

Das GeoForschungsZentrum Potsdam

Seit über 100 Jahren wirken auf dem Potsdamer Telegrafenberg renommierte Forschungseinrichtungen der Geowissenschaften und der Astrophysik. Hier befindet sich mit dem 1892 eingeweihten Geodätischen Institut, der Wirkungsstätte F. R. Helmerts, die Wiege der physikalischen Geodäsie und der Internationalen Erdmessung. Hier wurde die Seismologie als geophysikalische Methode zur Erkundung des Erdinnern mit Hilfe von Erdbebenwellen entwickelt und hier wurde im Meteorologischen und Geomagnetischen Observatorium mit der systematischen Erforschung des Erdmagnetfeldes und seiner Variationen begonnen.

Dieser traditionsreiche Wissenschaftsort bot nach der deutschen Wiedervereinigung die einmalige Chance, ein neues Großforschungszentrum zu etablieren und die in Ost und West gewonnenen geowissenschaftlichen Erfahrungen und Erkenntnisse in ein zukunftsweisendes Konzept zur Erforschung unseres Planeten einzubinden. Am 1. Januar 1992 wurde das GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) als nationales Zentrum für die Geowissenschaften gegründet. Sein Gründungsauftrag lautete:

„Die Förderung und Entwicklung auf dem Gebiet der Geowissenschaften durch eigene Forschung, die neue großforschungsspezifische Ansätze verfolgen soll, und die Unterstützung der geowissenschaftlichen Forschung in Deutschland durch Koordination, Logistik und apparative Hilfestellung in gemeinsamen Projekten und in internationaler Kooperation, insbesondere durch:

- Entwicklung und Vorhaltung moderner Technologie für Verbundvorhaben, wie das internationale Programm zur Katastrophenvorsorge, für das Betreiben von

Großgeräten und für internationale Tiefbohrprogramme,

- Übernahme von Aufgaben der Gemeinschaftsforschung im Bereich der Wissenschaften der Festen Erde, insbesondere Koordination von nationalen und internationalen Programmen, Aufbau und Betrieb eines Datenzentrums sowie Durchführung von Observatoriumsprogrammen“.

Das GFZ Potsdam ist eine Stiftung des öffentlichen Rechts des Landes Brandenburg. Es ist Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) und wird im Wesentlichen im Rahmen einer Grundfinanzierung durch Zuschüsse des Bundes (90%, BMBF) sowie des Landes Brandenburg (10%, MWFK), in geringem Umfang durch eigene Erträge finanziert. Darüber hinaus werden Drittmittel eingeworben, in erster Linie aus dem Forschungshaushalt des Bundes sowie aus den Förderprogrammen der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Europäischen Union. Im Jahr 1999 setzte sich die Gesamtfinanzierung des

GFZ Potsdam aus 68,5 Millionen DM Grundfinanzierung, 1 Million DM Erträge und 24,2 Millionen DM Drittmittelanteil zusammen. Im GFZ Potsdam waren Ende 1999 insgesamt etwa 580 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt, davon 280 Wissenschaftler und unter diesen 13 C3/C4 Professoren. Für Mitarbeiter, Labors und Betriebsräume wurde auf dem Telegrafenberg ein Neubau erstellt und 1997 eingeweiht. In die Nutzung einbezogen sind die inzwischen renovierten historischen Gebäude des ehemaligen Geodätischen Instituts (A 17) und des Magnetischen Observatoriums (A 58). Im Gebäude A 17 hat neben der Bibliothek wieder der geodätisch ausgerichtete Aufgabenbereich 1 des GFZ Potsdam seine Wirkungsstätte gefunden.

Forschungsgegenstand

Forschungsgegenstand des GFZ Potsdam ist das „System Erde“. Wie wir heute wis-

sen, ist der Planet Erde sehr dynamisch. Er wird angetrieben durch großräumige konvektive Stoff- und Energieumlagerungsvorgänge in seinem Innern und durch vielfältige Einwirkungen von außen und ist damit einem ständigen Wandel unterworfen. Um den Lebensraum in seiner ganzen Vielfalt und Komplexität zu verstehen, ist die Erde als System zu betrachten: ein System, das die festen, flüssigen und gasförmigen Anteile im Erdraum einschließt, die starken raumzeitlichen Veränderungen unterworfen sind und zwischen denen komplizierte Austauschvorgänge auf sehr unterschiedliche Raum-Zeit-Skalen wirken. Prozesse, die in und auf der Erde ablaufen, sind miteinander gekoppelt und bilden verzweigte Ursache-Wirkungs-Ketten, die durch den Eingriff des Menschen zusätzlich beeinflusst sein können.

Die rasche Entwicklung der Messtechnik und die inzwischen verfügbaren Computer-



Abb. 1: Das historische Wissenschaftsgelände auf dem Telegrafenberg: GFZ Neubaukomplex im oberen Bildteil. Gebäude A17 unten

technologien haben den Geowissenschaften in den letzten Jahren völlig neue Möglichkeiten eröffnet, Prozesse in allen zeitlichen und räumlichen Skalenbereichen hochaufgelöst zu erfassen und zu simulieren. Das hierzu am GFZ Potsdam eingesetzte Instrumentarium reicht von eigenen Kleinsatelliten und raumgestützten Messsystemen über die verschiedenen Verfahren der geophysikalischen Tiefenerkundung und Forschungsbohrungen bis hin zu Laborexperimenten unter natürlichen Bedingungen sowie mathematisch-physikalischen Ansätzen zur Systemtheorie.

Forschungsziel des GFZ Potsdam ist es, durch Nutzung und Weiterentwicklung dieses Potentials letztendlich die im Innen- und Außenraum der Erde und an ihrem Rand wirkenden Prozesse mit ihren Wechselwirkungen zu quantifizieren und damit zu einem System- und Prozessverständnis zu kommen, das es uns erlauben soll, Konzepte und Strategien für die Sicherung und Bereitstellung natürlicher Ressourcen, die umweltverträgliche Nutzung des ober- und unterirdischen Raums, die sachgerechte Reaktion auf Klima- und Umweltveränderungen und für die Vorsorge bei Naturkatastrophen zu entwickeln.

Dementsprechend orientiert sich das Forschungs- und Entwicklungsprogramm des GFZ Potsdam an langfristig angelegten, prozessorientierten Forschungsthemen, die von globaler Bedeutung sind und auch international eine zentrale Rolle spielen. Diese fünf Hauptforschungsthemen sind:

1. Geopotentiale und Erdmodelle,
2. Kontinentalränder und Naturgefahren,
3. Geodynamik, Stoff-Flüsse und 3D/4D Abbildung des Systems Erde,
4. Klimaänderungen und
5. Nutzung des unterirdischen Raums.

Organisationsstruktur

Die in der Stiftungssatzung festgelegten Aufgaben erfordern eine stark multidisziplinäre Ausrichtung des GFZ Potsdam. Diese Forderung wurde bereits beim Aufbau der Einrichtung und der Festlegung der Organisationsstrukturen konsequent umgesetzt. Das GFZ Potsdam ist heute weltweit die einzige Einrichtung, die über Mitarbeiter aus allen Disziplinen der Wissenschaften der Festen Erde in etwa gleicher Stärke verfügt, angefangen von der Geodäsie, über die Geophysik, die Geologie bis hin zur Mineralogie und Geochemie, neben Mathematikern, Physikern, Chemikern und einer Gruppe von Ingenieuren unterschiedlicher Fachrichtungen.

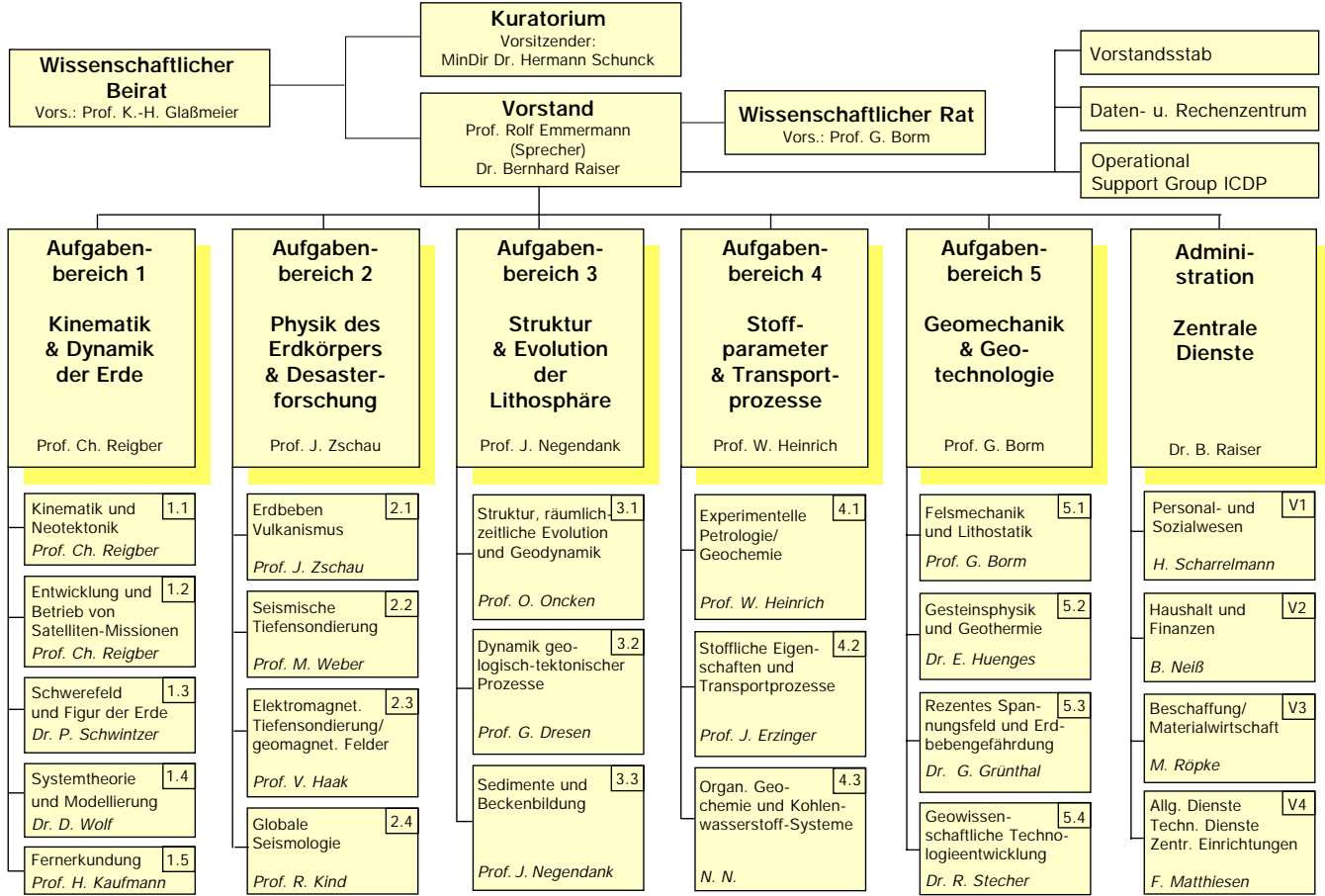
Das GFZ Potsdam ist nicht nach Disziplinen oder Instituten untergliedert, sondern in jeweils multidisziplinär zusammengesetzte Aufgabenbereiche mit einer langfristig zu bearbeitenden, übergeordneten Thematik. Es sind dies:

- Aufgabenbereich 1: Kinematik & Dynamik der Erde,
- Aufgabenbereich 2: Physik des Erdkörpers & Desasterforschung,
- Aufgabenbereich 3: Struktur und Evolution der Lithosphäre,
- Aufgabenbereich 4: Stoffparameter & Transportprozesse und
- Aufgabenbereich 5: Geomechanik & Geotechnologie.

Der zum überwiegenden Teil geodätisch-geophysikalischen Aufgabenstellungen zuzuordnende Bereich ist der Aufgabenbereich 1. Die Aufgabenbereiche selbst sind in mehrere, thematisch kurzfristiger angelegte Projektbereiche untergliedert. Derzeit gibt es 19 Projektbereiche (siehe Abb. 2).

Entsprechend seiner Aufgabe, die geo-

Abb. 2: Organigramm des GFZ Geoforschungszentrum Potsdam (Dezember 1999)



wissenschaftliche Forschung in Deutschland zu unterstützen, hat das GFZ Potsdam Gerätepools eingerichtet und große Experimentiereinrichtungen und Gerätschaften angeschafft, die externen Partnern im Rahmen von Gemeinschaftsprojekten für eine gemeinsame Nutzung zur Verfügung stehen. Bislang im Einsatz sind ein Gerätepool mit geodätischen Messsystemen für große Messkampagnen im Ausland und für internationale Projekte der Satellitengeodäsie, ein geophysikalischer Gerätepool für seismische, geoelektrische und magnetotellurische Feldexperimente, eine Hochdruck-Hochtemperatur-Vielstempelapparatur für in-situ-Experimente mit Synchrotronstrahlung, ein Sekundärionen–Massenspektrometer, Anlagen für die Edelgasmassenspektrometrie sowie ein Bohrloch-Messfahrzeug mit einer Vielzahl von Bohrloch-Messsonden.

Zu den Aufgaben des GFZ Potsdam für eine Gemeinschaftsforschung gehört auch der Betrieb der beiden in ein weltweites Netz eingebundenen geomagnetischen Observatorien in der Wingst und in Niemegek, die auf über 100-jährige kontinuierliche Messreihen zurückgreifen können, eines „Deep Crustal Laboratory“ in den beiden Tiefbohrungen des Kontinentalen Tiefbohrprogramms der Bundesrepublik Deutschland (KTB) in Windischeschenbach/Oberpfalz sowie eines Geodynamischen Observatoriums am South African Astronomical Observatory in Sutherland, Südafrika. Weiterhin verfügt das GFZ Potsdam über eine Spezialistengruppe für den sofortigen Einsatz bei Erdbebenkatastrophen und ein Ingenieurteam zur Unterstützung bei der Planung und Durchführung von Bohrungen und größeren Feldexperimenten im Rahmen internationaler Programme.

Die Aufgabenbereiche

Im folgenden werden kurz die momentanen Arbeitsschwerpunkte der fünf Aufgabenbereiche skizziert, wobei dem Aufgabenbereich 1 wegen der überwiegend geodätischen Leserschaft dieses Artikels etwas mehr Raum eingeräumt werden soll. Diese Arbeiten fließen ein in die vorher genannten fünf Forschungsschwerpunkte, in übergeordnete internationale Programme oder strategisch ausgerichtete Projekte der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF).

Aufgabenbereich 1:

Kinematik & Dynamik der Erde

Direktor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Christoph Reigber

Die Arbeiten der fünf Projektbereiche (siehe Abb. 2) des Aufgabenbereiches 1 orientieren sich an drei wesentlichen Elementen zur Beschreibung der Kinematik und Dynamik des Erdkörpers. Sie umfassen die Entwicklung und den Betrieb von Geräten und Systemen zur Erfassung globaler, konsistenter und homogener Messreihen, Modellbildungsarbeiten mit selbstgewonnenen bzw. im internationalen Austausch erhaltenen Datenreihen sowie Arbeiten zur Prozesserfassung und Interpretation. Die Arbeiten umfassen schwerpunktmäßig die folgenden Tätigkeitsfelder:

- Entwicklung, Betrieb und Überwachung von Satellitenmissionen und der sie unterstützenden Netzwerke von Bodenstationen. Neben dem Laserretroreflektor-Satelliten GFZ-1, der Ende 1999 nach seiner vorhergesagten Lebenszeit in der Erdatmosphäre verglühte und wertvolle Daten für die globale Schwerefeldmodellierung geliefert hat, sind dies Bahnbestimmungsaufgaben für die ESA-Fernerkundungs-Satelliten ERS-1 und

ERS-2 unter Einbeziehung des globalen Netzes von internationalen Laser-Stationen und des von der GFZ-Masterstationsmannschaft in Oberpfaffenhofen geleiteten Netzes von globalen PRARE-Stationen des Bahnverfolgungssystems PRARE. Einen breiten Raum nehmen zur Zeit die vom GFZ Potsdam übernommenen Arbeiten in der Entwicklungs- und Bauphase der Geopotentialmission CHAMP und die Vorbereitungsarbeiten zum Wissenschaftsdatensystem der amerikanisch/deutschen Schwerefeldmission GRACE ein (Anm. d. Red.: Der CHAMP-Satellit wurde am 15. Juli 2000 erfolgreich in seine Erdumlaufbahn geschossen).

- Arbeiten zur Geokinetik der Erde. Sie schließen die hochgenaue Bestimmung von Oberflächenform und Veränderung der kontinentalen Kruste, der Ozeane und der großen Eisgebiete ein. Der punkt- und flächenhaften Erfassung von Verschiebungsmustern in Risikozonen der Erde, des Fließens und Verän-

dern der großen Eisflächen und der Zirkulation der Wassermassen in den Ozeanen sind die Arbeiten mit modernen satellitengeodätischen Messverfahren, wie dem GPS, PRARE, der Satellitenaltimetrie sowie Verfahren der Fernerkundung im optischen und Radarbereich gewidmet. Schwerpunkt der Arbeiten sind zur Zeit im Stil von zeitversetzten Kampagnen oder kontinuierlichen Messprogrammen durchgeführte Satellitenbeobachtungen in aktiven Plattenkonvergenzbereichen bzw. entlang von Plattenrändern. Die drei wichtigsten Untersuchungsgebiete sind a) der tektonisch aktivste Teil der Übergangszone zwischen Indien und Eurasien, der Pamir/Tien Shan (CATS), b) der multiple Konvergenzbereich von Pazifischer, Philippinischer, Eurasischer, Australischer und Indischer Platte in SE-Asien (GEODYSSSEA) und c) der Bereich langanhaltender Subduktion und assoziierter intrakontinentaler Plateaubildung im Bereich der Anden (SAGA).

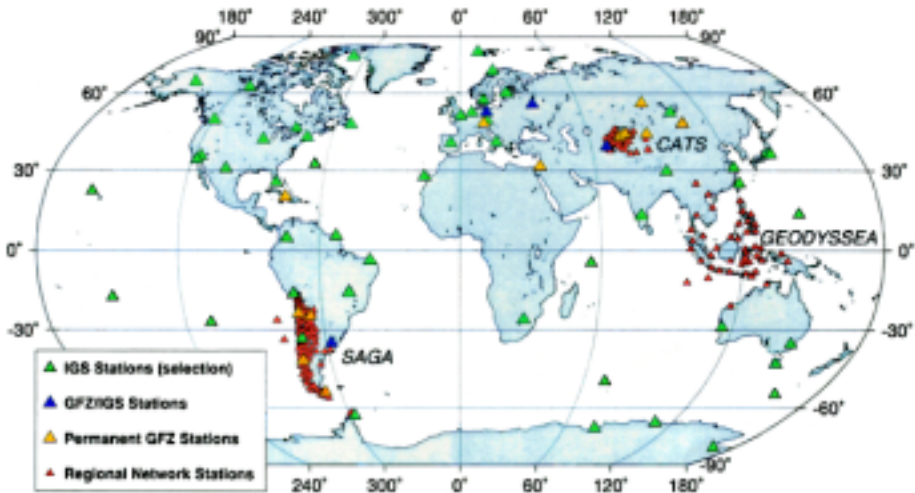


Abb. 3: GPS Geodynamiknetze des GFZ Potsdam

Daten aus diesen Netzen werden gemeinsam mit Daten von global verteilten Stationen des Internationalen GPS-Dienstes IGS und des GFZ Potsdam einer hochgenauen Verarbeitung im GPS-Analysezentrum unterworfen.

- Arbeiten zur Modellierung, Nutzung und Interpretation des globalen Erdschwerefeldes einschließlich der Bestimmung bzw. Vorwärtsrechnung zu zeitlichen Veränderungen des Feldes durch Massenverteilungen im Erdkörper, in der Atmosphäre, Hydrosphäre und Kryosphäre. Für die Datenerfassung werden je nach Auflösung und räumlicher Ausdehnung unterschiedliche Techniken und Instrumente mit der ihnen jeweils eigenen Sensivität und Auflösung eingesetzt: stationäre Gravimetrie, Aerogravimetrie und Satellitenverfahren. Der Schwerpunkt liegt momentan beim Einsatz von Satellitentechniken für die globale Schwerefeldmodellierung. Mit seinen neuesten Erdschwerere modellen (Abb. 4) nimmt das

GFZ Potsdam eine international führende Stellung ein, die mit Daten der GFZ Mission CHAMP ausgebaut werden wird. Der Ausbau der Fluggravimetrie für regionale Anwendungen wird zur Zeit stark forciert.

- Fernerkundliche Arbeiten zur Identifikation und Quantifizierung von Objekten und Oberflächenmaterialien und der Stellung in räumlichen und zeitlichen Prozessabläufen. Der raumbezogene und spektrale Informationsgehalt wird aus Daten unterschiedlicher Satelliten- und Flugzeugsensoren und über unterschiedliche Auswertekonzepte abgeleitet.

Zur Unterstützung einer Vielzahl von Aufgaben in nationalen und internationalen Programmen und für bereichsübergreifende Arbeiten im GFZ Potsdam betreibt der Aufgabenbereich 1 neben der in Umrüstung befindlichen Laserbeobachtungsstation auf dem Telegrafenberg und der gemeinsam mit dem DLR betriebenen mobilen Radardaten-Empfangsstation zur Zeit 102 mobile Mikrowellen-Beobachtungsstationen zu Satelliten (12 PRARE-, 3 Glonass-, 87 GPS-Stationen). Von diesen Stationen sind 12 PRARE- und 27 GPS Stationen weltweit im Einsatz. Die restlichen Stationen werden im Kampagnenbetrieb in geodynamischen Netzen in Südamerika, Zentralasien und Süd-Ost-Asien eingesetzt.

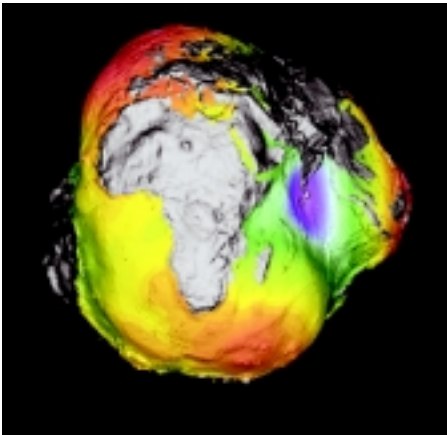


Abb. 4: GFZ 98, hochauflösendes Geoidmodell, abgeleitet aus der Kombination von Satelliten- Altimeter- und terrestrischer Schwerebeobachtung, 18 500-fach überhöht.

Aufgabenbereich 2: Physik des Erdkörpers und Desasterforschung

Direktor: Prof. Dr. Jochen Zschau

Der Aufgabenbereich untersucht mit den in Abb. 2 gezeigten vier Projektbereichen den strukturellen Aufbau und die physikalischen Eigenschaften des Erdkörpers sowie die in seinem Innern ablaufenden physikalischen Prozesse und deren Auswirkungen

auf den Lebensraum des Menschen. Das erfordert eine Zusammenführung und Verknüpfung der Forschungen zur Erdkruste und zum Erdmantel. Der Mantel ist nicht nur die Hauptquelle für die nutzbaren Rohstoffanreicherungen, sondern er liefert auch die Wärme- und Bewegungsenergie für die ständig fortschreitende geologische Entwicklung der Erdkruste und damit auch für die Erdbeben und Vulkanausbrüche. Der Aufgabenbereich widmet sich zudem anwendungsbezogenen Aspekten mit dem Ziel, einen Beitrag zur Reduzierung der Auswirkungen geologischer Naturkatastrophen zu leisten. Zu diesen Aufgaben gehören u.a. die Erforschung von Katastrophenursachen, die Entwicklung und Einrichtung von Überwachungs- und Frühwarnsystemen sowie die Weiterbildung von Fachleuten für die Erdbebenüberwachung und Einschätzung der Erdbebengefährdung.

Aufgabenbereich 3: Struktur und Evolution der Lithosphäre

Direktor: Prof. Dr. Jörg F. W. Negendank
Die im Erdinnern produzierte und gespeicherte Wärmeenergie gelangt über Konvektionsvorgänge an die Erdoberfläche und bewirkt Ungleichgewichtszustände, die für tektonische Umformungsprozesse verantwortlich sind. Im „Archiv“ der Erdkruste sind die Produkte geodynamischer Prozesse aufbewahrt. Anhand dieser Zeugen der Erdgeschichte wird im Aufgabenbereich 3 die zeitliche Entwicklung von Deformationen, Bewegungsmechanismen und Massentransporten erforscht. Bilanzierungen verfolgen die Temperatur- und Druckgeschichte sowie die zeitliche, räumliche und chemisch-physikalische Entwicklung der Umwandlungsprozesse in der Erdkruste. Experimentelle Untersuchungen zum Fließverhalten von Gesteinen, Analyse und

Modellierungen von Sedimentbeckenentwicklungen in Abhängigkeit von den geodynamischen Vorgängen und in Abhängigkeit vom Klima gehören zum Spektrum dieser Forschungsarbeiten.

Aufgabenbereich 4: Stoffparameter und Transportprozesse

Direktor: Prof. Dr. Wilhelm Heinrich
Der Aufgabenbereich 4 vereint Mineralogen, Petrologen, Geochemiker und Strukturgeologen in dem Forschungsthema „Stoff- und Energietransport über Schmelzen und Fluide“. Das interdisziplinäre Forschungsprogramm umspannt den Rahmen chemisch-analytischer, physikalischer, mineralogischer und geologischer Arbeiten. Laboruntersuchungen von chemischen Reaktionen und physikalischen Zustandsparametern in Gesteinen unter Druck- und Temperaturbedingungen der Erdkruste und des Erdmantels, der Betrieb modernster geochemischer Laboratorien sowie der Einsatz hochauflösender mikroskopischer und spurenanalytischer Techniken liefern grundlegende Daten für die quantitative Modellierung geodynamischer Prozesse. Ziel ist die Ermittlung von Stoffeigenschaften und Zuständen, um die Dissipation von Energie und die Umlagerung von Material quantifizieren zu können. Ein Thema von besonderer internationaler Aktualität sind Gesteinsfluide, ihr Einfluss auf chemische und mineralogische Prozesse, auf geodynamische Vorgänge und physikalische Eigenschaften der Gesteine, ihre Bedeutung für Stoffumlagerungen sowie die mögliche Nutzung hydrogeothermaler Ressourcen.

Aufgabenbereich 5: Geomechanik und Geotechnologie

Direktor: Prof. Dr. Günter Borm
Schwerpunkt der Arbeiten der vier Projekt-

bereiche (siehe Abb. 2) des Aufgabenbereichs 5 ist die Erforschung von Spannungen, Verformungen und Festigkeiten der Gesteine. Für statische Berechnungen und Sicherheitsanalysen von untertägigen Fels-hohlraumbauten und Tiefbohrungen wird das Formänderungs- und Festigkeitsverhalten von Gesteinen unter mechanischen, hydraulischen und thermischen Einwirkungen experimentell im Labor untersucht, durch in-situ-Messungen überprüft und mit numerischen Modellrechnungen analysiert. Ergänzt werden diese Arbeiten durch Entwicklungen neuer Methoden für die geophysikalische Gebirgserkundung unter Tage. Dazu wurde u.a. die Anwendung spezieller dehnungsempfindlicher Lichtleitfasern (Faser-Bragg-Gitter) für die Messung von Dehnungen und Dehnungs-Gradienten in Gesteinsformationen in Angriff genommen.

Ausblick

Die Arbeiten im GFZ Potsdam und in den großen internationalen Programmen zeigen, dass in den Geowissenschaften die Beobachtung des „Systems Erde“ aus dem Weltraum zunehmende Bedeutung gewinnt. Hier ist in jüngster Zeit, und wesentlich vom GFZ Potsdam wissenschaftlich und konzeptionell mitgeprägt, eine Vielzahl neuer flugzeug- und satellitengestützter Messverfahren verfügbar geworden, mit denen das Spektrum der erfassbaren Erdparameter deutlich erweitert und die Messgenauigkeit wesentlich verbessert werden. Raumgestützte Beobachtungsverfahren nehmen dabei insofern eine Sonderstellung ein, als nur sie in der Lage sind, in kurzer Zeitabfolge globale Messreihen zu liefern, die konsistent und homogen sind. So lassen sich heute z.B. mit GPS-Netzwerken in Erdbebengebieten kleinste Erdkrustende-

formationen nachweisen, mit der InSAR-Technik minimale Verformungen eines Vulkans detektieren oder aus Schwankungen der Drehrate der Erde der Energieaustausch zwischen Atmosphäre und Geosphäre bestimmen. Gravitationsfeld-Satellitenmessungen und Altimetermessungen, an denen das GFZ Potsdam maßgeblich beteiligt ist, werden in Kürze die globale Zirkulation der Ozeane in allen Details sichtbar machen. Ein wichtiges Ziel des GFZ Potsdam für die kommenden Jahre ist es deshalb, diese und zukünftige Mess- und Auswerteverfahren weiterzuentwickeln und die bisher meist separat eingesetzten Techniken zu einem Integrierten Geodätisch-Geodynamischen Monitoring-System zu verschmelzen. Hier will das GFZ Potsdam in enger Kooperation mit universitären Partnern und der Industrie die bisher schon starke deutsche Position ausbauen und verstärkt in internationale Kooperationen einbringen. Die Beiträge der Geodäsie und hier insbesondere die Satellitengeodäsie zu den beschriebenen Forschungsarbeiten des GFZ Potsdam belegen die Bedeutung der Geodäsie für die Erdsystemforschung und sind Beispiel dafür, dass die Geodäsie integraler Bestandteil der Geowissenschaften geworden ist.

