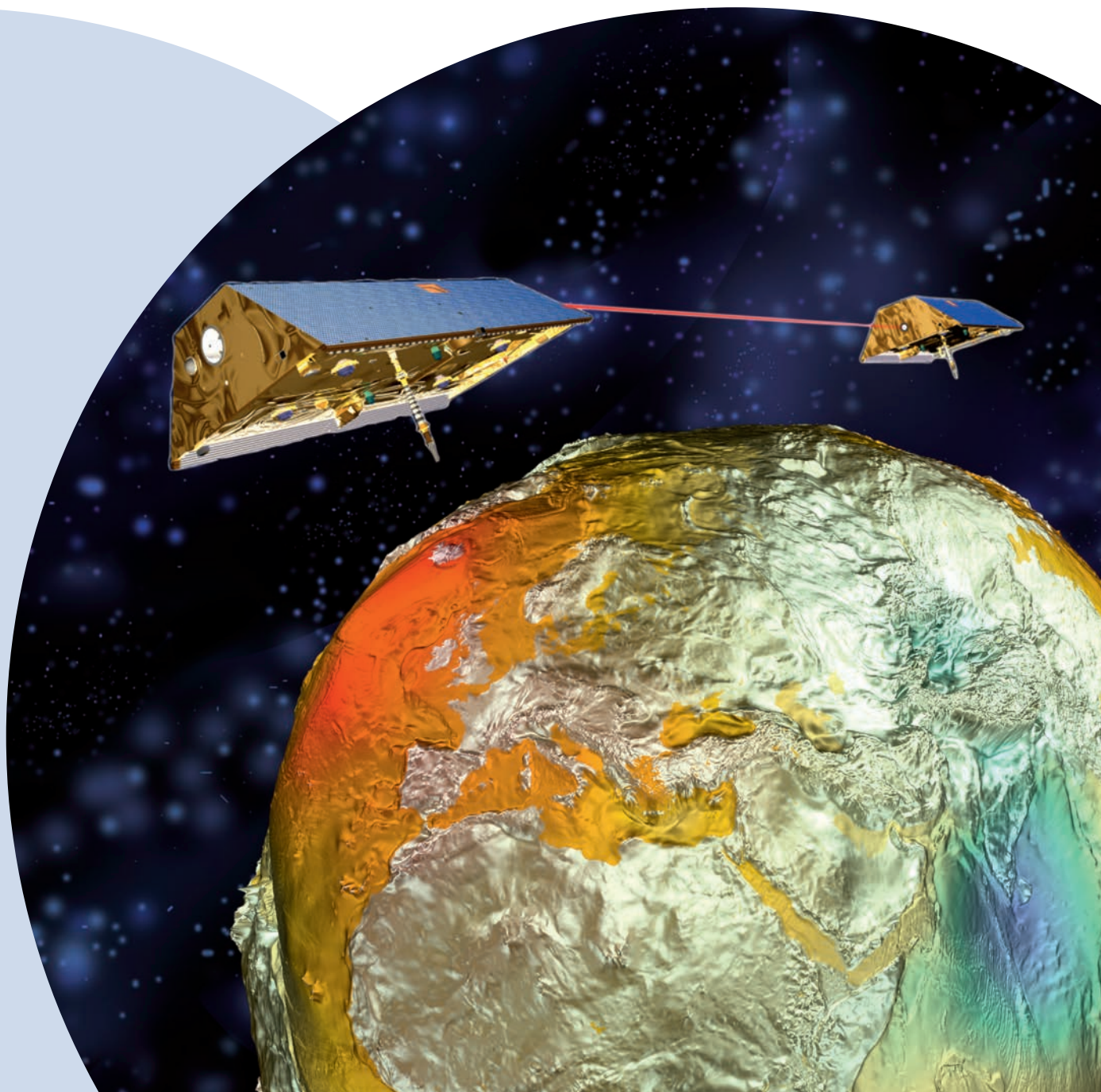


Satelliten in den Geowissenschaften





Satelliten in den Geowissenschaften

Satelliten sind heute ein Universalwerkzeug der Forschung, auch für die Geowissenschaften sind sie längst unersetzlich geworden. Die Fernerkundung des Systems Erde umfasst dabei den gesamten Bereich der Geowissenschaften, von der bildlichen Erfassung der Erdoberfläche über das Schwere- und Magnetfeld bis hin zu praktischen Anwendungen etwa im Bereich der Meteorologie. Satelliten erlauben uns nicht nur einen Blick auf die Erde, sondern auch einen Einblick in das System Erde.

In der deutschen Raumfahrt nehmen Geo-Satelliten eine prominente Rolle ein; die erfolgreichsten deutschen Raumfahrtmissionen waren und sind durchweg Erdbeobachtungsmissionen. Diese sind nicht nur unter rein wissenschaftlichen Gesichtspunkten bahnbrechend gewesen, sondern setzten auch in der Technologieentwicklung, bis hin zum Satellitenbau, neue Qualitätsmaßstäbe. Ein Beispiel soll das erläutern.

Mit dem Satelliten CHAMP begann im Jahre 2000 eine der erfolgreichsten geowissenschaftlichen Raumfahrtmissionen überhaupt, die in vielen Bereichen neue Maßstäbe setzte. Dieser Satellit ermöglichte erstens einen Qualitätssprung in der Beobachtung des Erdschwerefeldes. Zweitens sind die CHAMP-Daten zur Erfassung des Erdmagnetfeldes ein gewaltiger Schatz und drittens gehen die von CHAMP und seinen Nachfolgemissionen gelieferten globalen Vertikalprofile der Atmosphärentemperatur und des atmosphärischen Wasserdampfes heute ganz selbstverständlich in die Wetterdaten und die Klimaforschung ein. Außerdem lieferte CHAMP wertvolle Beiträge zur Ionosphärenforschung. Die Folgemission, die Tandem-Satelliten GRACE als deutsch-amerikanische Kooperation, beruht auf Satelliten des CHAMP-Typs. Hierzu ließ die US-Weltraumagentur NASA erstmals in ihrer Geschichte die Satelliten im Ausland bauen, nämlich bei der Firma Astrium in Friedrichshafen, die auch schon an CHAMP maßgeblich beteiligt war. Ein weiterer Beleg für die Qualität der CHAMP-Mission ist die Tatsache, dass für die künftige ESA-Mission SWARM, eine Konstellation aus drei Satelliten zur hochpräzisen Erkundung des irdischen Magnetfeldes, weitgehend das CHAMP-Konzept übernommen wird. Auch in diesem Fall ist Astrium der Hauptauftragnehmer. Gerade bei Erdbeobachtungsmissionen ist der Übergang zwischen Forschung und Anwendung sehr direkt: z. B. aus der Analyse der Streuung der GPS-Signale an der Meeresoberfläche und deren Messung auf CHAMP und GRACE lässt sich die Rauigkeit, also der Wellengang der Ozeane bestimmen – eine völlig neue Anwendung von satellitengestützten GPS-Messungen, ebenso wie die o. a. Sondierung atmosphärischer Vertikalprofile von Temperatur und

Wasserdampf mithilfe von GPS. Die Erfassung der klimarelevanten Änderung des mittleren Meeresspiegels mithilfe von hochpräzisen GNSS-Messungen, gekoppelt mit Radar-Altimetrie erlaubt eine akkuratere Bestimmung des Klimageschehens. Ein letztes Beispiel: Ein Ergebnis von GRACE-Messungen ist, dass die Schweremessung zur Bestimmung von Änderungen der kontinentalen Wasserspeicherung (einschl. Grundwasser) genutzt werden kann. Dieses kann z. B. frühzeitig Hinweise auf Störungen des globalen Wasserkreislaufs geben und helfen, Probleme der Übernutzung von Wasser zu erkennen.

Alle diese Datensätze finden weltweite Anwendungen in der Wissenschaft, so in zahlreichen Helmholtz-Einrichtungen (z. B. beim AWI, FZ), HZG, KIT) sowie bei Instituten der WGL, MPG und FhG. Darüber hinaus werden die Daten aus diesen Satellitenmissionen in einer Vielzahl von Universitätsinstituten genutzt und bilden die Grundlage für F&E-Vorhaben von BMBF, DFG und weiteren Förderinstitutionen. Wirtschaftliche Anwendungen finden sich u. a. in der Erdvermessung und den Kartenwerken (BKG), der Navigation (keine zukünftige hochpräzise GPS-Navigation ohne Kenntnis des Geoids), in der Wettervorhersage und -analyse (z. B. bei DWD, ECMWF, NCEP; Met Office). Das Deutsche GeoForschungszentrum GFZ hat sich seit seiner Gründung 1992 aktiv der Entwicklung dieser Verfahren und Messmethoden gewidmet. Dies gilt beispielsweise für das System PRARE (Precise Range and Range Rate Equipment) und die Auswertung der Radar-Altimetriedaten des Satelliten ERS-1, beides sind Projekte, die sich bereits 1992 im Startportfolio des GFZ befanden. Nach CHAMP und GRACE sind zukünftige Erdbeobachtungsmissionen des GFZ auf die Schwerpunkte Erdschwerefeld und -magnetfeld und in einem neuen Schwerpunkt auf die Oberflächenbeobachtung mit modernen, hochsensitiven Hyperspektralverfahren (EnMAP) gerichtet. Satelliten bleiben ein unverzichtbares Werkzeug für die geowissenschaftliche Forschung, und in kaum einer Anwendung ist der Weg von der Grundlagenforschung und deren – zum Teil überraschenden Ergebnissen – zur wirtschaftlichen Nutzung so kurz wie in satellitengetragenen Erdbeobachtungsmissionen.



Prof. Dr. Dr. h. c. Reinhard Hüttl

Inhaltsverzeichnis



GFZ-1
Seite 6



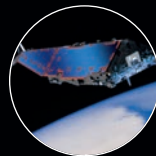
CHAMP
Seite 8



GRACE-FO
Seite 15



GRACE
Seite 12



SWARM
Seite 17



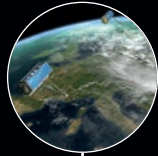
GOCE
Seite 20



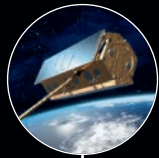
Galileo
Seite 22



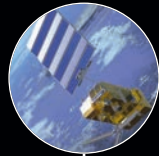
EnMAP
Seite 24



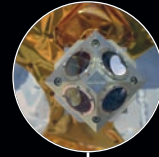
TanDEM-X
Seite 29



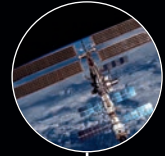
TerraSAR-X
Seite 27



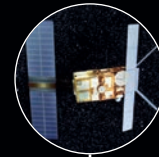
Metop
Seite 31



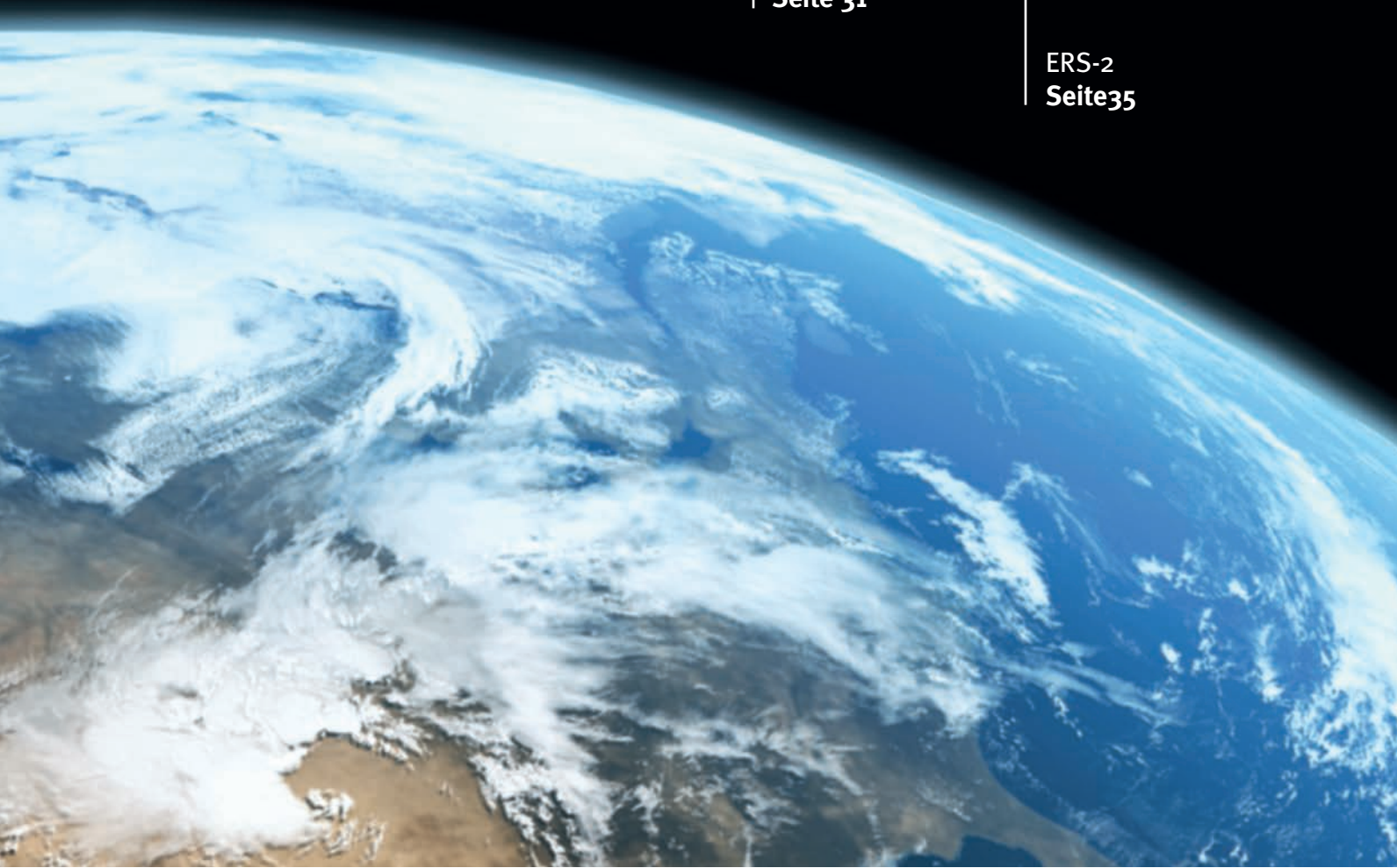
**Laser-
Reflektor**
Seite 33



ISS
Seite 37



ERS-2
Seite 35



Steckbrief GFZ-1

NAME DER MISSION:

- GFZ-1

MISSIONSDAUER:

- Planungs- und Bauphase: 1994-1995
- Start: 1995
- Missionsdauer: 4 Jahre
- Verglüht am 23. Juni 1999

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Finanzvolumen: 1 Mio. DM
- Mittelgeber: GFZ

KONSORTIUM:

- Entwicklung, Bau und Start unter Leitung von Kayser-Threde
- Entwicklung und Bau durch RNIKP, Moskau
- Start durch Roskosmos auf einer Versorgungsrakete zur MIR-Raumstation, von dort ausgestoßen
- Rolle des GFZ: Finanzierung, wissenschaftliche Anforderungen, wissenschaftliche Auswertung



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Niedrigste geodätische Mission zur Schwerefeldbestimmung mittels Satellite Laser Ranging (SLR) mit einer anfänglichen Bahnhöhe von 400 km

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

- Ziel: Vermessung der langwelligen Anteile des Schwerefelds
- Ergebnis: Verbesserung des statischen Schwerefelds mit Anwendungen Geodäsie, Satellitenbahnbestimmung und Ozeanographie

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

- Zielgruppe: internationale Wissenschaftsgemeinde der höheren Geodäsie
- Hauptnutzer außerhalb Wissenschaft: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie BKG, Wasserbehörden
- Internationale Relevanz: International Earth Rotation and Reference System Service (IERS), International Laser Ranging Service (ILRS)
- (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (BKG, DLR, DGFI, Universitäten Bonn, München, Frankfurt)

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

...❖ http://adsc.gfz-potsdam.de/gfz1/index_GFZ1.html

...❖ Koenig, R., Schwintzer, P., Bode, A., Reigber, Ch.: GFZ-1: A Small Laser Satellite Mission for Gravity Field Model Improvement, Geophysical Research Letters, Vol. 23, No. 22, pp. 3143-3146, 1996.

...❖ Koenig, R., Massmann, F. H., Reigber, Ch.: Space-Trabbi misst Schwerefeld. HGF-Jahresheft 1997, S. 25-26, 1997.

...❖ Koenig, R., Chen, Z., Reigber, Ch., Schwintzer, P.: Improvement in global gravity field recovery using GFZ-1 satellite laser tracking data, Journal of Geodesy, pp. 398-406, 1999.



Der 1995 gestartete deutsche Forschungssatellit GFZ-1 war eine gemeinsame Entwicklung des Deutschen GeoForschungsZentrums Potsdam mit russischen Partnern und der Firma Kayser-Threde, die in weniger als einem Jahr realisiert wurde.

Der Mikrosatellit war, wie geplant, von 1995 bis 1999 im Einsatz und gemessen an den Kosten von unter einer Million DM eine der erfolgreichsten Missionen der unbemannten Raumfahrt.

Steckbrief CHAMP

NAME DER MISSION:

- CHAMP = CHALLENGING Minisatellite Payload
- Leitprojekt der Bundesregierung für die Raumfahrtindustrie der Neuen Bundesländer

MISSIONSDAUER:

- Planung Phase B 1996
- Fertigung Phase C/D 1997-2000
- Gestartet am 15. Juli 2000
- Missionsende am 19. September 2010 durch Wiedereintritt in die Atmosphäre und Verglühen

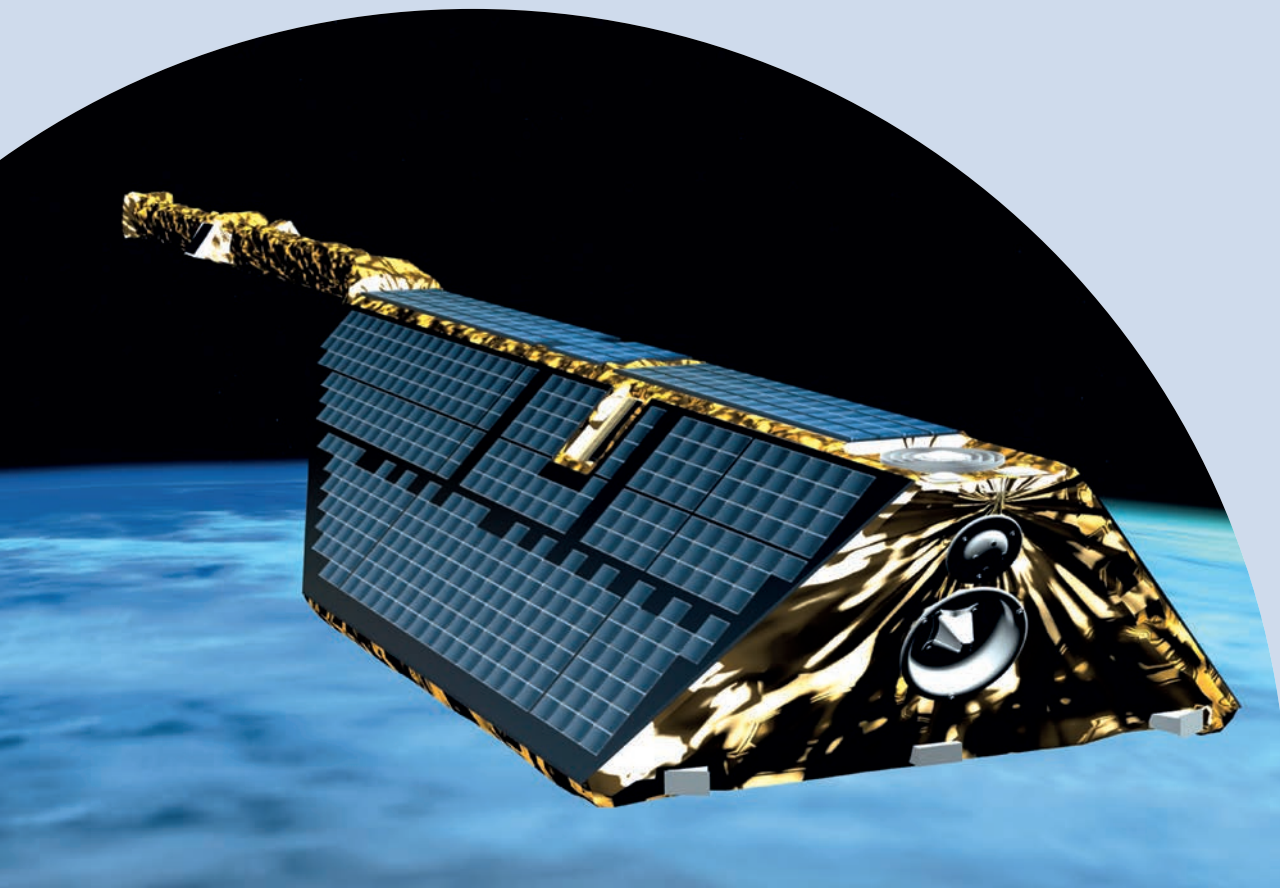
FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Mittelgeber: DARA (heute DLR-Raumfahrtagentur)
- Eigenleistungen des GFZ und des DLR je 10 % (zweimal ca. 1,5 Mio. Euro)

KONSORTIUM:

- Bau, Entwicklung und Betrieb im Auftrag und unter Leitung des GFZ in Zusammenarbeit mit dem DLR
- Bau des Satelliten durch ein Industrieteam unter Leitung der Firma Jena Optronik GmbH mit Dornier Satellitensysteme (heute Astrium) und Raumfahrt- und Systemtechnik Rostock GmbH

- Bereitstellung der Starttraktete und Start unter Leitung von OHB Cosmos International GmbH
- Das GFZ ist für die wissenschaftliche Auswertung der Schwerefeld- und Magnetfelddaten sowie für die GPS-Atmosphärensondierung verantwortlich
- Das Archiv der CHAMP-Datenprodukte (CHAMP-ISDC) wird vom GFZ betrieben und bleibt über Missionsende hinaus zugänglich



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Besonders effektive und schnelle Umsetzung der Kleinsatellitenmission als technologische und organisatorische Spitzenleistung, weltweit beispielhaft
- Erstmalige autonome Lageregelung (Autopilot) basierend auf GPS, Sternensensoren und Magnetfeldmessungen
- Erstmals dreiachsiges Satelliten-Akzelerometer
- Vorreiter von GRACE- und GOCE-Missionen zur Schwerefeldbestimmung
- Vorreiter der SWARM-Mission zur Magnetfeldmessung
- Einmaliger kontinuierlicher Datensatz des Erdmagnetfeldes über 10 Jahre, globale Abdeckung und einzigartige Auflösung
- Erste detaillierte In-Situ-Vermessung der Hochatmosphäre, Dichte, Wind, Gezeiten
- Erstmals operationelle Durchführung von GPS-Radiookkultationsmessungen zur Sondierung der Atmosphäre/Ionosphäre
- Weltweit erster Langzeitdatensatz (2001 bis 2008) von GPS-Radiookkultationsmessungen mit ersten klimatologischen Ergebnissen zu Veränderungen der Erdatmosphäre

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

1) Globale Schwerefeldbestimmung:

- Globale Vermessung des Erdschwerefeldes mit einem einzigen Satelliten und in bis dahin unerreichter Genauigkeit
- Erstmals Detektierung zeitlicher Schwerevariationen im globalen Maßstab

2) Globale Magnetfeldmessung

- Mathematische Modelle des geomagnetischen Hauptfeldes und seiner zeitlichen Variationen
- Hochauflösende Modelle der Krustenmagnetisierung
- Modelle zum magnetischen Einfluss der magnetosphärischen Ströme
- Modelle zu magnetischen Signaturen von Ozeangezeiten.
- Klimatologisches Modell zur Intensität des äquatorialen Elektrojets
- Klimatologisches Modell zur Verteilung und Auftretens-Wahrscheinlichkeit von ionosphärischen Irregularitäten (Störzonen für GPS-Empfang)
- Statistische Modelle der thermosphärischen Dichte und Winde, erstmaliger Beleg des Einflusses des geomagnetischen Feldes auf die neutrale Hochatmosphäre

3) GPS-basierte Atmosphären- und Ionosphären-Sondierung:

- Weltweit erstmalige operationelle Nutzung der GPS-RO zur Verbesserung globaler Wettervorhersagen
- Erstmalige Ableitung von klimarelevanten Temperaturänderungen der globaler Atmosphäre
- Erstmalige 3-D-Rekonstruktion der Ionosphäre über der Bahnebene des Satelliten (Top-Side)
- Erstmalige Nutzung von ionosphärischen GPS-RO-Daten für die Erfassung des Weltraumwetters
- Einzigartiger Datensatz als Basis für die Vorbereitung mehrerer internationaler GPS-RO-Missionen
- Demonstration verschiedener Verbesserungen bei der Analyse von GPS-Radiookkultationsdaten bis hin zur Einsparung von Infrastrukturkomponenten
- Vielzahl von Publikationen in renommierten Fachzeitschriften durch GFZ-Wissenschaftler

Beiträge zu Grand Challenges: Erdsystemdynamik und Risiken, Klimavariabilität, Wasserverfügbarkeit und -management



CHAMP-Start auf einer COSMOS-Rakete, Plesetsk, 15. Juli 2000

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

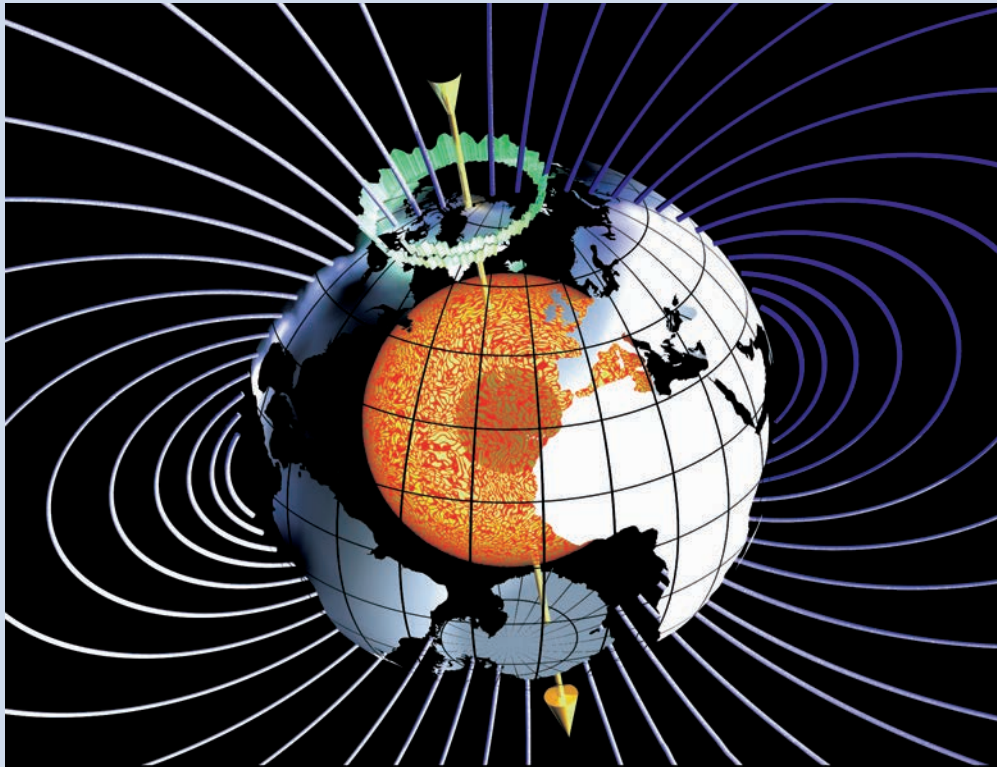
Weltweite wissenschaftliche Nutzergemeinschaft der Disziplinen:

- Geophysik
- Geodäsie
- Geomagnetismus
- Atmosphärenforschung
- Meteorologie
- Klimatologie
- Ionosphärenforschung

- Datenarchiv am GFZ (ISDC)
- ISDC-Nutzer: 2578 (Stand 21.9.2010)
- Primär: China, D, USA, Indien, Canada (zusammen ca. 60 %)
- DFG-Schwerpunktprogramm „Massenverteilung und Massentransporte im System Erde“ (2006 bis 2012): ca. 50 Doktoranden
- Wissenschaftliche Datenauswertung gefördert durch BMBF Geotechnologien I-III (2002 bis 2012)
- Operationelle Nutzung durch weltweit führende Wetterdienste (ECMWF, NCEP, Met Office, DWD, etc.), operationelle Nutzung von GPS-Atmosphärendaten zur Verbesserung globaler Wettervorhersagen
- (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (DLR, BGR, AWI, DWD, IAP, FZJ, MPI, DGFI, Universitäten Leipzig, München, Bonn, Dresden, Frankfurt, Potsdam, Jena, Kaiserslautern, Braunschweig und Köln)

Förderprogramme:

- DFG-Schwerpunktprogramm „Massenverteilung und Massentransporte im System Erde“ (2006 bis 2012): ca. 50 Doktoranden
- DFG-Schwerpunktprogramm „Geomagnetic Field Variations“ (2000 bis 2006)
- DFG-Schwerpunktprogramm „Climate and Weather of the Sun-Earth System“ (2005 bis 2011)
- Wissenschaftliche Datenauswertung gefördert durch BMBF GEOTECHNOLOGIEN „Beobachtung des Systems Erde aus dem Weltraum“ I-III (2002 bis 2012)



Das Erdmagnetfeld umgibt die Erde wie ein Schutzschild. Es hat im Wesentlichen die Struktur eines Dipols, dessen Achse (gelber Pfeil) gegenwärtig um etwa 11° gegenüber der Rotationsachse der Erde geneigt ist.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

➤ <http://www.gfz-potsdam.de/champ/>

➤ Reigber, C., Lühr, H., Schwintzer, P., Wickert, J. (Editors), Earth Observation with CHAMP – Results from three years in orbit, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005, ISBN 3-540-22804-7

➤ GFZ-Broschüre „10 Jahre Erdbeobachtung mit CHAMP“, 2010, DOI: 10.2312/GFZ.b103-champ001

Steckbrief GRACE

NAME DER MISSION:

- GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment)
- Operationell

MISSIONSDAUER:

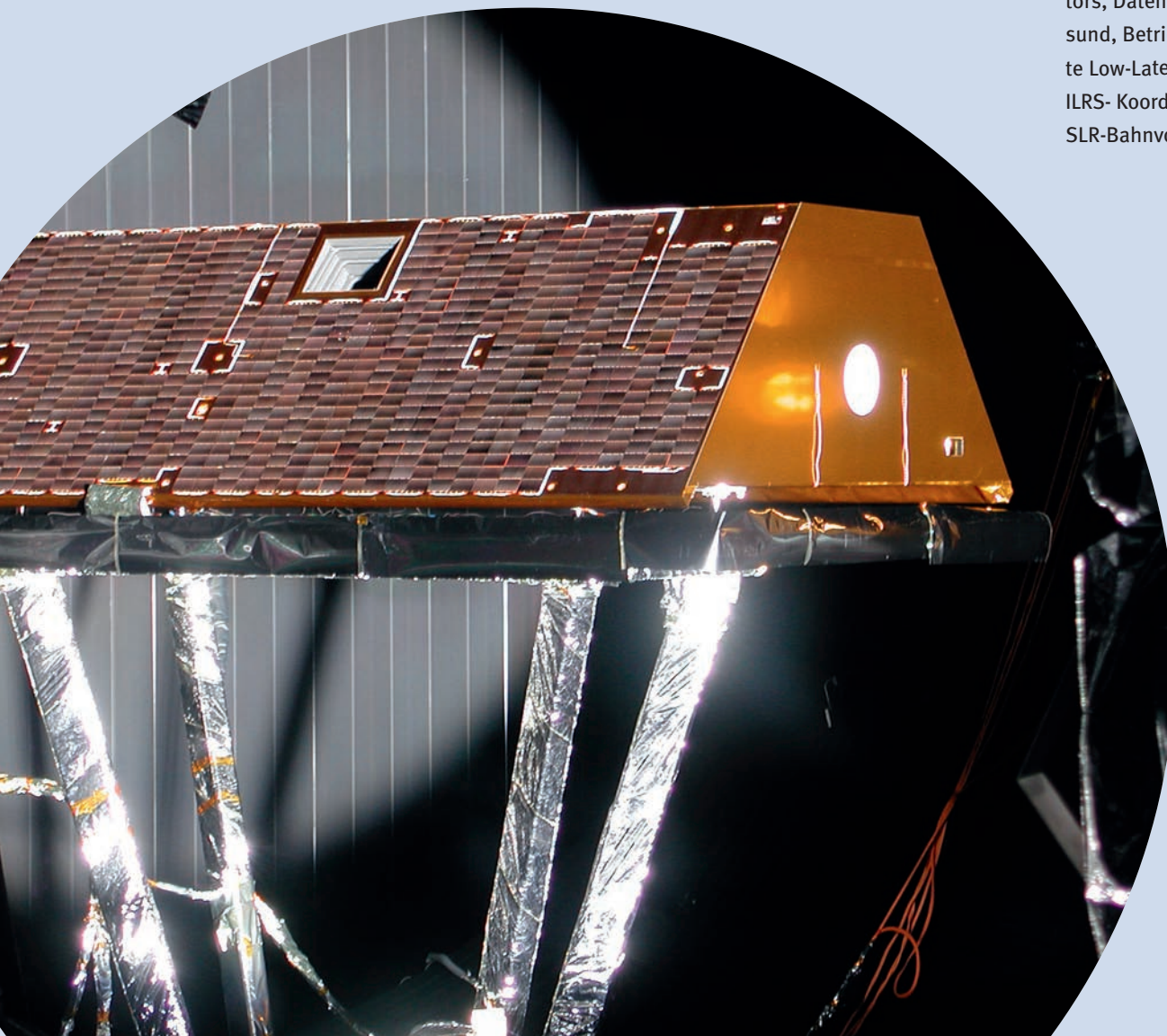
- 1998 beschlossen als erste Mission des ESSP-Programms der NASA
- Start: 17.3.2002
- Anfangsflughöhe 500 km
- Ursprünglich geplante Dauer: 5 Jahre
- Missionsende ca. 2014/15

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- ca. 110 Mio. Euro (Preisbasis 2002)
- Finanziert durch NASA/DLR
- Beteiligung des GFZ: Missionsbetrieb (500 Tsd. Euro/y)

KONSORTIUM:

- Satellit: Astrium
- Instrumente: JPL, ONERA, DTU, GFZ
- Startrakete: ROCKOT/Plesetsk
- Missionsbetrieb: DLR/GSOC
- Rolle des GFZ: Co-PI, Deputy Mission Operations Manager, Partner im US/D Science Data Center (SDS), Bereitstellung des Laser-Reflektors, Datenempfang Ny Ålesund, Betrieb des High-Rate Low-Latency GPS-Netzes, ILRS-Koordinierung und SLR-Bahnvorhersagen



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Erstmals Satellite-to-Satellite Tracking zwischen zwei LEO Zwillingssatelliten (<10 µm Genauigkeit) mit extremen Anforderungen an Thermalverhalten und Struktur der Satelliten
- Erstmals erteilte die NASA einen Auftrag zum Satellitenbau im Ausland (Astrium, Friedrichshafen)

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

- Primäres Ziel: Bestimmung der zeitvariablen Anteile des Schwerefeldes mit monatlicher Auflösung
- Sekundäres Ziel: Globale Sondierung der Atmosphäre/Ionosphäre
- Gebiet: Klimamission
- Ergebnisse: Klimarelevante Parameter/Zeitreihen wie Eismassenverluste in Grönland, der Antarktis und in den großen Inlandgletschern, Beobachtung des kontinentalen hydrologischen Kreislaufs mit Assimilation von GRACE in Hydrologiemodellen, Monitoring von Oberflächen- und Tiefenströmungen in den Ozeanen, statisches Schwerefeld für geophysikalische Anwendungen, Satellitenbahnbestimmung und zur Kombination mit GOCE, Monitoring klimarelevanter Veränderungen der Erdatmosphäre, Verbesserung globaler Wettervorhersagen
- Grand Challenges: Erdsystemdynamik und Risiken, Klimavariabilität, Wasserverfügbarkeit und -management

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

- Datenarchive bei JPL/PODAAC und GFZ/ISDC
- ISDC-Nutzer: 3317 (14.9.2012)
- Primär: China, D, USA, Indien, Canada (zusammen ca. 55 %)
- US/D SDS: NASA/JPL, UTCSR, GFZ
- US und Europäisches Science Team
- DFG-Schwerpunktprogramm „Massenverteilung und Massentransporte im System Erde“ (2006 bis 2012): ca. 50 Doktoranden
- Deutsche Anteile SDS gefördert durch BMBF GEOTECHNOLOGIEN I-III (2002 bis 2012)
- Weltweit führende Wetterdienste (ECMWF, NCEP, Met Office, DWD etc.), operationelle Nutzung von GPS-Atmosphärendaten zur Verbesserung globaler Wettervorhersagen
- (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (DLR, AWI, DGFI, Universitäten München, Bonn, Dresden, Frankfurt, Potsdam, Jena)

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

→ <http://www.gfz-potsdam.de/grace>

→ <http://www.csr.utexas.edu/grace/>

Ausgewählte Paper:

→ Adam, D., 2002. Gravity measurement: Amazing GRACE. *Nature*, 416:10–11.

→ Chen, J. L., Wilson, C. R., Blankenship, D., and Tapley, B. D., 2009. Accelerated Antarctic ice loss from satellite gravity measurements. *Nature Geoscience*, 2:859–862.

→ Chen, J. L., Wilson, C. R., and Tapley, B. D., 2006. Satellite Gravity Measurements Confirm Accelerated Melting of Greenland Ice Sheet. *Science*, 313:1958–1960.

→ Ciufolini, I. and Pavlis, E. C., 2004. A confirmation of the general relativistic prediction of the Lense-Thirring effect. *Nature*, 431:958–960.

→ Cox, C. M. and Chao, B. F., 2002. Detection of a Large-Scale Mass Redistribution in the Terrestrial System Since 1998. *Science*, 297:831–833.

→ Han, S.-C., Shum, C. K., Bevis, M., Ji, C., and Kuo, C.-Y., 2006. Crustal Dilatation Observed by GRACE After the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake. *Science*, 313:658–662.

→ Luthcke, S. B., Zwally, H. J., Abdalati, W., Rowlands, D. D., Ray, R. D., Nerem, R. S., Lemoine, F. G., McCarthy, J. J., and Chinn, D. S., 2006. Recent Greenland Ice Mass Loss by Drainage System from Satellite Gravity Observations. *Science*, 314:1286–1289.

❖ Rodell, M., Velicogna, I., and Famiglietti, J. S., 2009. Satellite-based estimates of groundwater depletion in India. *Nature*, 460:999–1002.

❖ Tamisiea, M. E., Mitrovica, J. X., and Davis, J. L., 2007. GRACE Gravity Data Constrain Ancient Ice Geometries and Continental Dynamics over Laurentia. *Science*, 316:881–883.

❖ Tapley, B. D., Bettadpur, S., Ries, J. C., Thompson, P. F., and Watkins, M. M., 2004. GRACE Measurements of Mass Variability in the Earth System. *Science*, 305:503–506.

❖ van den Broeke, M., Bamber, J., Ettema, J., Rignot, E., Schrama, E., van de Berg, W. J., van Meijgaard, E., Velicogna, I., and Wouters, B., 2009. Partitioning Recent Greenland Mass Loss. *Science*, 326:984.

❖ Velicogna, I. and Wahr, J., 2006. Acceleration of Greenland Ice Mass Loss in Spring 2004. *Nature*, 443:329–331.

❖ Velicogna, I. and Wahr, J., 2006. Measurements of Time-Variable Gravity Show Mass Loss in Antarctica. *Science*, 311:1754–1756.

❖ Witze, A., 2008. Climate change: Losing Greenland. *Nature*, 452:798–802.

❖ Wu, X., Heflin, M. B., Schotman, H., Vermeersen, B. L. A., Dong, D., Gross, R. S., Ivins, E. R., Moore, A. W., and Owen, S. E., 2010. Simultaneous estimation of global present-day water transport and glacial isostatic adjustment. *Nature Geoscience*, 3:642–646.



Die Satelliten-Empfangsstation Ny-Ålesund auf Spitzbergen

Steckbrief GRACE-FO

NAME DER MISSION:

- GRACE-FO (Gravity Recovery and Climate Experiment – Follow-on Mission)
- Wegen sehr guter technologischer/wissenschaftlicher Zusammenarbeit bei GRACE ist GRACE-FO wieder eine US/D Gemeinschaftsmission. GFZ ist verantwortlich für die Realisierung der deutschen Missionsanteile (Launcher, Missionsbetrieb, Laser Ranging Interferometer (LRI), Science). Die Satelliten werden wieder in Auftrag durch NASA/JPL bei Astrium gebaut. Die Mission begann ihre Phase A im Januar 2012. Seit September 2012 ist sie in Phase B.

MISSIONSDAUER:

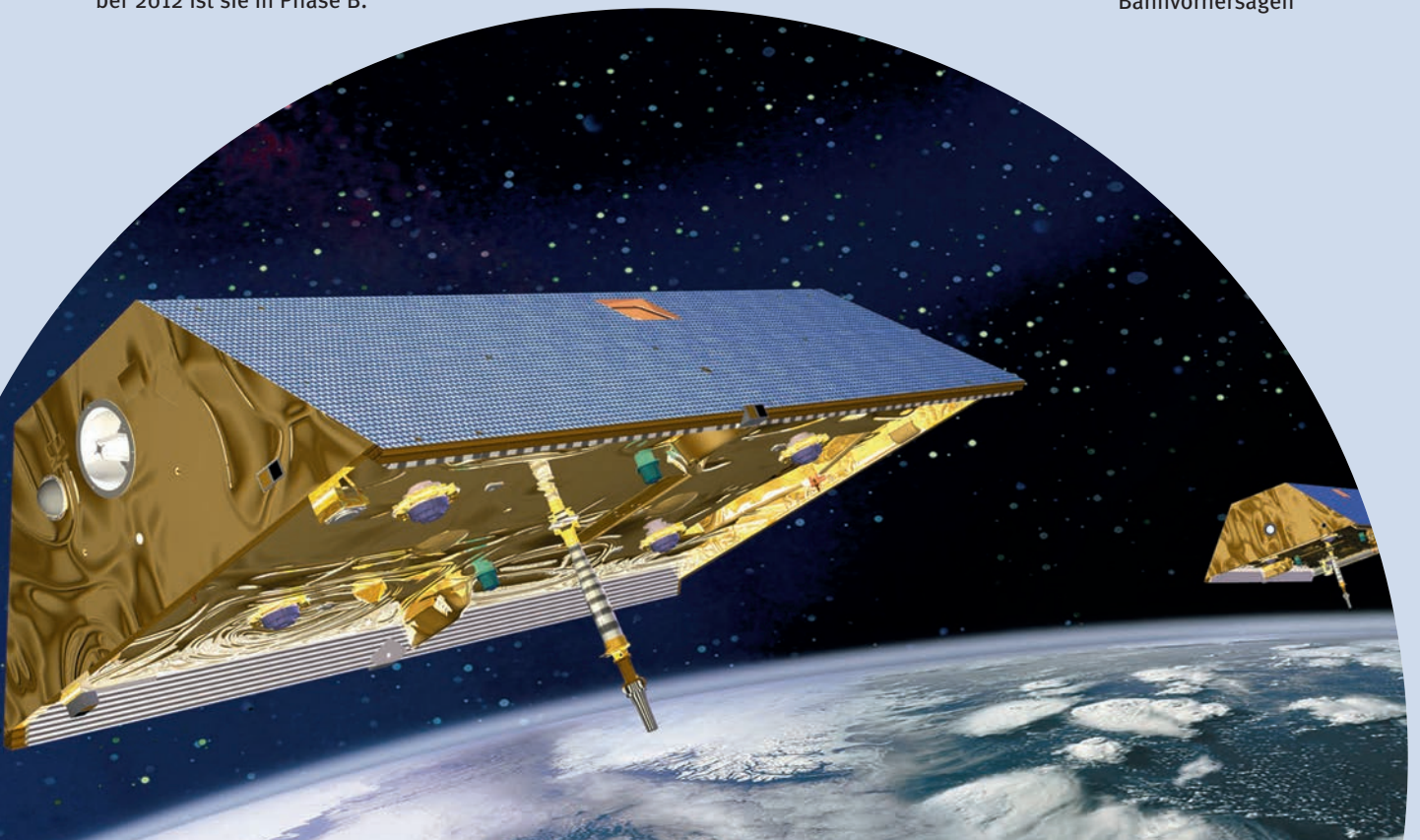
- Start: 5. August 2017
- Anfangsflughöhe 490 km
- Geplante Dauer: mindestens 5 Jahre

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- ca. 64 Mio. Euro (deutsche Anteile)
- Finanzierung durch BMBF, BMWi, Helmholtz-Gemeinschaft, GFZ und DLR (in kind contribution). Ca. 70 Mio. Euro gehen vom US-Anteil direkt in den Kauf der Satelliten bei Astrium
- Beteiligung des GFZ: Management deutsche Anteile, Missionsbetrieb, Wissenschaft, Laser-Retroreflektoren

KONSORTIUM:

- Satellit: Astrium
- Instrumente: JPL, ONERA, DTU, GFZ, AEI, STI, DLR, Astrium
- Startrakete: DNJPR/Baikounur (TBC)
- Missionsbetrieb: DLR/GSOC und GFZ (TBC)
- Rolle des GFZ: Gesamtmanagement deutsche Anteile, Deutscher GRACE-FO Manager, Mission Operations Manager, Partner im US/D Science Data Center (SDS), Bereitstellung Laser Reflektor, Datenempfang Ny Ålesund, Betrieb High-Rate Low-Latency GPS Netz, ILRS Koordinierung und SLR-Bahnvorhersagen



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Neben Satellite-to-Satellite (SST) Tracking zwischen zwei LEO Zwillingssatelliten mit Mikrowelle ($<10 \mu\text{m}$ Genauigkeit) soll diesmal erstmals ein Laser-SST Demonstrator realisiert werden (Faktor 5-50 besser). Dies hat extreme Anforderungen an die Ausrichtgenauigkeit und das Thermalverhalten sowie die Struktur der beiden Satelliten

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

- Primäres Ziel: Bestimmung der zeitvariablen Anteile des Schwerefeldes mit monatlicher Auflösung
- Sekundäres Ziel: Globale Sondierung der Atmosphäre/Ionosphäre
- Gebiet: Klimamission, Schwerefeldmission
- Ergebnisse: Fortsetzung und Verbesserung (durch LRI) der klimarelevanten Parameter/Zeitreihen von GRACE wie Eismassenverluste in Grönland, der Antarktis und in den großen Inlandgletschern, Beobachtung des kontinentalen hydrologischen Kreislaufs mit Assimilation von GRACE in Hydrologiemodellen, Monitoring von Oberflächen- und Tiefenströmungen in den Ozeanen, statisches Schwerefeld für geophysikalische Anwendungen, Satellitenbahnbestimmung und zur Kombination mit GOCE, Monitoring klimarelevanter Veränderungen der Erdatmosphäre, Verbesserung globaler Wettervorhersagen
- Grand Challenges: Erdsystemdynamik und Risiken, Klimavariabilität, Wasserverfügbarkeit und -management

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

- Datenarchive bei JPL/PODAAC und GFZ/ISDC
- ISDC Nutzer (GRACE): 3317 (14.9.2012)
- Primär: China, D, USA, Indien, Canada (zusammen ca. 55%)
- US/D SDS: NASA/JPL, UTCSR, GFZ
- US und Europäisches Science Team
- Weltweit führende Wetterdienste (ECMWF, NCEP, Met Office, DWD etc.), operationelle Nutzung von GPS-Atmosphärendaten zur Verbesserung globaler Wettervorhersagen
- Neuaufgabe DFG-Schwerpunktprogramm oder Beantragung Infrastruktur-Schwerpunkt (TBC)
- Deutsche Anteile SDS sollten wie bei GRACE durch BMBF gefördert werden
- (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (DLR, AWI, DGFI, Universitäten München, Bonn, Dresden, Frankfurt, Potsdam, Jena)

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

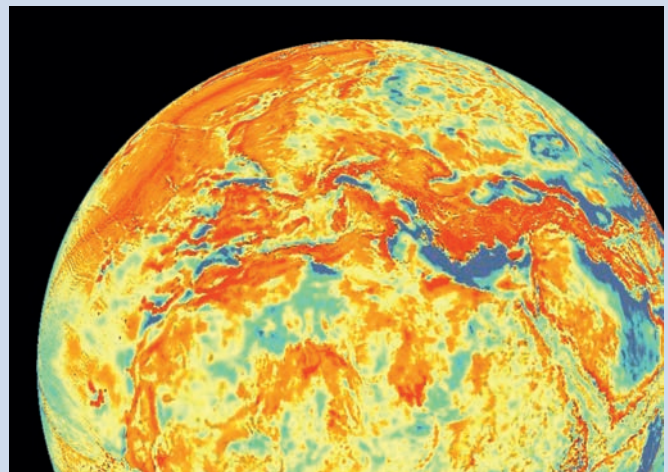
→ <http://www.gfz-potsdam.de/grace>

→ <http://www.csr.utexas.edu/grace/>

→ Ausgewählte Paper:

B. S. Sheard, G. Heinzel, K. Danzmann, D. A. Shaddock, W. M. Klipstein, W. M. Folkner (2012): Intersatellite Laser Ranging Instrument for the GRACE follow-on mission, *Journal of Geodesy*, online first, DOI: 10.1007/s00190-012-0566-3

s. GRACE



Aus dem Modell EIGEN-5C abgeleitete Schwerefeldanomalien:

Dieses wurde berechnet aus Daten der GRACE- und LAGEOS-Satellitenmissionen und zusätzlichen Schwerebeobachtungen auf der Erde. Wegen seiner hohen Qualität wurde das Modell für die Auswertung der JASON- und GOCE-Satellitenmissionen ausgewählt.

Steckbrief SWARM

NAME DER MISSION:

- Swarm – 5. Erderkundungsmission im Rahmen des ESA-Programms Living Planet
- Status: startbereit

MISSIONSDAUER:

- Planungsphase B:
Nov. 2005 – Feb. 2007
- Fertigungsphase C/D:
Feb. 2007 – März 2012
- Start: März 2013
- Frühe Missions-Phase E1:
März 2013 – Sept. 2013
- Commissioning-Phase:
3 Monate
- Geplante Betriebszeit:
4 Jahre

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Gesamtkosten:
ca. 220 Mio. Euro
davon 86 Mio. Euro Baukosten für 3 Satelliten
- Geldgeber: ESA
- Beteiligung des GFZ:
ca. 200 Tsd. Euro Mission Performance Support;
430 Tsd. Euro Level-2 Datenverarbeitung

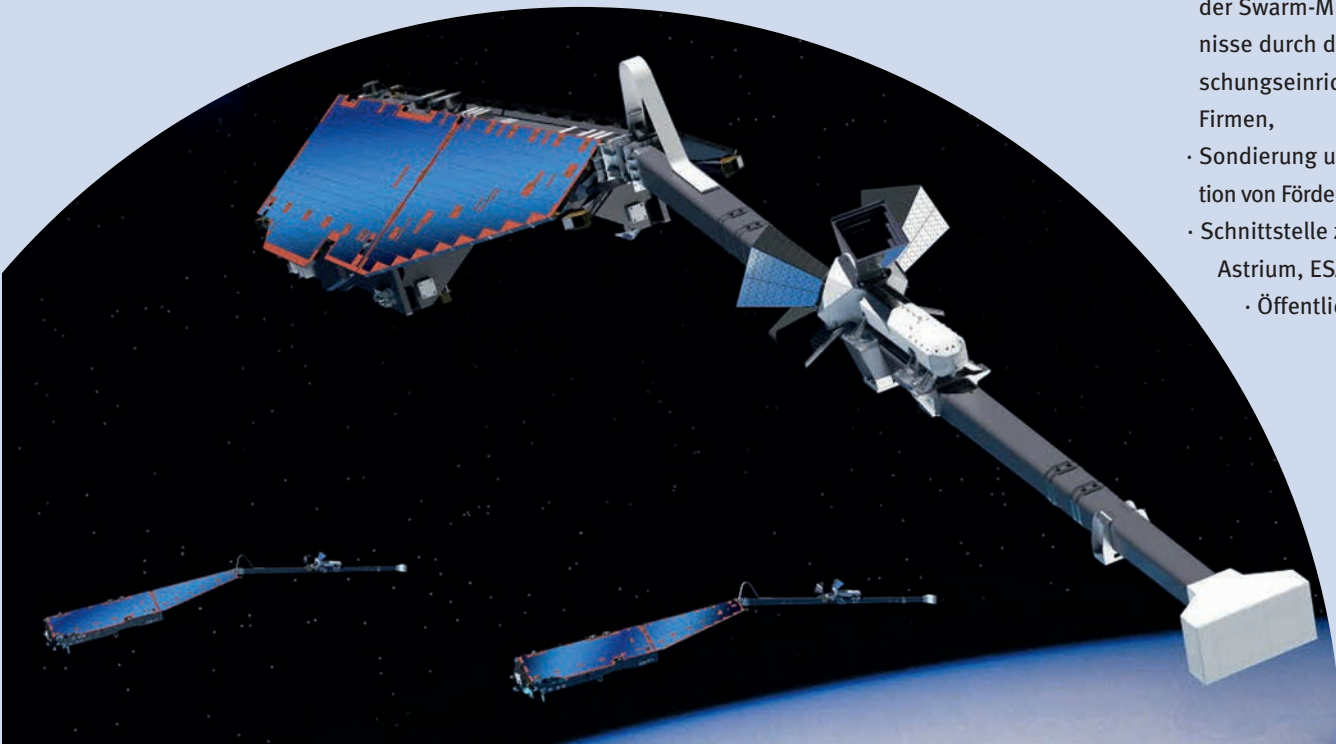
KONSORTIUM:

- Prime: EADS-Astrium GmbH, Friedrichshafen
- Partner: Astrium UK, GFZ/Potsdam, DTU/Copenhagen
- Start: Rockot (Eurockot)
- Betrieb: ESA-ESOC Darmstadt
- Datenverarbeitung und Nutzerservice: ESA-ESRIN

Rolle des GFZ:

- Prof. H. Lühr ist einer der drei Principle Investigators der Swarm Mission und Mitglied der Mission Advisory Group.
- Teilnahme an 5 wissenschaftlichen Studien in den Vorbereitungsphasen A, B und C, davon 2 unter Leitung des GFZ.
- Unterstützung des Hauptauftragnehmers bei Entwicklung und Test; Grundlagen bilden die Erfahrungen mit der CHAMP-Mission.
 - Erstellung eines End-to-End System Performance Simulators,
 - Performance-Analyse der Satelliten während Design, Charakterisierung und Kalibrierung der Instrumente.

- Beistellung der LaserRetro-Reflektoren zur präzisen Bahnvermessung
- Beteiligung an der Swarm Level-2 Datenverarbeitung als Partner in einem europäischen Konsortium:
 - Modellierung des geomagnetischen Feldes
 - Berechnung 3 Ionosphärenparameter in nahezu Echtzeit
- Mitglied im internationalen Swarm Validation Team zur Validierung der Messwerte
- Swarm Projektbüro Deutschland am GFZ (finanziert durch BMWi/DLR):
 - Koordination der deutschen Nutzerinteressen
 - Erstellung eines Konzepts zur wissenschaftlichen und technischen Nutzung der Swarm-Missionsergebnisse durch deutsche Forschungseinrichtungen und Firmen,
 - Sondierung und Koordination von Förderprogrammen
 - Schnittstelle zwischen Astrium, ESA und DLR
 - Öffentlichkeitsarbeit



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Betrieb einer Konstellation von 3 baugleichen Satelliten zur besseren Trennung von räumlich/zeitlichen Variationen.
- Hochgenaue Messungen der Stärke, Richtung und Gradienten des Erdmagnetfeldes
- Vermessungen der Hochatmosphäre: Luftdichte und Wind, elektrisches Feld und Plasmadichte, sowie Elektronen- und Ionentemperatur
- Ergänzung durch präzise Navigationsdaten und Beschleunigungsmessungen geeignet für Schwerefeldanalyse

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

Missionsziele:

- Hochgenaue Vermessung des Erdmagnetfeldes und seiner zeitlichen Veränderungen
- Separate Modellierung der einzelnen Magnetfeld-Quellen: Kernfeld, Krustenfeld, Stromsysteme in Ionosphäre und Magnetosphäre, Ozeanströmungen
- Neue Einblicke in das Erdsystem: besseres Verständnis der dynamischen Prozesse im Erdkern, Zusammensetzung der Leitfähigkeit des Erdmantels, der Struktur der Erdkruste
- Sondierung der Hochatmosphäre, Untersuchung des Einflusses der Sonne, Wechselwirkung Sonnenwind–Erdmagnetfeld, Einfluss des Wetters und Klimawandels

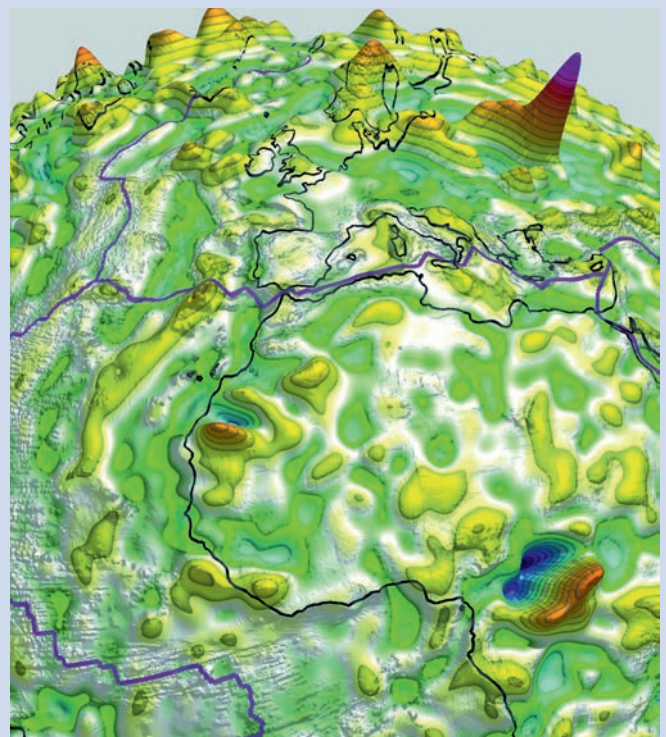
Angesprochene Wissenschaftsgebiete:

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

Gesellschaftliche Relevanz:

- Aufklärung der Zusammenhänge zwischen Magnetfeld, Atmosphäre und Klima
- Erforschung der Schirmwirkung eines sich ändernden Magnetfeldes gegen kosmische Strahlung
- Identifikation geologischer Strukturen
- Ortung neuer Ressourcen im Untergrund aus Karten der Gesteinsmagnetisierung
- Identifizierung und Spezifizierung von Störzonen für Satelliten-Navigation und Kommunikation

- Monitoring der Hochatmosphäre (Weltraumwetter) von Bedeutung für Satellitenbetrieb, Weltraumtrümmer-Verfolgung und Zuverlässigkeit der GPS-Signale
- Verbesserung der Weltraumwetter-Vorhersage zur Warnung vor Störungen bei Satellitenbetrieb, Flugverkehr, Energieversorgung, Telekommunikation, Korrosion von Pipelines usw.



Dreidimensionale Darstellung des Magnetfeldsignales der Lithosphäre in 100 km Höhe. Besonders herausstechend ist die Kursk-Magnetfeld-anomalie. Sie erzeugt das stärkste Signal in Satellitenhöhe und kann mit dem gleichnamigen Eisenerzlager in Russland in Verbindung gebracht werden. Prominent tritt auch die Bangui-Anomalie in Zentralafrika hervor, deren Herkunft noch ungeklärt ist.

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

Nutzer international:

- Am „Second Swarm International Science Meeting“, veranstaltet zum Informationsaustausch zwischen ESA, Wissenschaftlern und Industrie, nahmen 160 Experten aus 27 Nationen teil und bekundeten ihr Interesse an der aktiven Beteiligung an Mission und Datenauswertung/-nutzung.
- Zur wissenschaftlichen Nutzung der Swarm-Daten hat sich das internationale Konsortium „Swarm Magnetic and Atmospheric Research Team“ (SMART), bestehend aus 9 Partnerinstitutionen, gebildet, dem neben dem GFZ auch NASA, NOAA und Univ. Calgary, Kanada angehören.

Nutzer national:

- Ein Swarm-Projektbüro wurde am GFZ zur Nutzerkoordinierung eingerichtet, Auftraggeber: Raumfahrtagentur des DLR mit Mitteln des BMWI aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Behörden:

- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): Krustenmagnetisierung

Institutionen:

- DLR Inst. Kommunikation und Navigation: Weltraumwetter-Parameter
- Leibniz-Institut Atmosphärenphysik: Ionosph.-thermosph. Messungen
- Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik - LIAG: Krustenmagnetisierung,
- AWI: Meeresströmung und Gezeiten, Erdmagnetfeld,
- FZ Jülich: Atmosphärenforschung

Universitäten:

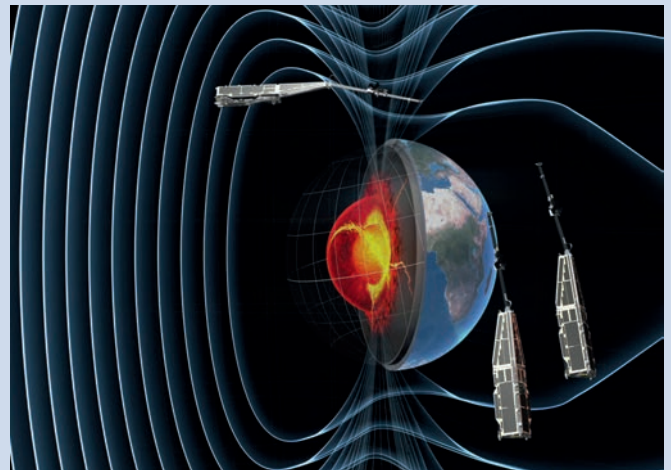
Potsdam, FU Berlin, TU Braunschweig, Uni Bonn, Jacobs Univ. Bremen, Uni Leipzig, Uni Kaiserslautern, LMU, TU München

Wirtschaft:

Astrium: Satellitenbau und Instrumentkalibrierung, Hypersonic Technology Göttingen: Flugdynamik

Förderprogramme:

- DFG: SPP 1488 Planetarer Magnetismus (Planetmag)



SWARM-Konstellation

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

Swarm bei ESA:

<http://www.esa.int/esaLP/LPswarm.html>

Swarm Seite bei EADS-Astrium:

<http://www.astrium.eads.net/de/programme/swarm.html>

Swarm Projektbüro Deutschland am GFZ:

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

Steckbrief GOCE

NAME DER MISSION:

- GOCE = Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer

MISSIONSDAUER:

- Gestartet März 2009
- Regulärer Messbetrieb seit Herbst 2009
- Missionsdauer voraussichtlich bis Ende 2013

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Finanziert durch die europäische Raumfahrtagentur ESA
- GFZ erhält von der ESA Drittmittel für Personal zur Datenauswertung und unterstützt die Datenprozessierung mit eigenen Personalmitteln

KONSORTIUM:

- Bau: 41 europäische Firmen unter einem Konsortium der folgenden vier Unternehmen:
 - Thales Alenia Space (Italy) – Hauptkontraktor
 - EADS Astrium GmbH (Germany) – Plattform
 - Thales Alenia Space (France) – Gradiometer
 - ONERA (France) – Akzelerometer & System-Support
- Betrieb: European Space Operations Centre ESOC, Darmstadt



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Weltweit erstmals Flug eines dreiachsigen Satellitengradiometers

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

- Vermessung des Erdschwerefeldes vom Weltraum aus, global mit bis dahin unerreichter räumlicher Auflösung (100 ... 80 km)
- Wissenschaftliche Zielstellungen:
 - Schaffung eines nationalen, kontinentalen und globalen Höhenreferenzsystems, welches die Erforschung von topographischen Prozessen erleichtert
 - die Entstehung von Eisschichten und die Topographie der Landflächen
 - ein neues Verständnis zur Struktur der Erdkruste und der Lithosphäre, zum Beispiel an den Kontinentalrändern sowie zu geodynamischen Prozessen wie der Mantelkonvektion mit Hilfe seismischer Daten (regional, global)
 - ein Modell von Ozeanzirkulation und Wärmetransporten im Ozean (global und regional) durch Kombination der GOCE-Daten mit Daten aus der Satellitenaltimetrie
 - ein Modell der Eisdicke, welches Gradiometerdaten von GOCE mit Altimeterdaten verbindet
 - eine genaue Erfassung des Meeresspiegels und das Verständnis seiner Variationen
- Ergebnisse (Stand September 2012)
 - Veröffentlichung der ersten drei Versionen globaler GOCE-Schwerefeldmodelle durch die ESA. Die Kugelfunktionsdatensätze dieser Modelle sind u.a. in der ICGEM-Datenbank des GFZ verfügbar (<http://icgem.gfz-potsdam.de>)

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

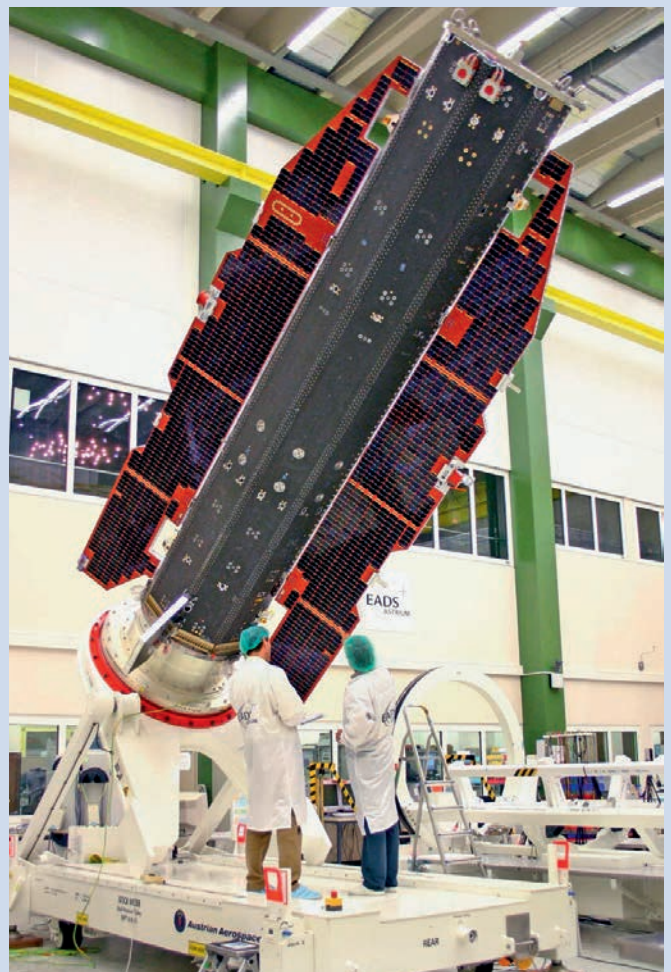
- Geophysik, Ozeanographie, Geodäsie
Internationales Konsortium zur Datenauswertung im Auftrag der ESA:
GOCE – HPF (GOCE High Level Processing Facility) = 10 europäische wissenschaftliche Institutionen, eine davon GFZ, unter der Projektleitung der TU München
- (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (BKG, DGFI, KIT, Universitäten Stuttgart, München, Hamburg und Hannover)

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

→ <http://www.goce-projektbuero.de>

→ http://www.esa.int/esaLP/ESAYEK1VMOC_LPgoce_o.html

→ <http://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/BR-285/pageflip.html>



Steckbrief Galileo

NAME DER MISSION:

- Galileo
Europäisches Satelliten-
navigationssystem

MISSIONSDAUER:

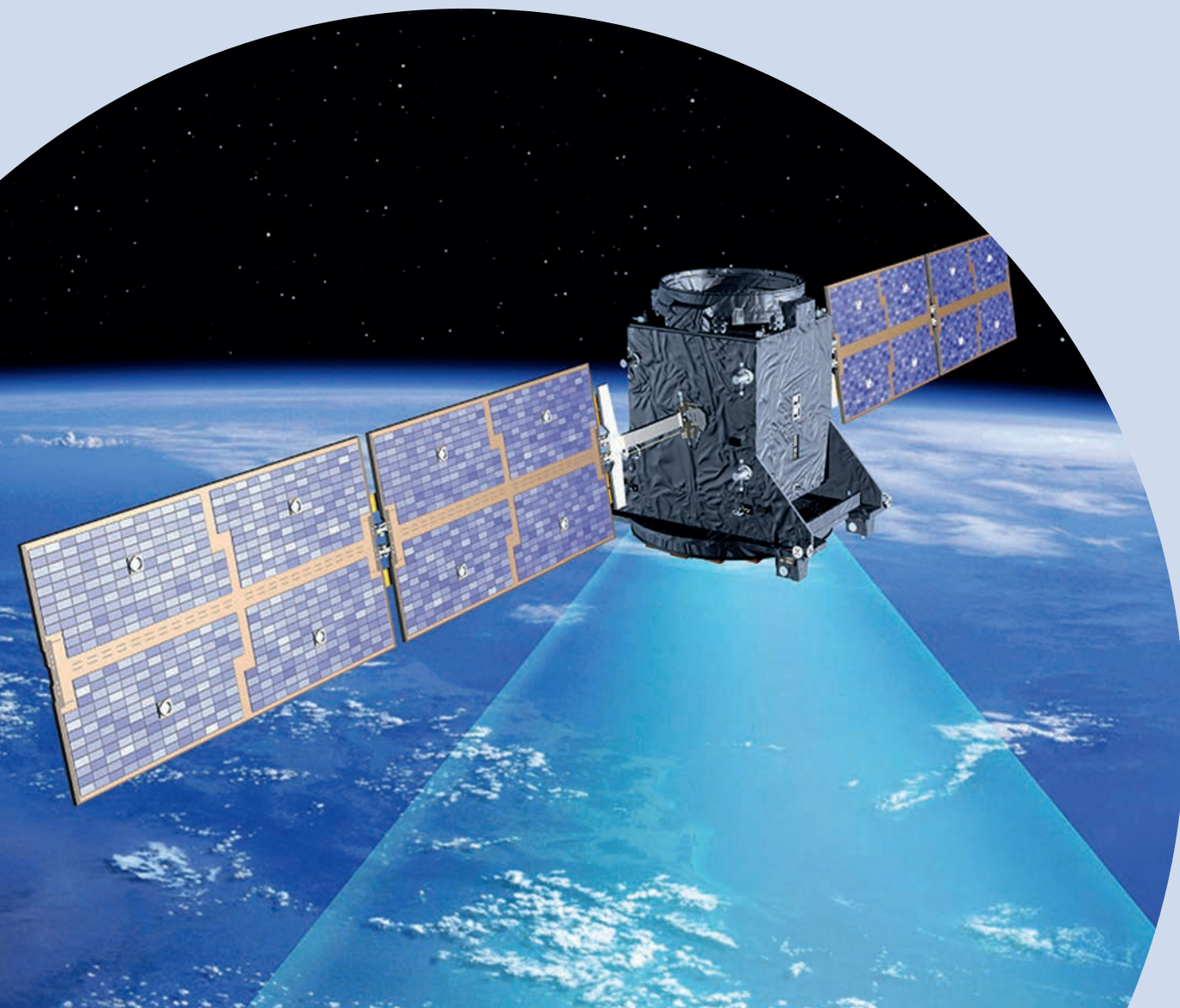
- Geplante Initiale Operatio-
nalität in 2014
- 2 „In-Orbit-Validierungs
(IOV)“ Satelliten bereits im
All (2 weitere Oktober 2012)

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Finanzrahmen bis 2013:
4,9 Mrd. Euro
- Mittelgeber:
Europäische Union
- Beteiligung des GFZ über
Drittmittel (EU/ESA)
finanziert

KONSORTIUM:

- Die Europäische Weltraum-
behörde ESA ist mit der
Durchführung betraut.
- Das GFZ ist an der Ausge-
staltung der Datenemp-
fangs- und -verarbeitungs-
routinen beteiligt.



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Das Galileo Navigationssatellitensystem wird eine eigenständige Alternative zum amerikanischen GPS-System bilden und damit die Basis für eine Vielzahl von Anwendungen (insbesondere der Navigation) in Wirtschaft, Wissenschaft und Militärwesen sein. Galileo wird über neuartige Signalstrukturen und Eigenschaften verfügen, die eine höhere Genauigkeit und Zuverlässigkeit für diese Anwendungen erlauben.

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

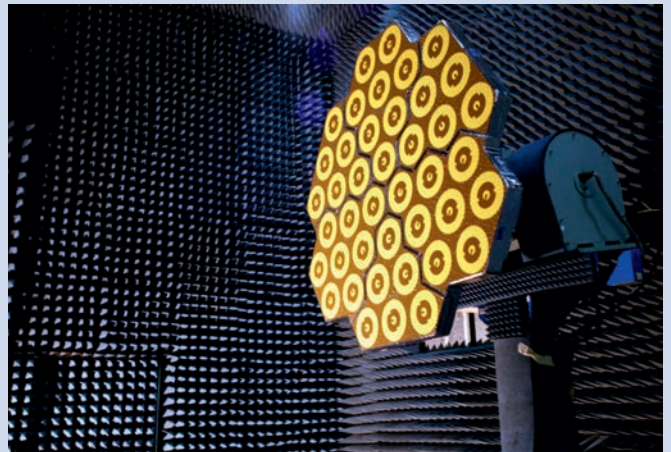
- Das Galileo-System (Ziel ist Betrieb eines eigenständigen Satellitennavigationssystems) beeinflusst nahezu alle gesellschaftlichen Bereiche und bedient demzufolge auch alle Grand Challenges. Seit der frühen Phase der Entwicklung des Systems ist das GFZ wegen seiner Erfahrungen auf dem Gebiet der GPS-Datenverarbeitung an der Ausgestaltung der Komponenten und ihres Zusammenwirkens maßgeblich beteiligt.
- Das GFZ leistet zwei explizite und spezifische Beiträge:
 - a) Monitoring der Signale der IOV-Satelliten mit global verteilten Bodenstationen und Lieferung an die ESA, um die Performance der Satelliten genau zu bewerten
 - b) Führung eines Konsortiums von 5 Partnern aus 3 Ländern zur Bereitstellung eines geodätischen Bezugssystems (Referenzrahmen) für den stabilen Betrieb des Galileo-Systems (Galileo Geodetic Service Provider, GGSP), GFZ leistet hier einen direkten Beitrag zu einem Galileo-Systembestandteil mit grundlegender Bedeutung für die Genauigkeit des Galileo-Systems. Das GGSP-Konsortium ist an seit 2011 durchgeführten In-Orbit-Validierung der ersten 4 Galileo-Satelliten durch einen ESA-Vertrag beteiligt.

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

- Die Zielgruppe der Nutzer von Galileo ist extrem groß (Wissenschaft, Wirtschaft, Verkehr/Transport, Militär). Die Anwendungen finden sich in nahezu allen gesellschaftlichen Bereichen.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

→ http://www.ggsp.eu/ggsp_home.html



GALILEO – GIOVE-B / Navigationsantenne

Steckbrief EnMAP

NAME DER MISSION:

- EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program)
- Phase C/D (Konstruktionsphase)

MISSIONSDAUER:

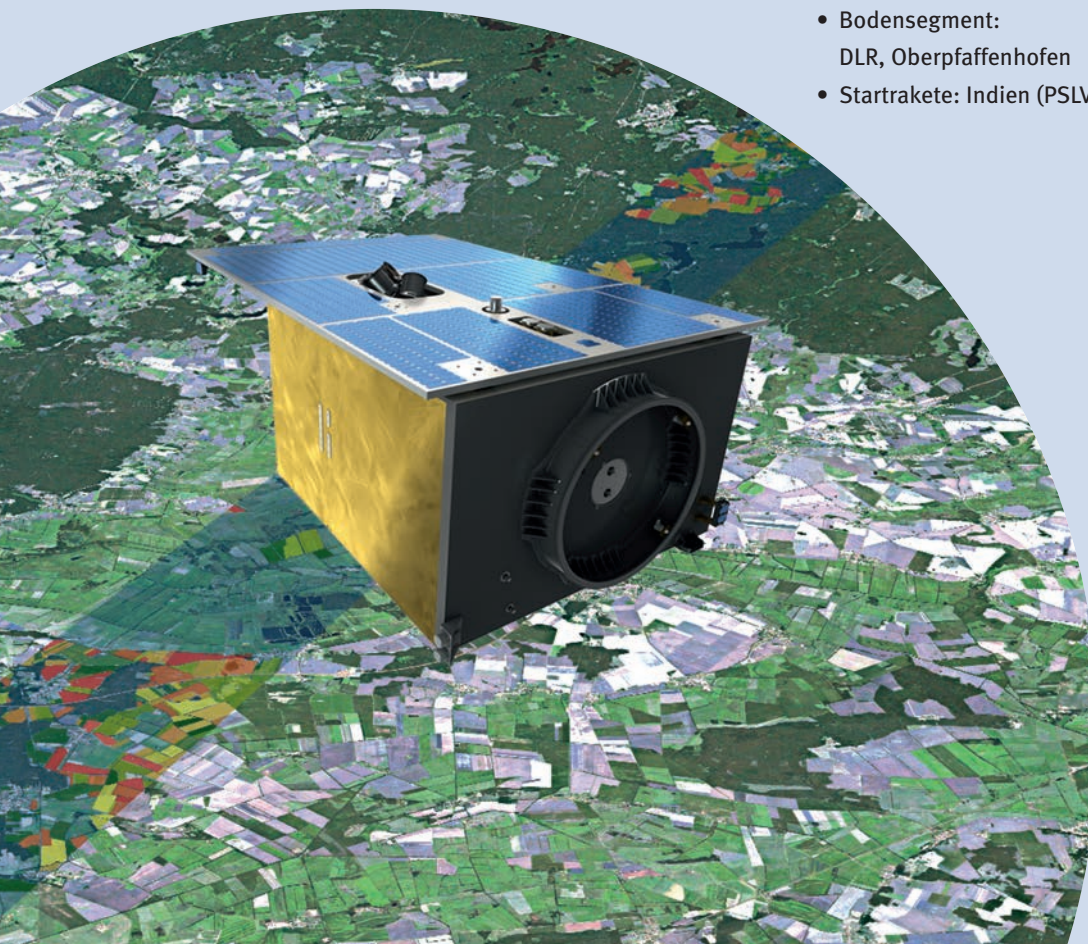
- 2005 Phase A-Studie abgeschlossen
- 2007 Planungsphase B abgeschlossen
- 2008 Start der Phase C/D
- 2015 geplanter Start des Satelliten
- Geplante Dauer der Betriebsanlaufphase: 3-5 Monate
- operationelle Betriebszeit: 5 Jahre

- Budget gesamt (für Instrument, Satellit, Startrakete und Bodensegment): ca. 200 Mio. Euro
- Mittelgeber: BMWi über Deutsche Raumfahrtagentur (DLR)
- Beteiligung des GFZ: 5 Mio. Euro

KONSORTIUM:

- Projektleitung: Deutsche Raumfahrt Agentur, Bonn
- Raumsegment Hersteller:
 - Instrumentbau: Kayser-Threde (KT), München
 - Bus: OHB-Systems, Bremen
- Bodensegment: DLR, Oberpfaffenhofen
- Startrakete: Indien (PSLV)

- Rolle des GFZ:
 - Antragsteller und „Principal Investigator“ (Prof. Dr. H. Kaufmann)
 - Wissenschaftliche Leitung und Auswertung
 - Modellierung und Definition der Instrument- und Orbitparameter
 - Erstellung eines end-to-end Daten-Simulators
 - Erstellung eines Cal/Val-Konzepts
 - Aufbau und Bereitstellung einer Toolbox
 - Technischer und inhaltlicher Support des Instrumentbauers (KT)
 - Koordination des EnMAP Core Science Teams (ECST)
 - Kooperation mit DLR-Agentur
 - Koordination der wissenschaftlichen Nutzer
 - Konzeptentwürfe zu internationalen wiss. Großprojekten und deren Koordination
 - Durchführung von Workshops und Sommerschulen
 - Koordination der Nachwuchsförderung (young-EnMAP)
 - Sondierung und Koordination von Förderprogrammen



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Erster europäischer Hyperspektralsensor für den sichtbaren und Infrarot-Bereich (VNIR-SWIR)
- Materialidentifikation und -quantifizierung
- Abbildendes Spektrometer mit 242 Kanälen
- Bandbreiten von 6,5 nm bis 10 nm
- Globale Abtastung mit 30 m GSD

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

- Übergeordnetes Ziel der Mission ist, einen signifikanten Beitrag zum besseren Verständnis biosphärisch/geosphärischer Prozesse auf unserer Erdoberfläche zu leisten. Dazu werden Ökosystemparameter satellitengestützt und somit global vergleichbar, wie auch spektral hochauflösend und dadurch quantifizierbar, von der gesamten Erdoberfläche für wissenschaftliche und nutzungsbezogene Aufgabenstellungen analysiert.

Im Vordergrund stehen:

- Die globale Erfassung bio-physikalischer und bio-geochemischer Variablen in hoher spektraler und räumlicher Auflösung
- Die damit gegebene Beobachtung und zeitliche Analyse von Ökosystemparametern, die Untersuchungen in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Böden und Geologie sowie Küsten- und Inlandgewässern einschließen
- Die Bereitstellung hochwertiger, kalibrierter Daten und extrahierter Parameter, die als Eingangsdaten für eine genauere Modellierung und für ein besseres Verständnis von biosphärisch/geosphärischen Prozessen dienen
- Die Bereitstellung quantitativer Daten und Parameter für eine möglichst vielschichtige Nutzergemeinde auch mit dem Ziel der Operationalisierung und zukünftigen Kommerzialisierung

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

- Zielgruppe ist vorrangig die internationale Wissenschaftsgemeinde, die sowohl methodische wie unterschiedlichste anwendungsorientierte Ziele verfolgt.
- In einer ersten Umfrage (2005) zeigten sich global mehr als 300 Institutionen interessiert an dem Projekt mitzuwirken.
- Internationale Kooperationen zu Calibration/Validation der Daten.
- Kooperation mit internationalen wissenschaftlichen Großprojekten u. a. mit USA (JPL-HyspIRI-) (Mitglied des Science Teams), Australien (CSIRO), Japan (METI-HISUI), China (MLR-AGRS) etc.
- Kooperation und Synergien mit ESA's Chris-Proba und zukünftigen Sentinel-2 Missionen (Mitglied des Advisory Boards und Science Teams)
- Entwicklung auch kommerzieller Produkte im Laufe der Mission im Hinblick auf Kontinuität
- Zusammenarbeit mit (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (DLR, AWI, HZG, UFZ, FZ), LMU, KIT, TUB, HUB, Universitäten Trier, Potsdam, Göttingen, Bonn, Kiel, Freiburg, Osnabrück)

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

→ <http://www.enmap.org/>

→ <http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Struktur/Departments/Department+1/sec14>

→ Segl, K., Guanter, L., Kaufmann, H., Schubert, J., Kaiser, S., Sang, B., and Hofer, S., (2010): Simulation of spatial sensor characteristics in the context of the EnMAP hyperspectral mission. *IEEE-Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48/7, 3046-3054.

→ Segl, K.; Guanter, L.; Rogass, C.; Kuester, T.; Roessner, S.; Kaufmann, H.; Sang, B.; Mogulsky, V.; Hofer, S. (2012): EeteS - The EnMAP End-to-End Simulation Tool. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5/2, 522-530.

→ Segl, K.; Richter, R.; Kuester, T.; Kaufmann, H. (2012): End-to-end sensor simulation for spectral band selection and optimization with application to the Sentinel-2 mission. *Applied Optics*, 51/4, 439-449.

→ Guanter, L., Segl, K., and Kaufmann, H., (2009): Simulation of optical remote sensing scenes with application to the EnMAP hyperspectral mission. *IEEE-Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47/7, 2340-2351.

→ Kaufmann, H., Segl, K., Kuester, T., Rogass, C., Hofer, Mueller, A., and Chlebek, C., (2012): The Environmental Mapping and Analysis Program (ENMAP) - Present status of preparatory phase -, Proc. IGARSS '12, Munich, on CD-ROM.

→ Kuester, T., Segl, K., Spengler, D., and Kaufmann, H., (2012): Correction of BRDF-effects in vegetation indices using simulated Sentinel-2 data. Proc. Sentinel-2 Prep. Symp, April 23-27, ESA-ESRIN, Frascati (Rome), Italy.

→ Sang, B., Hofer, S., Foerster, K.-P., Stuffer, T., Schubert, J., Neumann, C., Mogulsky, V., Kaufmann, H., Mueller, A., and Chlebek, C., (2009): Instrument concept for the dual hyperspectral imaging spectrometer of the German EnMAP mission. Proc. SPIE Conf. on Optical Engineering and Applications, August 10-14, San Diego, online.

Steckbrief TerraSAR-X

NAME DER MISSION:

- TerraSAR-X
- Operationell

MISSIONSDAUER:

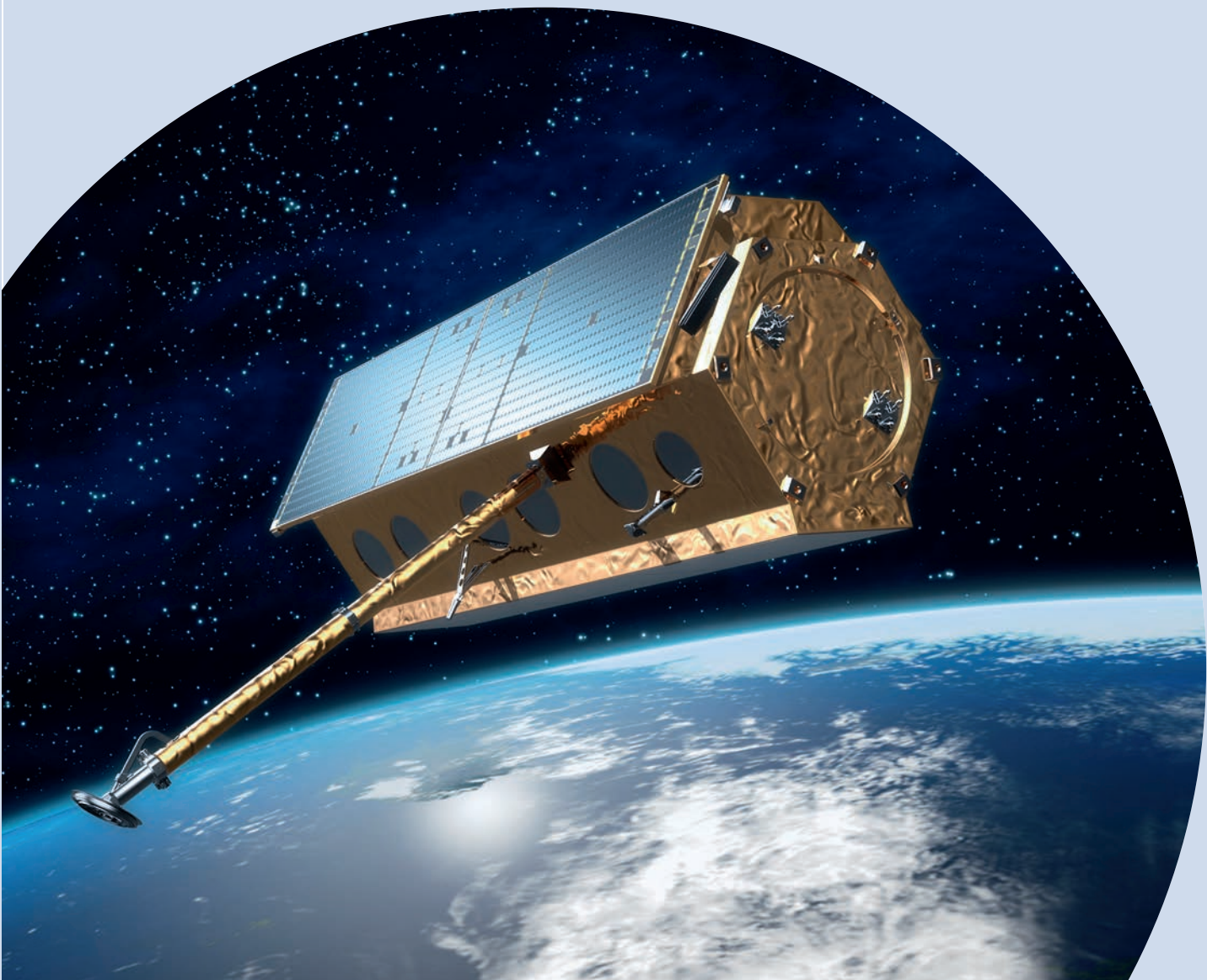
- Planung, Vorbereitung bis 2007
- Start: 2007
- Geplante Betriebszeit: 5 Jahre

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Gesamtvolumen ca. 130 Mio. Euro
- Finanzierung: DLR, EADS-Astrium
- Beteiligung des GFZ: 500 Tsd. Euro für die Bereitstellung der TOR- (Tracking, Occultation and Ranging) Instrumentierung

KONSORTIUM:

- Entwicklung und Bau unter Leitung von EADS-Astrium
- Start unter Leitung vom DLR am 15.6.2007 in Baikonur
- Rolle des GFZ: Beisteller des TOR-Instruments und einhergehende Datenauswertung (Präzise Satellitenbahnen und -uhren, GPS-Radiokultationsauswertung, INSAR-Auswertung)



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Radarfernerkundung der gesamten Erdoberfläche in neuer Qualität. Zusammen mit den Messungen des TanDEM-X-Satelliten wird die Erstellung eines globalen Digitalen Elevations-Modells (DEM) mit einer Auflösung bis zu einem Meter möglich
- GFZ-seitig: Verbessertes GPS-Satellitenempfänger (IGOR, Integrated GPS and Occultation Receiver) mit neuartigem Signalverfolgungsverfahren in der unteren Troposphäre („OpenLoop“)

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

- Missionsziel: Radarfernerkundung
- GFZ-seitiges wissenschaftliches Ziel: genaue Bahnbestimmung, globale GPS-basierte Atmosphären- und Ionosphärenfernerkundung, INSAR-Auswertung
- Ergebnisse: genaue Bahnbestimmung erfolgt operationell und in Nahezu-Echtzeit; deutliche Verbesserung der GPS-Atmosphärenanalysen im Vergleich zu CHAMP/GRACE in der unteren Troposphäre, erfolgreicher Test der Vorwärtsokkultationen, Nahezu-Echtzeit-Datenbereitstellung der GPS-Atmosphären Daten im operationellen Probebetrieb; SAR-Daten wurden erfolgreich ausgewertet für Hangrutschungen entlang des Jangtse und andere Phänomene wie Verkehrsüberwachung, Grundwasserentnahme, Bestimmung von Hochhaushöhen.
- Monitoring klimarelevanter Veränderungen der Erdatmosphäre, Verbesserung globaler Wettervorhersagen
- Challenges: Erdsystemdynamik und Risiken, Klimavariabilität, Wasserverfügbarkeit und -management

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

- Zielgruppe: internationale Wissenschaftsgemeinde der Geodäsie, der Geophysik und der Meteorologie
- Präzise Bahnbestimmung und Abstandsmessung (Baseline) zum TanDEM-X Satelliten ist Schlüsselvoraussetzung für die Generierung der präzisen Datenprodukte der Hauptnutzlast
- International Laser Ranging Service (ILRS)
- Weltweit führende Wetterdienste (ECMWF, NCEP, Met Office, DWD, etc.), operationelle Nutzung von GPS-Atmosphären Daten zur Verbesserung globaler Wettervorhersagen
- (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (DLR, BKG, DWD, BMBVS)

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

...➤ http://www.dlr.de/eo/desktopdefault.aspx/tabid-5725/9296_read-15979

...➤ http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Struktur/Departments/Department+1/sec12/topics/observatories_and_satellite_infrastructure/satellite_payload_development_and_integration/tor_payload_on_terrasar-x_and_tandem-x

...➤ Rothacher, M., Tapley, B.D., Reigber, C., Koenig, R., Falck, C., Grunwaldt, L., Koehler, W., Massmann, F.-H., Michalak, G.: The Tracking, Occultation and Ranging (TOR) Instrument onboard TerraSAR-X and on TanDEM-X, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007, IGARRS 2007, IEEE International, pp. 4983-4986, 2007

...➤ Wickert, J., T. Schmidt, G. Michalak, S. Heise, C. Arras, G. Beyerle, C. Falck, R. König, D. Pingel, and M. Rothacher, GPS radio occultation with CHAMP, GRACE, SAC-C, TerraSAR-X and COSMIC: Brief review of results from GFZ, New Horizons in Occultation Research: Studies in Atmosphere and Climate, Steiner, A.; Pirscher, B.; Foelsche, U.; Kirchengast, G. (Eds.), Springer Berlin Heidelberg, ISBN: 978-3-642-00320-2, 3-16, 2009

...➤ Beyerle, G., L. Grunwaldt, S. Heise, W. Köhler, R. Koenig, G. Michalak, M. Rothacher, T. Schmidt, B. Tapley, J. Wickert, First results from the GPS atmosphere sounding experiment TOR aboard the TerraSAR-X satellite, Atmospheric Chemistry and Physics, 11, 13, 6687-6699, 10.5194/acp-11-6687-2011, 2011.

Steckbrief TanDEM-X

NAME DER MISSION:

- TanDEM-X (TerraSAR-X add-on Digital Elevation Measurement)
- Operationell

MISSIONSDAUER:

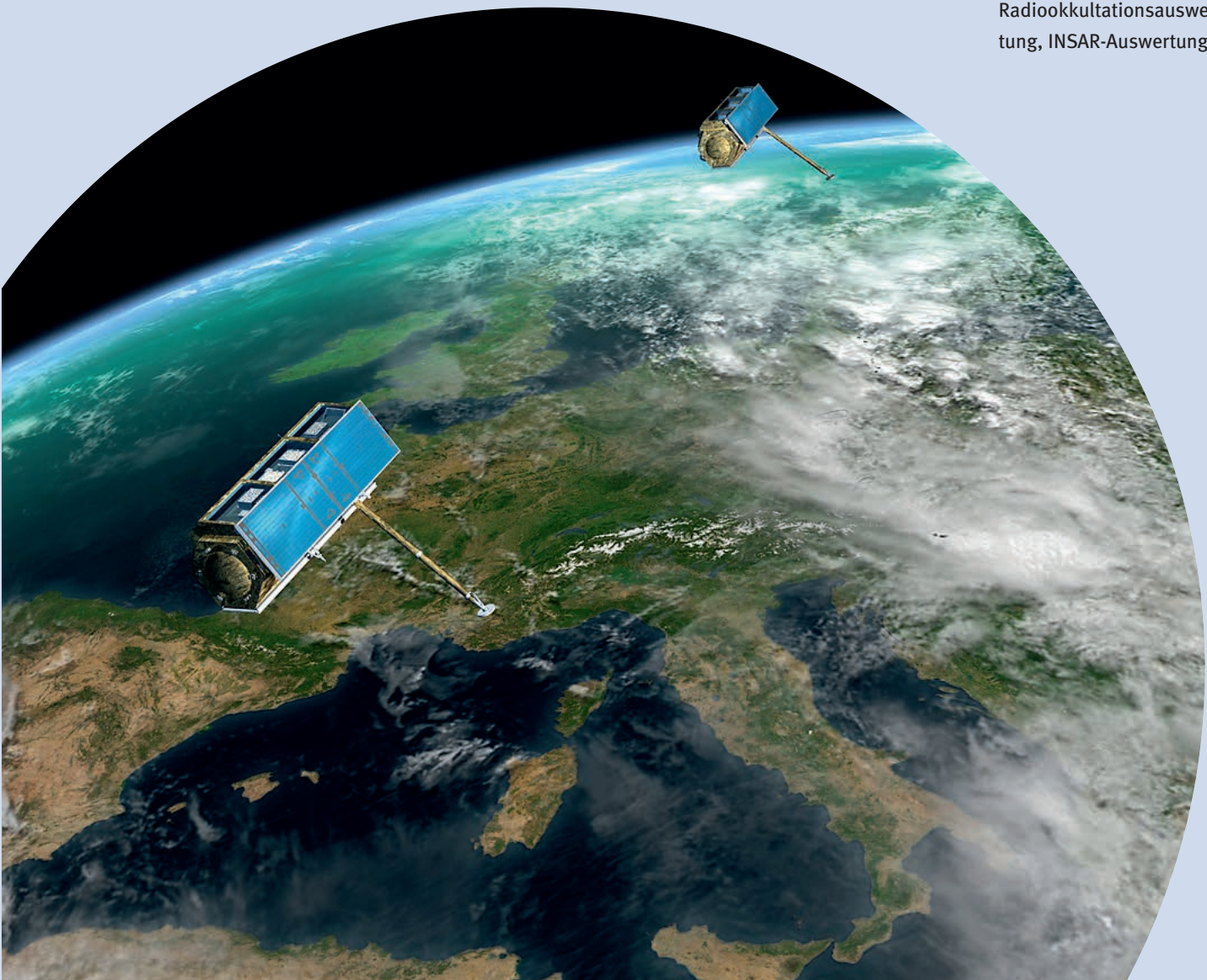
- Planungs- und Bauphase: bis 2010
- Missionsstart: 2010
- geplante Betriebszeit: 5 Jahre

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Finanzvolumen gesamt: ca. 130 Mio. Euro
- Mittelgeber: DLR, EADS-Astrium
- Beteiligung des GFZ: 500 Tsd. Euro für die TOR- (Tracking, Occultation and Ranging) Instrumentierung

KONSORTIUM:

- Entwicklung und Bau unter Leitung von EADS-Astrium
- Start unter Leitung des DLR am 21.06.2010 in Baikonur
- Rolle des GFZ: Beisteller des TOR-Instruments und einhergehende Datenauswertung (Präzise Satellitenbahnen und -uhren, präzise Basislinie (Abstand zum TerraSAR-X-Satelliten), GPS-Radiokkultationsauswertung, INSAR-Auswertung)



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Radarfernerkundung in enger Formation mit TerraSAR-X. Zusammen mit den Messungen des TerraSAR-X-Satelliten wird die Erstellung eines globalen Digitalen Elevations-Modells (DEM) mit einer Auflösung von bis zu einem Meter möglich.
- GFZ-seitig: IGOR-Receiver zur millimetergenauen Berechnung des Abstands zu TerraSAR-X
- Erstmalige parallele Anwendung der GPS-Radiookkultationsmethode an Bord zweier sehr dicht zusammenfliegender Satelliten

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

- Missionsziel: Radarfernerkundung zum Zweck der Erstellung eines globalen Höhenmodells der Erdoberfläche mit Höhen Genauigkeiten bis zu einem Meter
- GFZ-seitiges wissenschaftliches Ziel: genaue Bahnbestimmung, Okkultationsmessungen, INSAR-Auswertung, genaue Basislinienbestimmung
- Zu erwartende Ergebnisse: genaue Basislinienbestimmung, d. h. Bestimmung des Abstands zwischen TanDEM-X und TerraSAR-X, mit Millimetergenauigkeit
- Erste GPS-Radiookkultationsergebnisse vom August 2010 zeigen deutliche Verbesserung der GPS-Atmosphärenanalysen im Vergleich zu CHAMP/GRACE in der unteren Troposphäre, erstmals Parallelsondierung von zwei dicht zusammenfliegenden Plattformen in der Testphase von 2 Tagen demonstriert, Nahezu-Echtzeit-Datenbereitstellung der GPS-Atmosphären-daten und Dauerbetrieb der Parallelsondierung zur Fehlercharakterisierung der GPS-RO Methode geplant
- Monitoring klimarelevanter Veränderungen der Erdatmosphäre, Verbesserung globaler Wettervorhersagen
- Grand Challenges: Erdsystemdynamik und Risiken, Klimavariabilität, Wasserverfügbarkeit und -management

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

- Zielgruppe: internationale Wissenschaftsgemeinde der Geodäsie, der Geophysik und der Meteorologie
- Präzise Bahnbestimmung und Abstandsmessung (Basislinie) zum TerraSAR-X Satelliten ist Schlüsselvoraussetzung für die Generierung der präzisen Datenprodukte der Hauptnutzlast
- International: International Laser Ranging Service (ILRS)
- Weltweit führende Wetterdienste (ECMWF, NCEP, Met Office, DWD, etc), operationelle Nutzung von GPS-Atmosphären-daten zur Verbesserung globaler Wettervorhersagen
- (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (DLR, BKG, DWD, BMBVS)

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

➔ http://www.dlr.de/hr/desktopdefault.aspx/tabid-2317/3669_read-5488/

➔ http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Struktur/Departments/Department+1/sec12/topics/observatories_and_satellite_infrastructure/satellite_payload_development_and_integration/tor_payload_on_terrasar-x_and_tandem-x

➔ Rothacher, M., Tapley, B.D., Reigber, C., Koenig, R., Falck, C., Grunwaldt, L., Koehler, W., Massmann, F.-H., Michalak, G.: The Tracking, Occultation and Ranging (TOR) Instrument onboard TerraSAR-X and on TanDEM-X, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007, IGARRS 2007, IEEE International, pp. 4983-4986, 2007

➔ Zus F., G. Beyerle, L. Grunwald, S. Heise, G. Michalak, T. Schmidt, J. Wickert, The first comparison of collocated TerraSAR-X and TanDEM-X GPS atmospheric soundings, subm., Geophys. Res. Letters, 2012

Steckbrief Metop

NAME DER MISSION:

- Metop (Meteorology Operational)
- Polare Komponente des Europäischen Wettersatellitensystems
- Nutzlast: GRAS (GPS Receiver for Atmospheric Sounding)

MISSIONSDAUER:

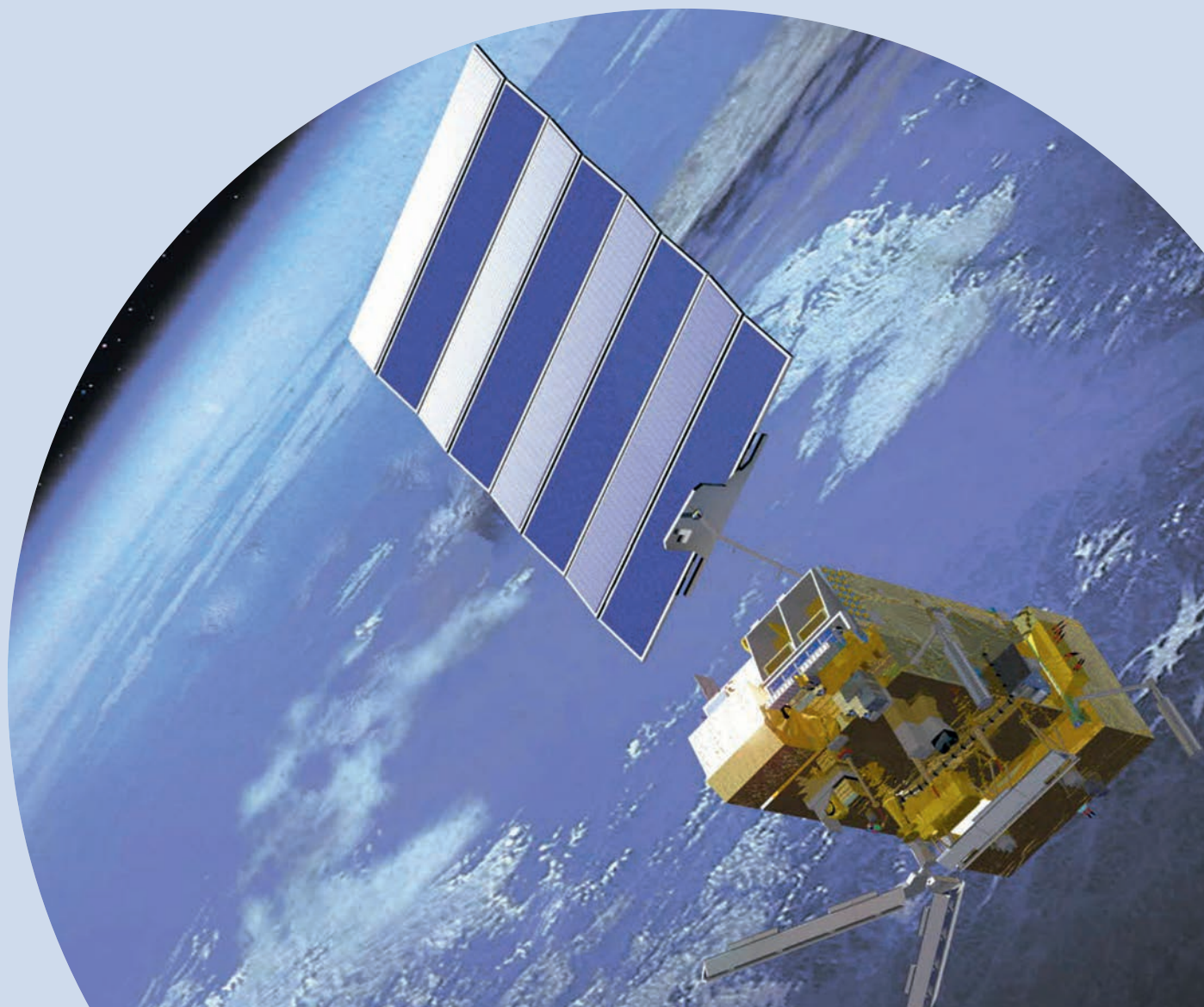
- Start des ersten Satelliten 2006, insgesamt 3 Satelliten
- Jeweils 5 Jahre vorgesehene Missionsdauer
- Starts jeweils alle 5 Jahre
- Laufzeit mindestens bis 2021

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Finanzvolumen gesamt ca. 2,5 Mrd. Euro
- Mittelgeber: 0,5 Mrd. Euro ESA; 2,0 Mrd. Euro EUMETSAT

KONSORTIUM:

- Bau und Betrieb: ESA und EUMETSAT
- Das GFZ ist am Datenempfang und an der Datenauswertung beteiligt.



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Der GRAS-Empfänger und das große Antennenarray sind Neuentwicklungen. Die Daten haben eine höhere Qualität im Vergleich zu bisher gemessenen GPS-Daten im Weltall und erlauben eine höhere Genauigkeit bei der Ableitung der global verteilten Vertikalprofile atmosphärischer Parameter (Temperatur, Wasserdampf).

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

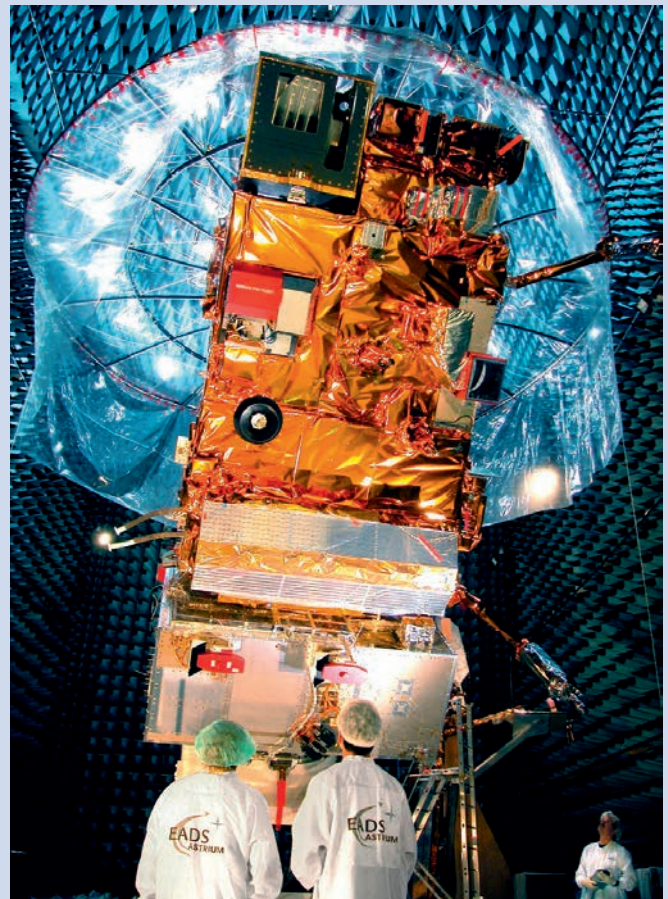
- Die Metop-Daten tragen vorwiegend zur kontinuierlichen Verbesserung von weltweiten Wettervorhersagen bei. Hinzu kommen klimatologische Untersuchungen zu Temperaturtrends in höheren Atmosphärenschichten.
- Beiträge des GFZ:
 - a) Betrieb von GPS-Bodenstationen für die Auswertung der GPS-Messungen (Bahnbestimmung und GPS-Atmosphärensondierung) der GRAS-Nutzlast (GPS Receiver for Atmospheric Sounding) an Bord der Metop-Satelliten (finanziert durch EUMETSAT)
 - b) Auswertung von GPS-Radiookkultationsmessungen des GRAS-Empfängers, Mitarbeit an internationalen Studien zur Bewertung der Datenqualität (ESA/EUMETSAT)

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

- Zielgruppe der Daten sind im wesentlichen die internationalen Wetterdienste. Hinzu kommen zahlreiche internationale wissenschaftliche Nutzer in den Bereichen Atmosphärenwissenschaften und Klimaforschung.
- (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (BMBF, BMVBS, DWD, AWI, MPI, IAP, FZJ, Universitäten Hannover, München, Bonn, Leipzig, Köln)

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

➔ http://www.esa.int/esaLP/ESACP8VTYWC_LPmetop_o.html



METOP-MetOp A – Der Satellit durchläuft die Endprüfung bei EADS Astrium in Toulouse.

Steckbrief Laser-Reflektor (LRR)

NAME DER MISSION:

- Laser-Reflektor (LRR) für LEO-Satelliten
- 10 Exemplare geliefert; 4 im Orbit (auf den Satelliten GRACE-A/-B, TerraSAR-X, TanDEM-X), 5 vor dem Start (KOMPSAT-5, PAZ, Swarm-A/-B/-C), 1 verglüht (CHAMP)

MISSIONSDAUER:

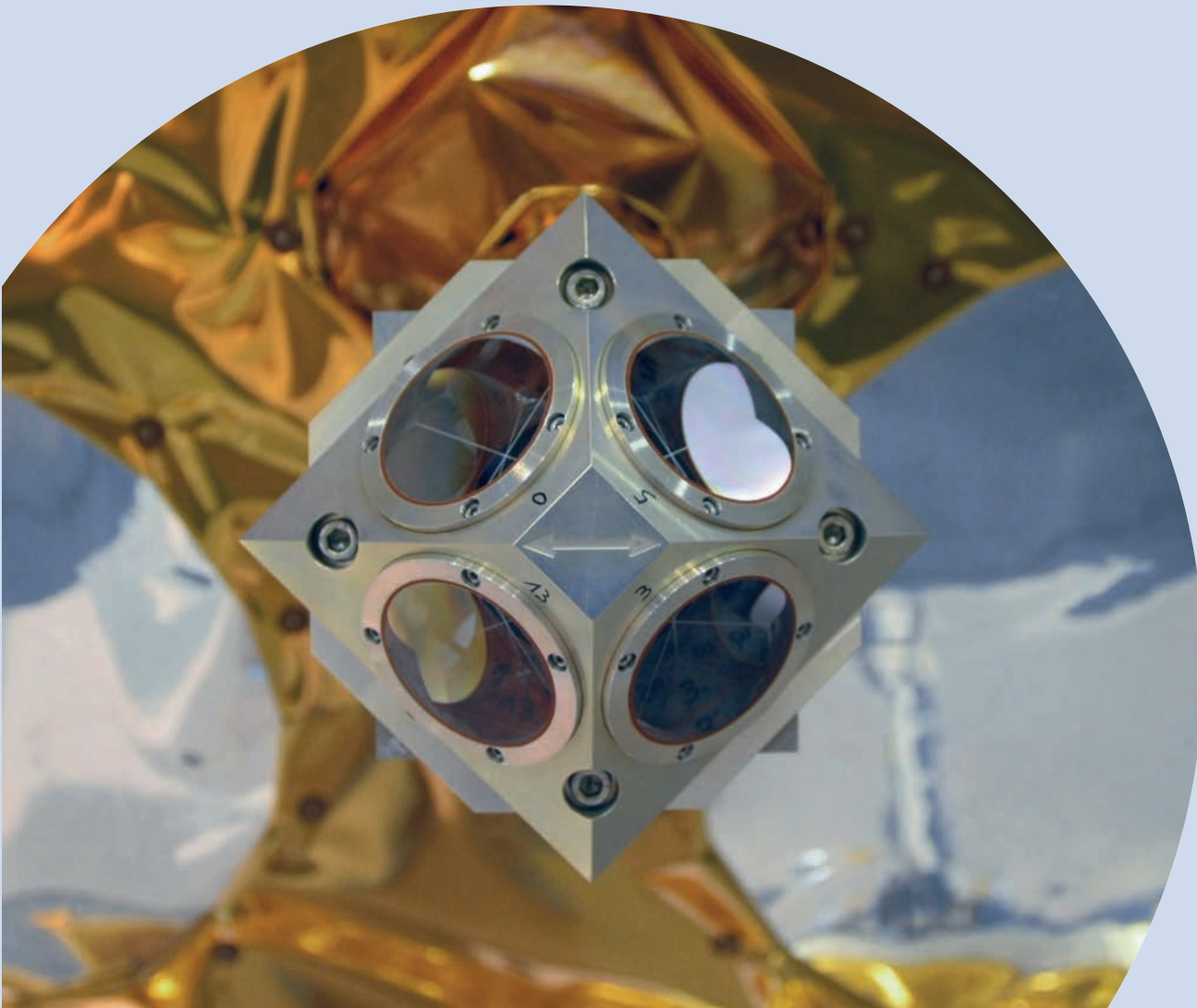
- Entwicklung des Prototypen 1997/98
- Betriebszeit nur abhängig von der Orbit-Lebensdauer des Trägersatelliten
- Erster Start 2000 (CHAMP)
- Maximale Laufzeit bisher > 10 Jahre (CHAMP)

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Stückpreis bei Einzelfertigung ca. 30 Tsd. Euro
- Entwicklung des Prototypen finanziert vom GFZ
- Beistellung durch GFZ für die Missionen CHAMP, GRACE-A/-B, TerraSAR-X, TanDEM-X
- Drittmittelinwerbung für alle weiteren Missionen

KONSORTIUM:

- (der Satellitenmissionen mit Nutzung von GFZ-LRR)
- CHAMP: GFZ, DLR (Bau: Astrium)
 - GRACE: GFZ, DLR, JPL (Bau: Astrium)
 - TerraSAR-X, TanDEM-X: DLR, Beistellung durch GFZ (Bau: Astrium)
 - KOMPSAT-5: KASI (Korea)
 - PAZ: Spanien
 - Swarm: ESA



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Kleinster und kompaktester Laserreflektor mit der minimal möglichen Anzahl von Prismen (4) für einen LEO (Low Earth Orbit)-LRR
- Signatur des Reflektors (Verbreiterung des Rückkehr-Signals durch Reflektor-Geometrie) durch existierende Laser-Mess-Stationen praktisch nicht nachweisbar
- Starkes Rückkehrsignal zur leichten Zielauffassung unter Tag- und Nacht-Messbedingungen

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

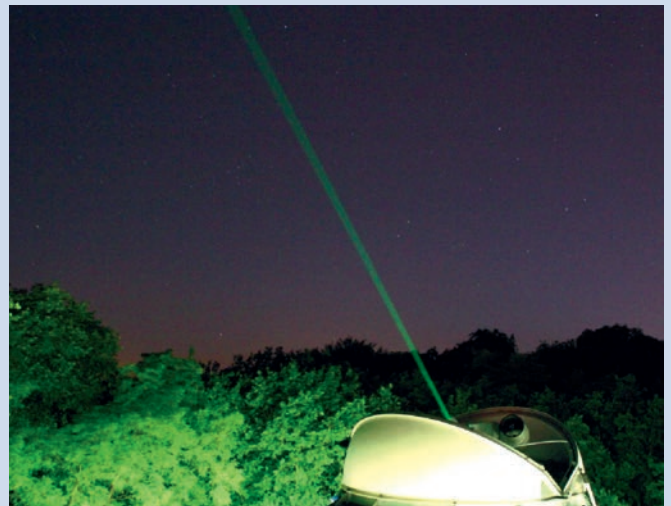
- Generell dienen Laserreflektoren auf LEO-Satelliten heute der Verifizierung/Kalibrierung von Mikrowellen-Daten (sowohl Orbit als auch Altimetrie)
- Erstmals Ableitung von Schwerefeldmodellen aus Messungen eines einzigen Satelliten (CHAMP)
- Erstmaliger Nachweis der zeitlichen Variabilität des Erdschwerefeldes (GRACE)
- Verbesserung der SAR-Produkte (TerraSAR-X, TanDEM-X, KOMPSAT-5, PAZ) durch präzise Orbitbestimmung des Trägersatelliten, Validierung der GPS-abgeleiteten Orbitdaten

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

- Wissenschaftsgemeinde international: ILRS (International Laser Ranging Service), GRGS (Frankreich), JPL (USA)
- Nationale Institutionen: FU Berlin, TU München, DLR, DGFI, DGK, Uni Stuttgart
- Wirtschaft und Verbände: Infoterra GmbH

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

... http://ilrs.gsfc.nasa.gov/docs/rra_champ.pdf



Laserentfernungsmessung mit der Station am GFZ in Potsdam

Steckbrief ERS-2

NAME DER MISSION:

- ERS-2 (European Remote Sensing Satellite)

MISSIONSDAUER:

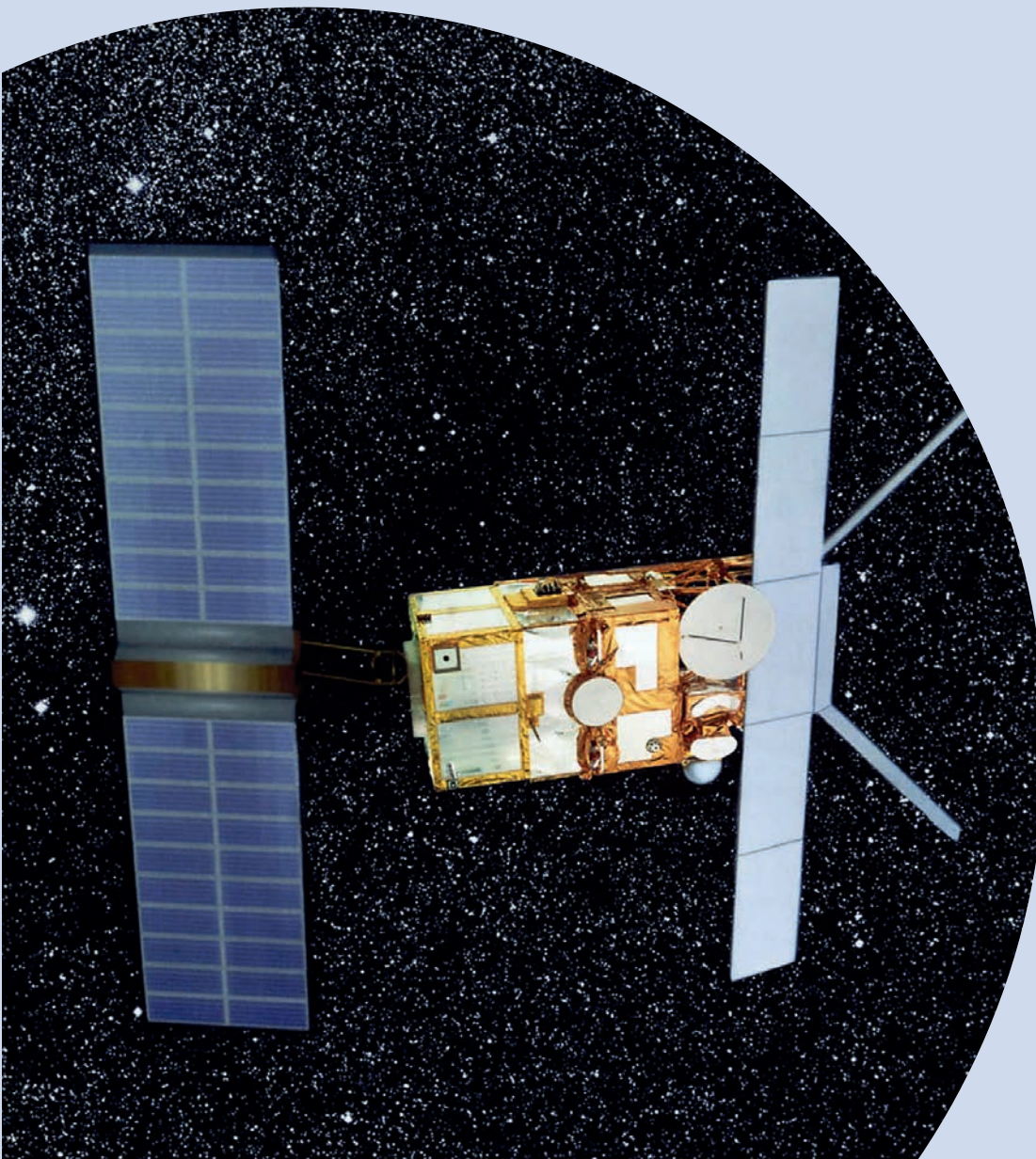
- Nachfolger des ERS-1, 1989 entschieden
- Start: 21.4.1995
- Flughöhe 780 km
- Sonnensynchrone Bahn, 35 Tage-Zyklus
- Geplante Dauer: 3 Jahre
- Missionsende Sept. 2012

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Finanziert durch ESA mit Beiträgen der damaligen DARA zum PRARE-Projekt
- Beteiligung des GFZ: PRARE-Betrieb (tlw.)

KONSORTIUM:

- Satellit: Dornier (jetzt Astrium)
- Instrumente: u. a. Selenia, Marconi, Matra, Contraves, Timetech, Aerospatiale; (Active Microwave Instrument AMI: Synthetic-Aperture Radar SAR & Wind Scatterometer; Radaraltimeter; Along-Track Scanning Radiometer ATSR; Precise Range and Range Rate Equipment PRARE; Laser Retroreflector; Global Ozone Monitoring Experiment GOME)
- Startrakete: Ariane 4
- Missionsbetrieb: ESA/ESOC
- Rolle des GFZ: Partner in Deutscher Prozessierungs- und Archivierungseinrichtung (D-PAF) (Schwerpunkte: Bahnbestimmung, Altimetrie (bis 2002)), Interface zum Internationalen Satelliten Ranging Service (ILRS) und operationelle Bereitstellung von SLR-Bahnvorhersagen (bis Ende 2005), Betrieb des PRARE-Systems inkl. Masterstation und globalem Bodennetz (bis Januar 2007)



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Fortsetzen der mit ERS-1 begonnenen Erdbeobachtung mit wetterunabhängigen Systemen und exaktem Wiederholzyklus
- PRARE als primäres Messsystem zur Bahnbestimmung mit zentraler Onboard-Datenspeicherung der Messdaten
- Erster Einsatz von GOME (Global Ozone Monitoring Experiment)
- Homogene Erdbeobachtung über lange Zeiträume (> 15 Jahre)

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

- Verbesserte Darstellung der Ozean/Atmosphären-Interaktion in Klimamodellen
- Besseres Verständnis der Ozeanzirkulation und des Energie-transfers
- Zuverlässigere Abschätzung der Eismassenbilanz in Arktis/Antarktis
- Bessere Beobachtung dynamischer Küstenprozesse und -verschmutzung
- Verbesserte Detektierung und Management von Landnutzungen und deren Änderung
- Entwicklung operationeller Erdbeobachtungsprozesse und -produkte
- Gebiet: klimarelevante Erdbeobachtung
- GFZ-Ergebnisse: hochgenaue Bahnbestimmung von ERS-2, Bereitstellung hochwertiger Bahnvorhersagen für PRARE und SLR-Stationen, verbesserte Meereshöhenmodelle aus Radar-Altimeter Meßdaten, interferometrische Nutzung der Radarbilder zur Detektion von kleinen Bewegungen
- Grand Challenges: Erdsystemdynamik und Risiken, Klimavariabilität

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

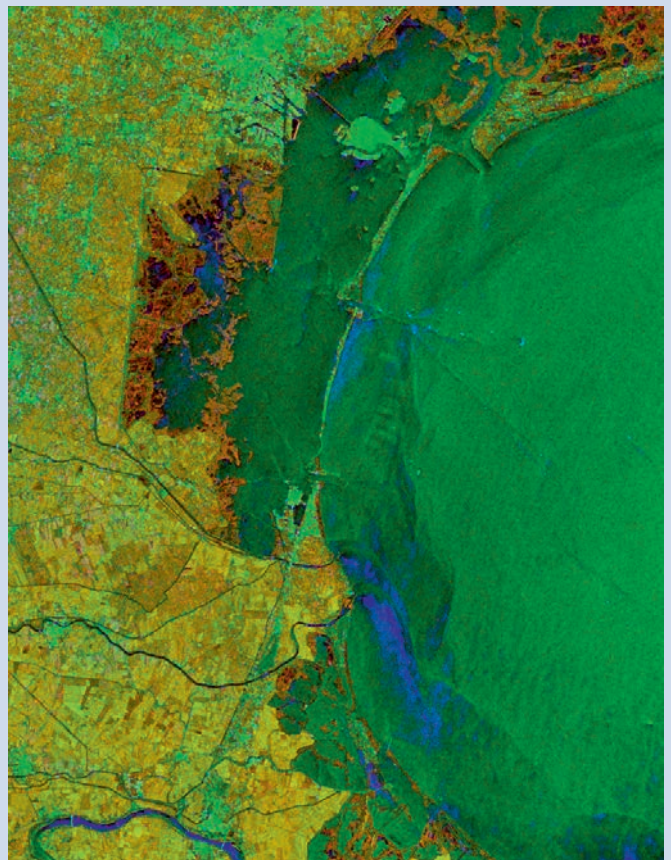
- Berechnung der Bahnprodukte im ESA-Auftrag und Verteilung über ESA Nutzerinface
- Hauptnutzer: Radaraltimeter-Nutzer sowie SAR-Daten Nutzer
- Mittelgeber: ESA (über DLR)
- (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (DLR, BGR, DGFI, Universitäten München, Bonn, Dresden, Frankfurt, Jena, Braunschweig)

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

→ <http://earth.esa.int/ers/>

→ PRARE-Webseiten des GFZ (werden derzeit aufs neue System umgesetzt)

→ ESA Broschüre zum 10. Jahrestag
<http://earth.esa.int/ers/tenyears/>



Ein interferometrisches Bild des Po-Deltas, abgebildete Fläche 96 km x 112 km (aus Daten von Envisat und ERS-2 vom 31. Dezember 2008)

Steckbrief ISS

NAME DER MISSION:

- Internationale Weltraumstation (ISS)
- Experiment ACES (Atomic Clock Ensemble in Space), Galileo Komponente

MISSIONSDAUER:

- Start des Experimentes in 2014 für mindestens 18 Monate

FINANZIELLE KENNGRÖSSEN:

- Entfällt

KONSORTIUM:

- GFZ koordiniert ein internationales wissenschaftliches Wissenschaftlerteam zur Auswertung der Daten des Galileo-Empfängers, der hauptsächlich zur Bahnbestimmung für ACES verwendet wird. Keine externe und zusätzliche interne Finanzierung, daher ist die weitere Rolle des GFZ noch nicht genau geklärt. Der Galileo-Empfänger wird in Kooperation mit EADS betrieben.



TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE BESONDERHEITEN:

- Erstmals wird ein GPS/Galileo-Empfänger eingesetzt, der auf kommerziell erhältlichen Bauteilen aufbaut. Damit wird es potentiell möglich deutlich kostengünstigere weltraumtaugliche GPS-Empfänger zu verwenden. Es besteht bei dem Experiment begrenzt Zugriff auf die Empfängersoftware, womit die Aufnahme von Meeres- und Eisoberflächen reflektierter Signale möglich ist, damit ist eine technologische Machbarkeitsstudie geplant.

WISSENSCHAFTLICHE ZIELE UND ERGEBNISSE:

- Technologiedemonstration (Reflektometrie), erstmals mit kommerziellen GPS/Galileo-Empfängern
- Wesentliche Beiträge zu diesen drei Grand Challenges (zu den weiteren werden indirekte Beiträge geleistet):
 - 1) Erdsystemdynamik und Risiken (Monitoring Erdsystem und Frühwarnsysteme)
 - 2) Klimavariabilität (Atmosphären/Ionosphärensondierung; Meeresspiegelmonitoring)
 - 3) Wasserverfügbarkeit und Management (Monitoring der gasförmigen Komponente im globalen Maßstab)

ZIELGRUPPE FÜR DIE PRODUKTE UND LEISTUNGEN:

- Zielgruppe der Ergebnisse sind im wesentlichen Wissenschaftler, die sich mit Methodenentwicklung zur Nutzung von GPS- und Galileo-Signalen auf Satelliten beschäftigen. Außerdem ist das ACES-Experiment ein Hauptnutzer (präzise Bahnbestimmung)
- (Forschungs-)Einrichtungen in Deutschland (DLR, DWD, AWI, FZJ, MPI, IAP, Universitäten Leipzig und Köln)

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN:

➔ http://de.wikipedia.org/wiki/Atomic_Clock_Ensemble_in_Space



Mount Everest-Aufnahme aus der Internationalen Raumstation ISS



IMPRESSUM

Herausgeber:

HELMHOLTZ ZENTRUM POTSDAM

DEUTSCHES GEOFORSCHUNGSZENTRUM GFZ

Telegrafenberg · 14473 Potsdam

Telefon: +49 (0)331 288-1040

Fax: +49 (0)331 288-1044

E-mail: presse@gfz-potsdam.de

Internet: www.gfz-potsdam.de

Verantwortlich i. S. d. P.:

Franz Ossing

Layout:

Grit Schwalbe

Druck:

Druckerei Arnold, Großbeeren

BILDNACHWEIS

Alle Abbildungen GFZ, außer:

Astrium: Seiten 2, 4, 5, 15, 17, 20, 21, 23, 27, 31, 32

OHB-System GmbH: Seite 10

ESA/NASA: Seiten 4, 5, 22, 35

NASA: Seiten 37, 38

ESA/AOES Medialab: Seiten 2, 21

ESA/Gamma Remote Sensing AG: Seite 36

DLR: Seiten 5, 31

Kayser Trede/GFZ: Seiten 4, 27

Fotosearch: Seiten 2, 4, 5, 39

Titel/Cover: Astrium, Fotosearch, GFZ, ESA/AOES
Medialab

