuE-Programms GEOTECHNOLO-

GIEN wurde das gesamte für die CHAMP Mission am GFZ Potsdam entwickelte Wissenschaftsdatensystem SDS (Science Data System) mit Realdaten endgültig ausgetestet und seit Herbst 2001 operationell für die routinemäßige Vorverarbeitung von Bahn-, Schwerefeld- und Magnetfeldmessungen und die systematische Berechnung von höherwertigen Datenprodukten genutzt. Diese Daten und Produkte werden über das CHAMP Daten- und Informationssystem (ISDC) laufend ohne große Verzögerung allen interessierten Nutzern zur Verfügung gestellt. Außerdem wird in begleitenden Pilotstudien an neuartigen Auswertalgorithmen zur Bahn- und Gravitationsfeldmodellierung und der Aufdeckung ionosphärischer geophysikalischer Signaturen aus CHAMP-Beobachtungen gearbeitet.

Bis zum Frühjahr 2003 wurden insgesamt mehr als 2 Millionen Daten- und Produktfiles der CHAMP Mission im Verarbeitungszentrum des GFZ Potsdam erzeugt und

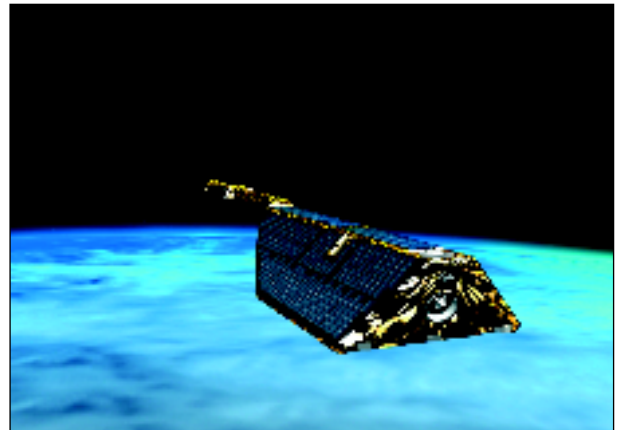


Abb. 2: Der GeoForschungssatellit CHAMP.

im CHAMP ISDC abgelegt. Diese Information wird sehr intensiv von jetzt über 200 Wissenschaftlergruppen weltweit genutzt, sowohl für wissenschaftliche Untersuchungen als auch praktische Anwendungen. Im Januar 2002 fand am GFZ Potsdam das international sehr gut besuchte „First CHAMP Science Meeting“ statt, auf dem intensiv die ersten CHAMP Ergebnisse vorgestellt und diskutiert wurden. Diese Ergebnisse sind in einem 600-seitigen, kürzlich erschienenen Buch im Springer-Verlag dokumentiert. Das zweite CHAMP Science Meeting wird im September 2003 stattfinden.

GRACE

Ein Quantensprung in der Schwerefeldbestimmung kann von der im März 2002 erfolgreich gestarteten amerikanischen-deutschen Zwillingsmission GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment) erwartet werden (siehe Abb. 3). Primäres Missionsziel dieser aus zwei Satelliten bestehenden Konfiguration, die im Abstand von 200 km in etwa 500 km Flughöhe die Erde umkreist, ist die gegenüber CHAMP nochmals um den Faktor 100 gesteigerte Genauigkeit in der Bestimmung des stati-

schen Schwerefeldes, insbesondere aber auch die Erfassung zeitlicher Feldänderungen. Diese zeitlichen Variationen im Schwerefeld hängen zusammen mit der Umverteilung von Massen im Erdinnern, im Ozean, in den Landeisgebieten und in der Atmosphäre. Wesentliche Elemente dieser Tandemmission sind wiederum die Bahnverfolgung beider Satelliten mit GPS und Präzisionsbeschleunigungsmessern und ein fast CHAMP-identisches Buskonzept. Herausragende Ergänzung ist das Messsystem HAIRS, das die Präzisionsdistanzmessung zwischen den beiden Satelliten realisiert. Es erlaubt, μm Entfernungänderungen und damit kleinste auf die Satelliten wirkende, gravitativ bedingte Beschleunigungen zu erfassen. Als sekundäres Missionsziel werden auch bei GRACE die GPS Empfänger für die Atmosphären- und Ionosphärensondierung eingesetzt.

Die GRACE Mission ist in mehrfacher Hinsicht eine große technologische Herausforderung und hat eine über 12 Monate andauernde Erprobungsphase notwendig gemacht. Erste, in dieser Phase vom Center of Space Re-

search, Austin und dem GFZ Potsdam, durchgeführte Schwerefeldanalysen sind sehr vielversprechend und deuten an, dass das primäre Missionsziel erreichbar sein wird.

Mit Hilfe des FuE-Programms GEOTECHNOLOGIEN wurde es ermöglicht, neben dem amerikanischen ein eigenständiges deutsches Team für die Auswertung der sehr komplexen GRACE-Daten aufzubauen. Die Arbeiten dieses am GFZ Potsdam und den Universitäten Bonn, München und Stuttgart angesiedelten Teams umfassen alle Schritte von der integrierten Sensoranalyse, der Daten- und Produktverwaltung über die globale und regionale Schwerefeldanalyse bis hin zur Bestimmung und Analyse des zeitvariablen Schwerefeldes. Diese in der gerade auslaufenden GRACE-Erprobungsphase endgültig aufgebauten und geprüften Verarbeitungselemente werden die Basis für eine effiziente Bereitstellung von GRACE-Daten und Datenprodukten an die deutschen und europäischen GRACE-Nutzer über das GRACE-Daten- und Informationssystem am GFZ Potsdam bilden.

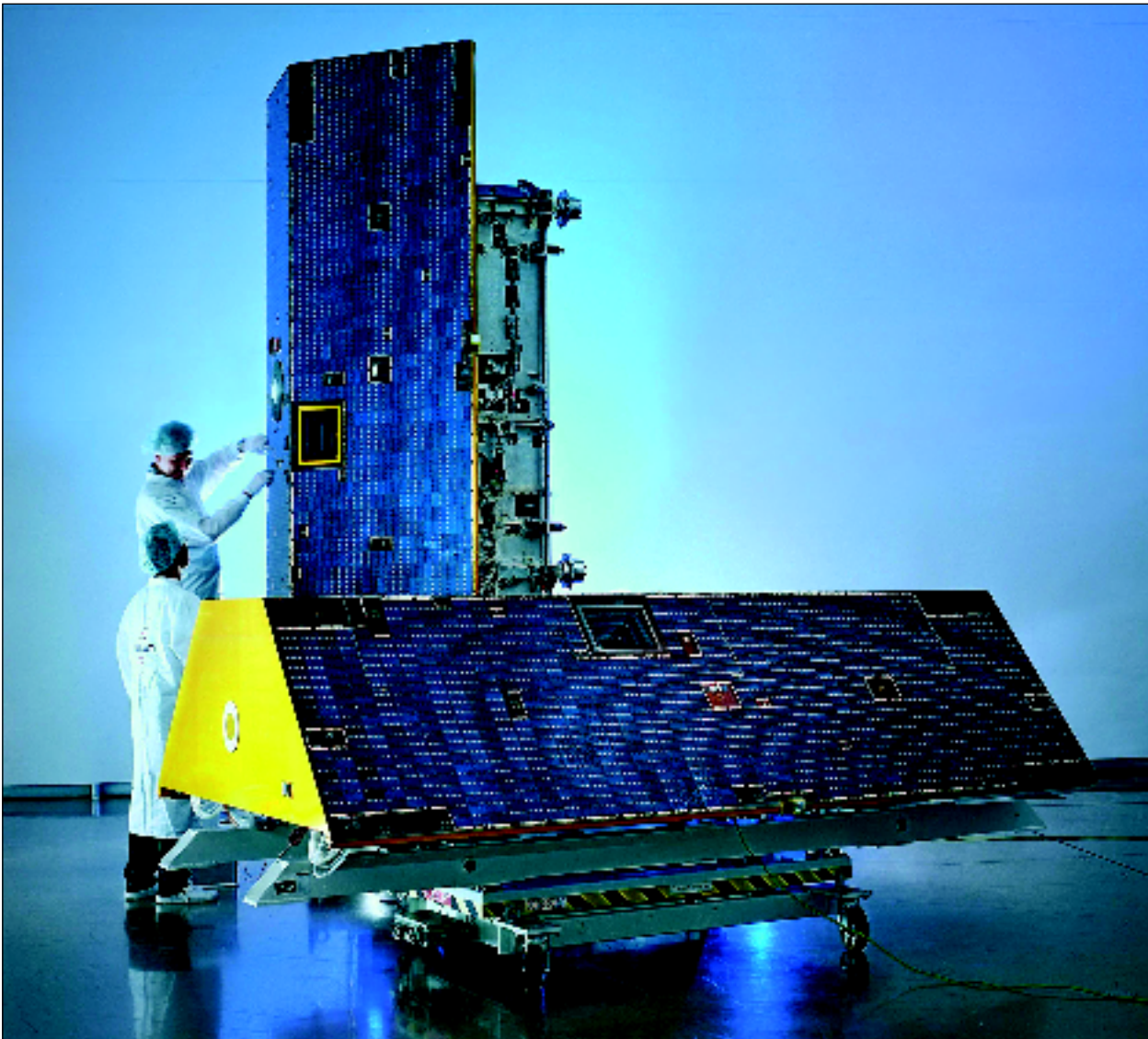


Abb. 3: Die GRACE Satelliten vor dem Start.

nen eine gemeinsame Auswertestrategie, die sich momentan im Aufbau befindet und die in wesentlichen Teilen in das europäische Auswertekonzept integriert werden soll.

Mit den Arbeiten zu CHAMP, GRACE und GOCE, mit der intensiven deutschen Beteiligung an CRYOSAT, TerraSAR-X und ENVISAT und mit den Arbeiten zum IERS werden wesentliche Voraussetzungen für den Aufbau eines globalen Erfassungssystems ermöglicht. Gleichzeitig ist es jedoch wichtig, Vorbereitungen für die wissenschaftliche Nutzung der Daten von CHAMP, GRACE, GOCE und TerraSAR in der Geophysik, Ozeanographie, Geodäsie, Glaziologie, Hydrologie und Meeresspiegelforschung zu treffen. Mit einigen DFG-Vorhaben wurde auch dieser Aspekt in Angriff genommen. Außerdem müssen ergänzende und neuartige terrestrische Sensoren und Flugmesssysteme entwickelt werden.

Fluggravimetrie

In den Regionen der Welt, in denen für spezielle geophysikalische und ozeanographische Fragestellungen die Genauigkeit und räumliche Auflösung der Satellitenverfahren nicht mehr ausreichen, soll mit Hilfe der Fluggravimetrie eine lokale Verfeinerung geschaffen werden. Für die Messung werden sehr empfindliche Akzelerometer eingesetzt. Die große Herausforderung ist die Trennung des gemessenen Gravitationsfeldsignals von allen Störeinflüssen der Flugbewegung. Es gibt im Wesentlichen drei alternative Lösungsansätze, die sich in Auswertestrategie und technologischem Konzept unterscheiden. Die Arbeiten in Kanada und in der Bundesrepublik sind dabei wegweisend.

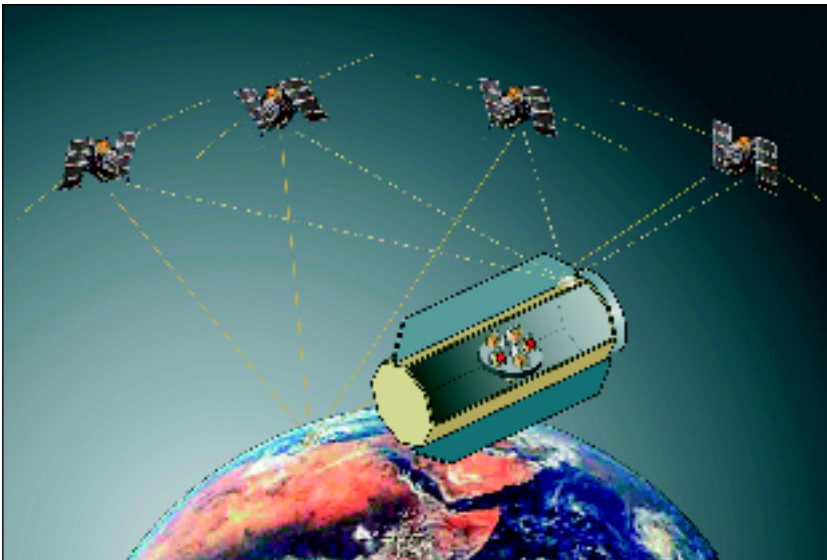


Abb. 6: Prinzip der Satellitenmission GOCE: Gravitationsfeldbestimmung mit Hilfe eines Gravitationsgradiometers in Kombination mit Verbindungsmessungen zu den GPS-Satelliten.

Im Rahmen einer durch das FuE-Programm GEOTECHNOLOGIEN geförderten vergleichenden Studie werden diese drei alternativen Ansätze untersucht. Ziele der Partner im Verbundprojekt „Fluggravimetrie“ sind Weiterentwicklung und Vergleich der drei Konzepte. Grundidee ist die Beobachtung der Gesamtbeschleunigung auf einem bewegten Träger, die sich aus Gravitation und Flugzeugbewegung zusammensetzt. Die Registrierung erfolgt mit Beschleunigungsmessern. Unabhängig hiervon wird der Beschleunigungsanteil der reinen Flugzeugbewegung und die Drehbewegung des Flugzeugs mittels GPS und Kreiseln erfasst. Aus der Differenz von Gesamt- und Flugzeugbeschleunigung wird die Schwere beziehungsweise der Gravitationsvektor abgeleitet. Das Ziel ist dabei eine räumliche Auflösung von circa 1 km. Während für eines der Konzepte ein Vertikalakzelerometer auf eine kreiselstabilisierte Plattform montiert wird, verfolgen die beiden anderen Ansätze das Strap-Down-Prinzip. Bei ihm werden die Beschleunigungsmesser im Flugzeug fest montiert, sie werden damit voll den Flugbewegungen ausgesetzt. Der Bewegungsablauf wird über sehr genaue Laserkreisel erfasst. Die beiden Strap-Down-Ansätze unterscheiden sich durch die Akzelerometerausstattung, einmal eine Eigenentwicklung direkt zugeschnitten auf derartige Messungen (siehe Abb. 7) und das andere Mal ein aus der Trägheitsnavigation entlehntes System.

Geosensor

Ringlaser erfassen Rotationen lokal, das heißt ohne Bezug zum Fixsternhimmel. Sie stellen daher ein alternatives Messkonzept zu den geodätischen Raumverfahren, wie VLBI, dar. Für eine geowissenschaftliche Nutzung sind jedoch Ringlaser mit einer extrem hohen Genauigkeit und Auflösung notwendig. Der im Juni 2001 in Betrieb genommene Großringlaser im Untergrundlabor des Observatoriums Wettzell (siehe Abb. 8) ist eine Weltneuheit. Mit ihm wird eine Relativgenauigkeit von einem Milliardstel (10^{-9}) angestrebt. So konnte erstmals die tägliche Wanderung der Rotationsachse der Erde, die sogenannten Oppolzer-Terme, experimentell nachgewiesen werden. Auch die Messbarkeit von nichtperiodischen Störungen der „gleichförmigen“ Erddrehrate in einem Zeitbereich von 1 bis 2 Tagen zeichnet sich ab.

Der logische nächste Schritt ist die Entwicklung eines transportablen Ringlasers, eines Geosensors, mit dem erstmals die durch Erdbeben verursachten Rotationsbewegungen beobachtet werden könnten. Rotationen in Zusammenhang mit Erdbeben sind in der Literatur zwar angesprochen, aber bisher nicht messbar. Mit

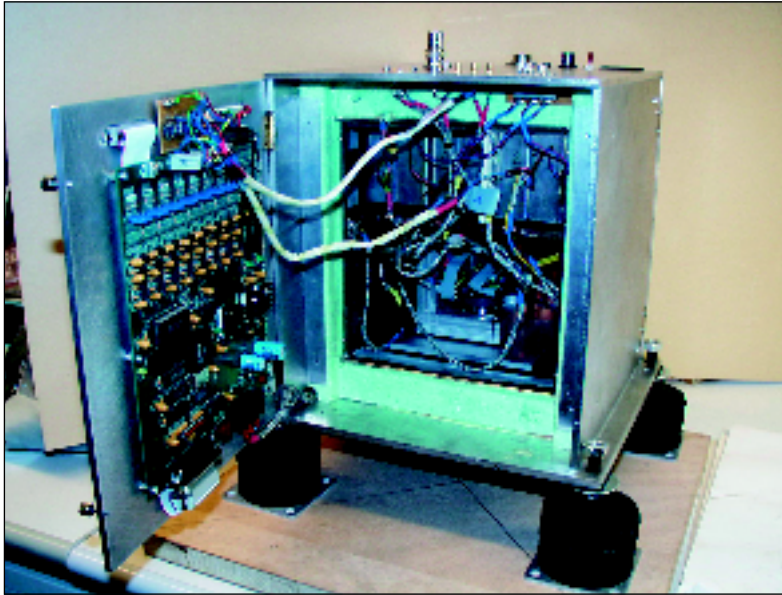


Abb. 7: Prototyp Strap-Down-Fluggravimeter SAGS.

dem nun im Rahmen des FuE-Programms GEOTECHNOLOGIEN in Entwicklung stehenden Geosensor, sollen diese Untersuchungen möglich werden. Hierzu werden an der Ludwigs-Maximilians-Universität München die gegenwärtigen Erdbebenmodelle für die Berücksichtigung von Rotationsanteilen erweitert. Der Beginn der Sensor-Integration wird für die zweite Jahreshälfte 2003 erwartet.

Als weitere Anwendung dieses Messansatzes zeichnet sich die Bauwerksüberwachung in erdbebengefährdeten Gebieten ab. Erstmals könnten so durch Erdbeben induzierte Torsionskräfte an Bauwerken erfasst werden.

Das geodätisch-geodynamische Beobachtungssystem in der eingangs beschriebenen Form wird in den nächsten Jahren aufgebaut werden. International wie national sind bereits wichtige Teilschritte zu seiner Realisierung getan. Für den Zeitraum bis 2006 und danach sind die notwendigen Satellitensysteme bereits im Orbit beziehungsweise im Bau, (siehe Tab. 1) Komplementäre terrestrische Messsensoren und Flugmesssysteme werden

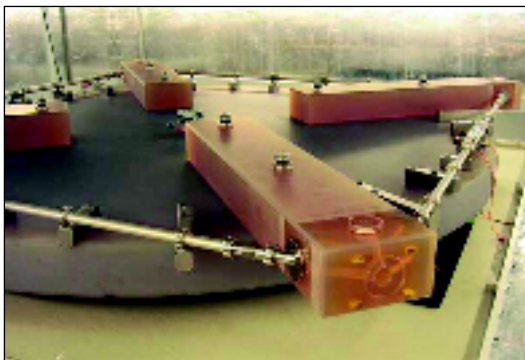


Abb. 8: Großringlaser im Satellitenobservatorium Wettzell: Messung der Schwankungen der Erdrotation im Labor ohne Anbindung zu Quasaren oder Satelliten.

derzeit entwickelt (vergleiche Kapitel „Das Erdinnere“).

Das geplante Beobachtungssystem entspricht einem einzigen erdumspannenden Großobservatorium, das aus Hunderten von über die Erde verteilten Einzelmessstationen aufgebaut ist. Alle Stationen sind millimetergenau verknüpft und synchronisiert und vereinigen in sich mehrere sich ergänzende Beobachtungsverfahren. Integraler – und sehr wesentlicher – Bestandteil des Großobservatoriums sind die geodätisch nutzbaren Satellitensysteme, insbesondere alle in der Tabelle aufgelisteten Satellitenmissionen. Auch sie werden in dieser Strategie miteinander vernetzt und ihre Messreihen durch diese Vernetzung vergleichbar und kombinierbar.

Das Beobachtungssystem wird einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis der Dynamik des Erdsystems leisten können, das heißt zum Verständnis der Wechselwirkung von inneren und äußeren Kräften im System „Atmosphäre, Ozeane, Eismassen und feste Erde“. Wichtige Klima-, Umwelt- und Ressourcenfragen sind hiervon berührt. Das geodätisch-geodynamische Beobachtungssystem misst die raum-zeitlichen Veränderungen der Erdfigur, das heißt die Veränderungen des Meeresspiegels, der Eisoberflächen und die tektonischen und isostatischen beziehungsweise isodynamischen Verformungen des Erdkörpers. Es werden aber auch die durch Massenverlagerungen in Atmosphäre, Ozeanen, Eiskappen und fester Erde verursachten Schwere- beziehungsweise Geoidanomalien und Erdrotationsschwankungen erfasst. Die entscheidende neue und zusätzliche Qualität in der Erdsystemforschung entsteht aus der Kombination dieser drei Einzelelemente: Geokinetik (Veränderungen der Erdfigur), Erdrotation und Schwere/Geoid. Erstmals werden sich Massentransporte im Erdsystem erfassen, verfolgen und – im Sinne einer Bilanzierung – quantifizieren lassen. Für die Erforschung von Ozeantransporten, der Wasserkreisläufe, der Eismassenbilanz und Meeresspiegelschwankungen und der Dynamik von Erdkruste und -mantel wird dies einen Quantensprung bedeuten. Massen- und Energietransporte sind Schlüsselgrößen für ein Verständnis der Dynamik des Erdsystems. Mit dem beschriebenen Ansatz wird ein neues, sehr zentrales Segment der Erdsystemforschung geöffnet.

Mit der signifikanten Beteiligung an den Satellitenmissionen CHAMP, GRACE, GOCE, CRYOSAT, ERS-1 & 2, ENVISAT und TerraSAR-X (siehe Tab. 1) liefert Deutschland einen wichtigen Beitrag zur Realisierung dieses Beobachtungssystems und zur Klima-, Umwelt- und Erderforschung allgemein. Es muss nun gelingen, diese guten Randbedingungen optimal für Forschung und Entwicklung zu nutzen. Mit der Förderung des Themas „Beobachtung des Systems Erde aus dem Weltraum“ durch das BMBF und durch die DFG

wurde bereits ein wichtiger Schritt getan (siehe auch Seite IX).

In der Folgephase sollte primär folgendes sichergestellt werden:

- Das Beobachtungssystem muss mit der erforderlichen Genauigkeit, Konsistenz und Stabilität umgesetzt werden. Hierzu sind die methodischen Grundlagen für den Internationalen Erdrotationsdienst IERS, die notwendige Dateninfrastruktur und technologische Umsetzung des Raum-, Flugzeug- und Bodensegments weiterzuentwickeln.
- Die Arbeiten der deutschen Auswertezentren beziehungsweise der deutsche Beitrag an den internationalen Auswertekonsortien zur Aufbereitung, Verarbeitung und Analyse der bei den laufenden, anlaufenden und geplanten Satellitenmissionen (siehe Tab. 1) anfallenden Messreihen (die Schaffung von sogenannten Level-1 und Level-2 Produkten) muss sichergestellt werden. Nur dadurch lässt sich der Informationsgehalt der Daten dieser Missionen mit Hilfe einer

breiten Nutzergemeinschaft für die Erd-, Klima- und Umweltforschung voll ausschöpfen.

- Es entstehen neuartige Datenreihen. Ihre Nutzung für Forschung und Anwendung sollte gefördert und entwickelt werden. Es geht dabei im weitesten Sinn um Massentransporte und Massenverteilung im System Erde – ein wesentlicher Teilaspekt bei der Modellierung der Erde als ein dynamisches Multikomponentensystem im Sinne eines 4-D-Erdmodells – und umfasst Prozesse wie den Transport ozeanischer Wassermassen, den Kreislauf des Wassers im Untergrund, die Eismassenbilanz und Meeresspiegelschwankungen und die Dynamik von Erdkruste und -mantel.

Damit könnte Deutschland auf einem sehr zukunfts-trächtigen Gebiet der Erdsystemforschung seine technologische und wissenschaftliche Spitzenstellung festigen.

Tab. 1: Aktuelle Satellitenmissionen mit Bezug zum Thema "Beobachtung des Systems Erde", und mit starker deutscher Beteiligung (fett gedruckt).

Missionsbezeichnung	Missionstyp	geplante Laufzeit
CHAMP (D) GRACE (USA/D) GOCE (ESA)	Schwere/Magnetfeld/Atmosphäre Schwere (stationär, zeitabh.), Atmosph. Schwere (stationär, hochauflösend)	2000 – 2007 2002 – 2010 2006 – 2008
TOPEX-POSEIDON (USA/F)	Ozean-Altimetrie	1992 – 2004
Jason-1 (USA/F)	Ozean-Altimetrie	2001 – 2006
ICESAT (USA)	Eis-Altimetrie	2003 – 2008
CRYOSAT (ESA)	Eis-Altimetrie	2004 – 2007
ERS-2 (ESA)	Altimetrie/Klima/Umwelt	1995 – 2005
ENVISAT (ESA)	Altimetrie/Klima/Umwelt	2002 – 2007
TerraSAR-X (D)	SAR/INSAR/Atmosphäre	2005 – 2010
LAGEOS-1 & 2 (USA)	Referenzsystem, Schwere	1975 - offen
GPS (USA)	Navigation/Positionierung/ Bahnen/Zeit/Erdrotation	1978 - offen
GALILEO (EU, ESA)	Navigation/Positionierung	2008 - offen