

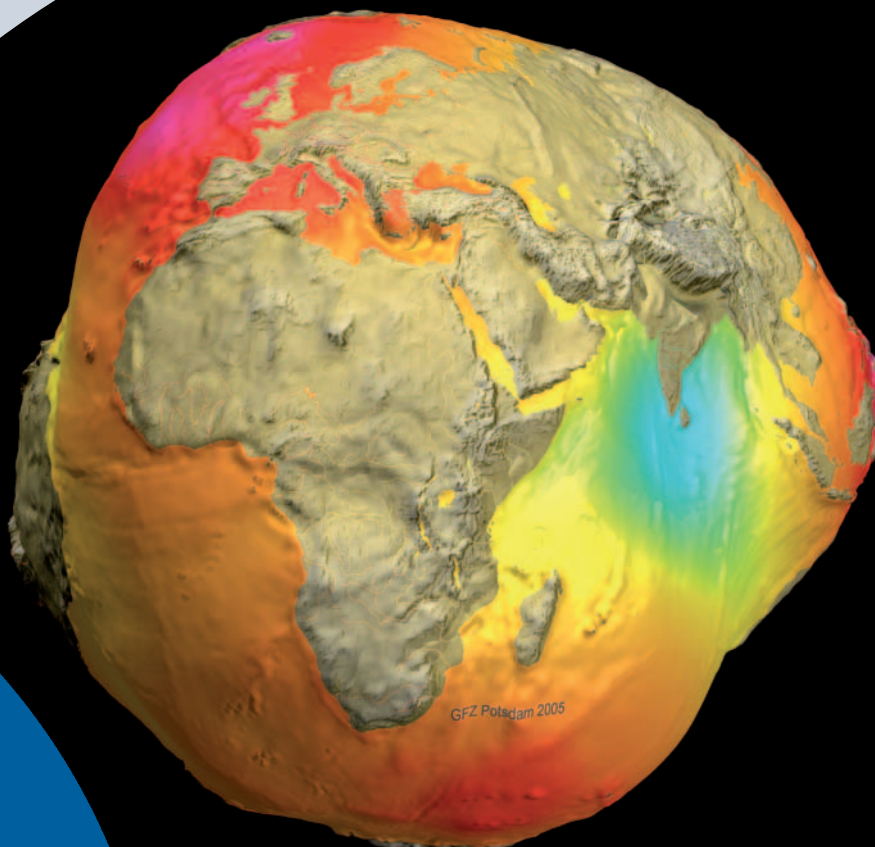
Die Erde als Kartoffel

Das Potsdamer Geoid

Aus dem Weltraum gesehen wirkt unsere Erde auf den ersten Blick wie eine Kugel. Die Kugelform ist eine Folge der Schwerkraft, die von der Masse der Erde erzeugt wird. Aus genauen geodätischen Messungen, die auch schon vor dem Satellitenzeitalter durchgeführt wurden, weiß man aber, daß die Erde abgeplattet ist. Diese Abplattung ergibt sich durch die Rotation der Erde, die sich dabei wie ein zähflüssiger Körper verhält. Die Resultate sind eine Verkürzung des Erdradius um 21 km an den Polen und ein „Äquatorwulst“, die mit menschlichem Auge aus dem Weltraum allerdings kaum sichtbar sind. Damit hat die Erde in erster Näherung die Figur eines Rotationsellipsoids.

Aber auch die Abplattung der Erde ist nicht perfekt realisiert. Es gibt weitere Abweichungen, da die Verteilung der Erdmassen – und damit das gestaltprägende Schwerefeld – räumlich ungleichförmig ist. Die Darstellung der schwerkraftbedingten Abweichungen der Erdgestalt gegenüber der regelmäßigen Ellipsoidoberfläche ist als „Potsdamer Kartoffel“ bekannt geworden. Grundlage dieser Abbildung ist ein am GeoForschungsZentrum Potsdam berechnetes

Abb.: A. Helm, GFZ



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

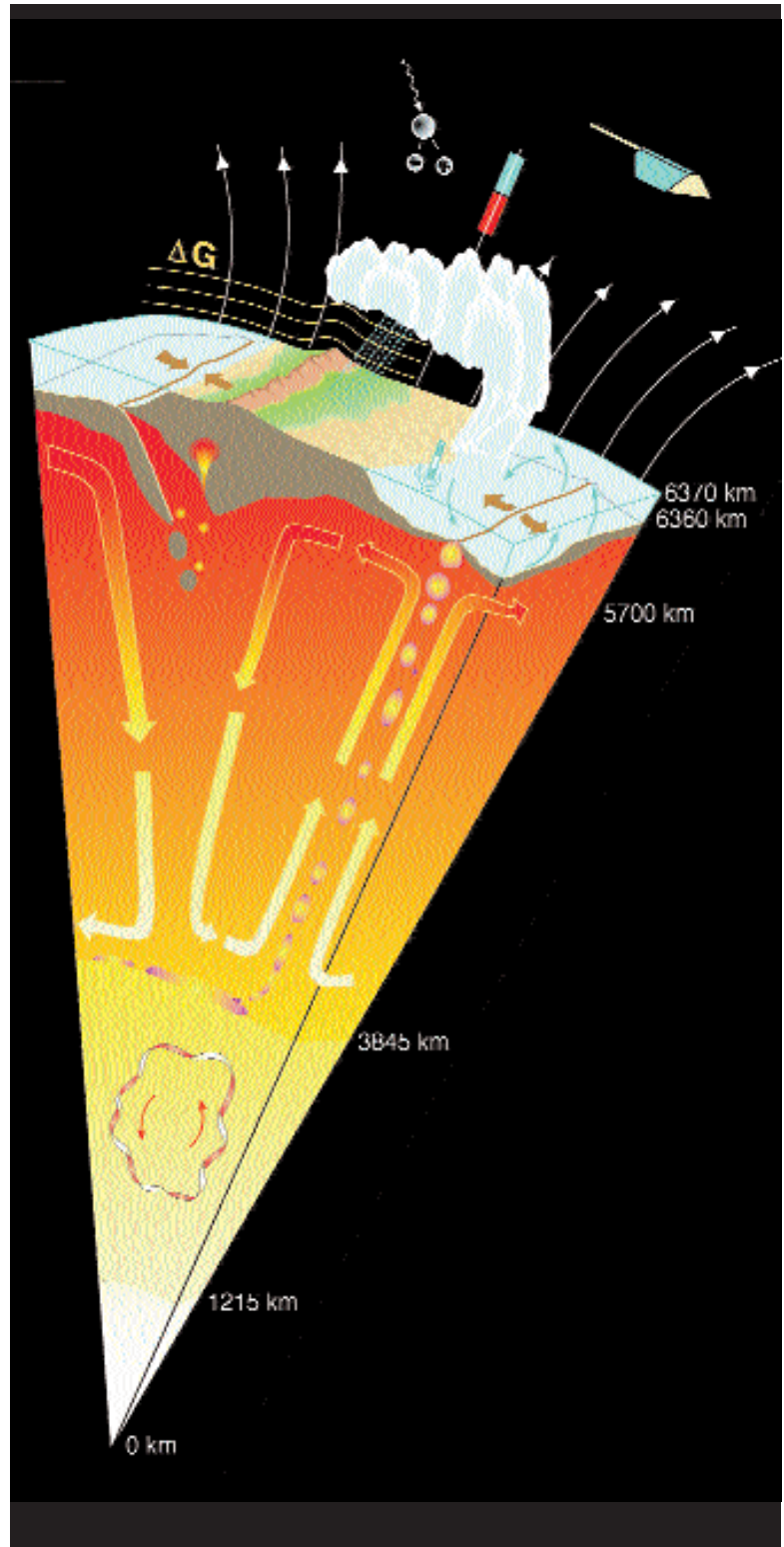
www.gfz-potsdam.de

Modell der Schwere. Wissenschaftlich wird die dargestellte Fläche als „Geoid“ bezeichnet, wobei die Abweichungen von maximal ± 100 m gegenüber dem Rotationsellipsoid stark überhöht dargestellt werden, um gegenüber einem mittleren Erdradius von 6371 km sichtbar zu werden. Gedanklich ergäbe sich das Geoid als Gleichgewichtsfigur der Erde, wenn ihre Oberfläche mit in Ruhe befindlichem Wasser bedeckt wäre, das allein dem Einfluß der Erdrotation und der Schwere ausgesetzt ist. Das Geoid bildet damit als Gleichgewichtsfigur die physikalisch begründete Referenzfläche für alle topographischen Höhen („Normal Null“).

Die Beulen und Dellen, die dem Geoid das kartoffelartige Aussehen verleihen, werden durch Anomalien der Schwere hervorgerufen, die ihrerseits durch Dichteveränderungen im Aufbau des Erdkörpers entstehen. Solche Variationen ergeben sich einmal durch konvektive Prozesse im Erdinnern, die über geologische Zeiträume zu temperatur- und materialbedingten Dichteveränderungen und damit letztlich zu den Unregelmäßigkeiten im Schwerefeld führen. Im Bereich der Erdkruste sorgt die ungleichmäßige Verteilung der topographischen Massen im Bereich der Kontinente und des Meeresbodens für weitere Variationen des Schwerefeldes, die sich in der Gestalt des Geoids einprägen. Schließlich bewirken anhaltende geophysikalisch und klimatisch bedingte Prozesse saisonale und langfristige zeitliche Änderungen der Schwerkraft aufgrund von Massenverlagerungen in der Atmosphäre (Luft), Hydrosphäre (Wasser) und Kryosphäre (Eis).

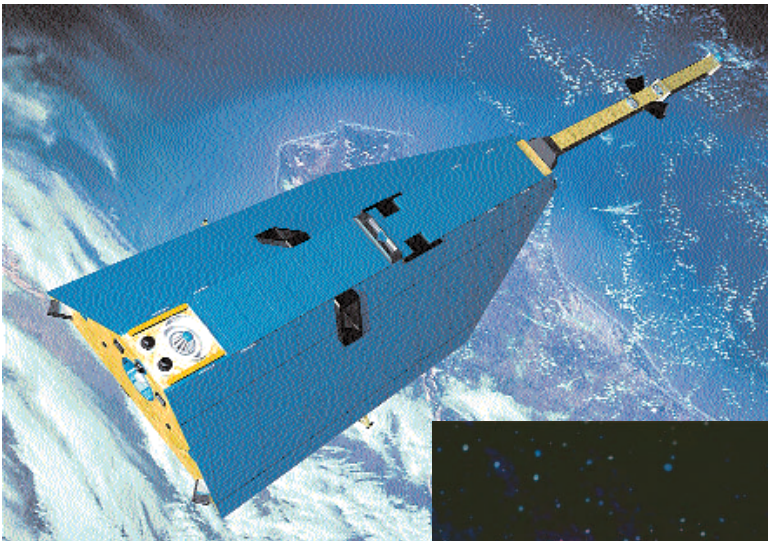
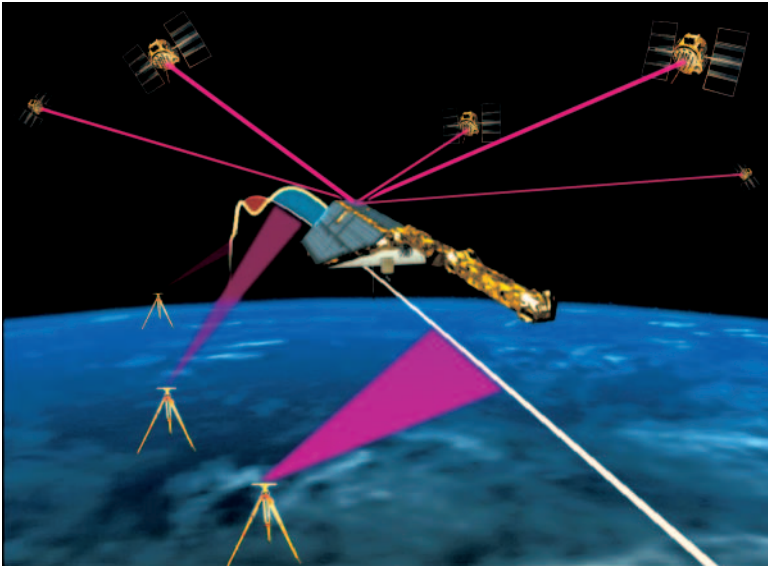
Satelliten als Schwerefeldsensoren

Die Bahn eines Satelliten, der die Erde umkreist, erfährt unter dem Einfluss der unregelmäßigen Struktur des Erdschwerefeldes Störungen, die gemessen und für die Berechnung eines globalen Erdschwerefeldmodells verwendet werden können. Mit diesem Prinzip wurde das Schwerefeld bereits seit Beginn der Satellitenära kontinuierlich kartiert und durch



In den Variationen der Schwere an der Erdoberfläche zeigen sich die unregelmäßigen Massen- und Dichte-Verteilungen im Erdinnern und an der Erdoberfläche

(Abb.: GFZ)



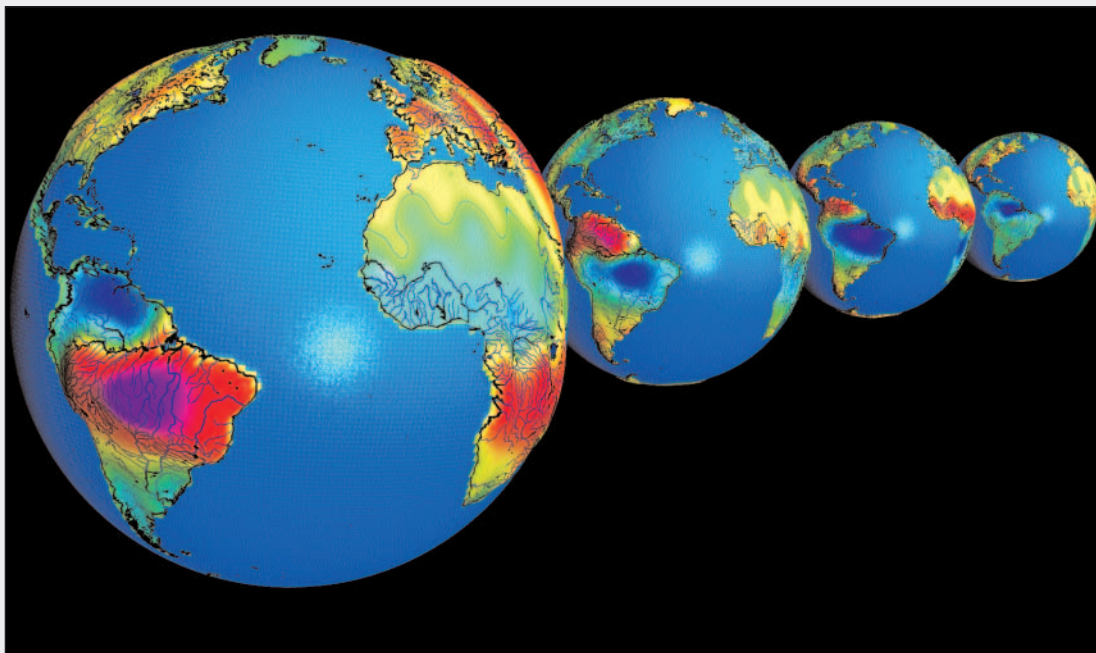
Ganz oben: Bahnstörungen erdnaher Satelliten am Beispiel von CHAMP ' (Abb.: GFZ)

Oben: Der Geoforschungssatellit CHAMP (CHALLENGING Mini-Satellite Payload for Geosciences and Application, Abb.: Astrium)

Rechts: Das Satellitenpaar GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment, Abb.: Astrium)



die Auswertung von immer mehr und besseren Messungen in den letzten Jahrzehnten fortlaufend verbessert. Allerdings blieb die Vermessung des Schwerefeldes mit Hilfe künstlicher Erdsatelliten auf die Auflösung sehr großer Strukturen mit einigen tausend Kilometern Ausdehnung beschränkt. Erst mit Hilfe der speziellen Schwerefeldmissionen GFZ-1, CHAMP und GRACE, die unter Federführung bzw. unter maßgeblicher Beteiligung des GFZ konzipiert und realisiert wurden, konnten in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte in der räumlichen Auflösung und Genauigkeit des Schwerefeldmodells erzielt werden. Heute erreicht man mit Hilfe der deutschen Mission CHAMP (Start Juni 2000) und der amerikanisch-deutschen Mission GRACE (Start März 2002) eine räumliche Auflösung von Strukturen des Schwerefeldes mit einigen hundert Kilometern Durchmesser und erzielt dabei eine bis um den Faktor 100 höhere Genauigkeit gegenüber bisherigen Schwerefeldmodellen. Zudem erlaubt insbesondere die GRACE-Mission erstmals die Erfassung zeitlicher Variationen des Schwerefeldes mit einer räumlichen Auflösungen von ebenfalls einigen hundert Kilometern.



Frühling, Sommer, Herbst und Winter: Mit GRACE erstmals global gemessene jahreszeitliche Änderungen des kontinentalen Wassergehaltes, die Geoidvariationen verursachen. Abb.: GFZ

Anwendung der Schwerefeldmodelle in Wissenschaft und Praxis

Die Bedeutung genauer globaler Modelle des Erdschwerefeldes liegt darin, dass damit eine genaue, globale, physikalische Bezugsfläche für alle topographischen Höhen bereitgestellt wird, eben das Geoid. Gerade heute, mit der Möglichkeit der geometrischen Höhenübertragung zwischen beliebig weit voneinander entfernten Punkten auf der Erde mit Hilfe von Satellitennavigationssystemen wie dem amerikanischen Global Positioning System (GPS) oder dem zukünftigen europäischen Galileo-System, ist die Verfügbarkeit eines genauen Geoids als gemeinsame Bezugsfläche für Aufgaben der Landesvermessung, aber auch der Navigation von Wasser-, Land-, Luft- und Raumfahrzeugen von zentraler Bedeutung.

Bei wissenschaftlichen Anwendungen betrachtet man die beobachteten Variationen des Geoids bzw. der Schwere als indirekte Messungen der Verteilung von Masse und Dichte. Zusammen mit Datensätzen anderer satelliten- und bodengestützter Meßsysteme geben diese dann Einblick in Aufbau und Beschaffenheit des Erdkörpers, aber auch in geophysikalisch und klimatisch bedingte Prozesse im Bereich der Erdoberfläche, die andauernd Massenverschiebungen bewirken. Beispiele solcher Vorgänge sind die großräumigen Meereszirkulationssysteme oder Meeresspiegeländerungen aufgrund der Massenverlagerungen zwischen polarem Eis, Meerwasser und kontinentalem Wasser sowie die noch anhaltende Landhebung nach dem Abschmelzen der Eismassen der letzten Eiszeit.