

Die XXVI. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) – Internationale Assoziation für Geodäsie (IAG) 2015 in Prag

Jürgen Müller (Red.)

1 Übersicht

Jürgen Müller

Die XXVI. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG), die unter dem Motto *Earth and Environmental Sciences for Future Generation* stand, fand vom 22. Juni bis 2. Juli 2015 in Prag, Tschechische Republik, statt. Die Organisation der



IUGG-Generalversammlung oblag dem lokalen Organisationskomitee unter der Leitung von Prof. Vladimir Cermak. Das wissenschaftliche Programm der IUGG war traditionell von der Union und den Assoziationen aufgestellt und von einem internationalen Programmkomitee umgesetzt worden. Veranstaltungsort war das Kongresszentrum von Prag. Die Poster-Sessions wurden im 1. Stock organisiert, wo auch die Kaffeepausen stattfanden. Bei den abendlichen Sessions wurde man mit Getränken und Häppchen sehr gut versorgt. So war stets für eine exzellente Atmosphäre gesorgt, um sich mit Kollegen und Wissenschaftlern aus anderen Bereichen auszutauschen. Die gesamte Veranstaltung war perfekt organisiert.

Insgesamt nahmen in Prag mehr als 4.231 Wissenschaftler an der fast zweiwöchigen Veranstaltung teil. Das waren mehr als vor vier Jahren in Melbourne (3.568) und etwas weniger also vor acht Jahren in Perugia (4.375). Es waren Vertreter aus 87 Nationen in Prag. Die größten Kontingente kamen aus USA (504) und Japan (417); Deutschland war mit 390 Teilnehmern das drittgrößte Land.

Das wissenschaftliche Programm war, wie schon in den letzten Jahren, stark interdisziplinär und fachübergreifend ausgerichtet. Außer den von den einzelnen Assoziationen organisierten Symposien wurden insgesamt elf *Union Symposia* und 27 *Joint Inter-Association Symposia* abgehalten. Die Internationale Assoziation für Geodäsie organisierte – neben ihren acht Kern-Symposien (G01–G08) – federführend ein *Union Symposium* und drei *Joint Inter-Association Symposia*. Insgesamt wurden 5.381 Beiträge auf der IUGG-Generalversammlung präsentiert, darunter 2.682 angemeldete Vorträge, 2.211 Poster sowie 488 »eingeladene« Vorträge. Details siehe unter www.iugg2015prague.com. Begleitend gab es eine kleine



Der neue IAG-Präsident Harald Schuh während seiner Präsentation in der Union Lecture

Ausstellung von Firmen und Verlagen, die vor allem die neuesten Veröffentlichungen im Geo-Bereich vorstellten.

An drei Tagen wurden während des Kongresses *Union Lectures* mit jeweils drei Vorträgen organisiert, die übergreifende Forschungsthemen aus den einzelnen Assoziationen präsentierten. Die IAG-Highlights wurden durch ihren neuen Präsidenten Harald Schuh (GFZ Potsdam) dargestellt.

Neben den wissenschaftlichen Beiträgen sind vor allem die allgemeinen Empfehlungen der IUGG von Interesse, von denen einige auch die geodätischen Aktivitäten betreffen. Diese betonen die Bedeutung von geodätischen Satellitenmethoden sowie globaler geodätischer Referenzsysteme. Schließlich wird auch auf die Notwendigkeit einer engeren Kooperation zwischen den Geowissenschaften und deren Vereinigungen hingewiesen. Die vollständigen IUGG-Resolutionen sind unter www.iugg.org/resolutions/IUGGResolutions2015.pdf publiziert.



JUGG Council

Als neuer IUGG-Präsident wurde für die Amtsperiode 2015 bis 2019 Michael Sideris (Kanada) gewählt, der von 2007 bis 2011 IAG-Vorsitzender war; als Generalsekretär wurde Alik Ismail-Zadeh (Deutschland) bestätigt. Das IUGG-Büro mit dem Geschäftsführer Franz Kuglitsch ist seit 2012 am GFZ in Potsdam untergebracht. Erwähnenswert ist weiterhin, dass zwei der acht Generalsekretäre der IUGG-Assoziationen aus Deutschland kommen: Hermann Drewes (IAG) und Donald Dingwell (IAVCEI). Für weitere Informationen zur IUGG, inklusive der Struktur im Detail wird auf www.iugg.org verweisen

Die Generalversammlung der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) wird traditionell zusammen mit der IUGG-Generalversammlung durchgeführt. Offiziell nahmen 537 Geodäten teil. Dies waren weit mehr als in den letzten Jahren (Melbourne 370, Perugia 399) nur in Boulder (564) kamen etwas mehr. Zum Vergleich: Für die IAGA – die größte Assoziation – waren in Prag 633, für die IAMAS 557 Teilnehmer registriert; für die IUGG direkt waren es 749 Teilnehmer. Mit einem Anteil von etwa 13 % der Gesamt-IUGG-Teilnehmer rangiert die IAG im oberen Mittelfeld der Assoziationen. Deutschland stellte mit 108 registrierten Teilnehmern die größte Gruppe an Geodäten in Prag.



Foto: IAG

Übergabe der Levallois-Medaille an Reiner Rummel (links) durch den IAG-Altpräsidenten Chris Rizos

Die IAG-Generalversammlung begann am 25. Juni und wurde durch den Präsidenten Chris Rizos eröffnet, der zugleich den Statusbericht über die vergangene Amtsperiode gab. Ein Höhepunkt war die Verleihung der IAG-Auszeichnungen. Die bedeutende Levallois-Medaille für besondere Leistungen für die IAG und die Geodäsie im Allgemeinen ging nach Deutschland, sie wurde an Reiner Rummel (München) verliehen. Weitere Ergebnisse und Arbeiten der IAG sind im Bericht des Generalsekretärs Hermann Drewes im Abschnitt 2 dargestellt.

Im wissenschaftlichen Programm der IAG fanden acht eigene Symposien statt, die das gesamte Wirkungsspektrum der IAG abdeckten. In diesen IAG-Symposien wurden 555 Beiträge präsentiert (davon 294 »oral«), in den drei IAG-geführten Joint Symposia waren es 70 (40 »oral«) und 13 im IAG-organisierten Union Sympo-

sium (sechs »oral«), in der Summe also 638 Beiträge. Die größte IAG-Session war »G02 Static Gravity Field Models and Observations« mit 140 Beiträgen, die Hälfte davon als Poster. Über die für die Geodäsie relevanten Symposien wird in den Abschnitten 3 bis 5 berichtet. Proceedings mit den wichtigsten geodätischen Beiträgen werden in einem Sonderband der Springer-Reihe veröffentlicht, der voraussichtlich Mitte 2016 erscheinen wird.

In den IAG-Resolutionen (Abschnitt 6) wird i) die Definition und Realisierung eines Internationalen Welthöhensystems (IHRS) und ii) der Aufbau eines globalen Absolutschwere-Referenzsystems adressiert.

Zum neuen IAG-Präsidenten wurde Harald Schuh (GFZ Potsdam) gewählt. Er setzt die Tradition erfolgreicher deutscher Präsidenten fort; der letzte war 1991 bis 1995 Wolfgang Torge (Universität Hannover). Aus deutscher Sicht sind weiterhin folgende Positionen interessant: Generalsekretär bleibt Hermann Drewes (DGFI, München). Roland Pail (TU München) ist neuer Vorsitzender der Kommission 2 »Schwerefeld«. Chefredakteur des *Journal of Geodesy* wurde Jürgen Kusche (Universität Bonn). Vorsitzender von GGOS bleibt Hansjörg Kutterer (BKG Frankfurt). Daniela Thaller (BKG Frankfurt) ist Direktorin des Zentralbüros des IERS. Axel Nothnagel (Universität Bonn) ist Vorsitzender des Leitungsgremiums des IVS und Service-Vertreter im IAG-Exekutivkomitee. Franz Barthelmes (GFZ Potsdam) ist Direktor des ICGEM, siehe auch Abschnitt 7. Weitere Informationen finden sich unter www.iag-aig.org.

Für die nächste IAG *Scientific Assembly* 2017 wurde Kobe, Japan, ausgewählt. Als Veranstaltungsort für die IUGG *General Assembly* 2019 hat sich Montreal, Kanada, gegen Neu-Delhi, Indien, durchgesetzt.

2 Bericht aus den Sitzungen des IAG-Exekutivkomitees sowie des IAG-Council 2015

Hermann Drewes

2.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Sitzungen des IAG-Exekutivkomitees 2015

Das IAG-Exekutivkomitee ist das ausführende Organ der Internationalen Assoziation für Geodäsie. Es setzt sich aus Vertretern zusammen, die vom *IAG Council* gewählt bzw. vom Exekutivkomitee benannt wurden (letzteres gilt nur für den GGOS-Vorsitzenden, siehe unten), und tagt mindestens einmal pro Jahr sowie während der Generalversammlungen der IUGG und IAG. Bei der Generalversammlung 2015 gab es drei Sitzungen des Exekutivkomitees 2011–2015 sowie eine Sitzung des neuen Komitees 2015–2019. Die wichtigsten Ergebnisse werden nachfolgend aufgeführt.

Bei der ersten Sitzung am Tag vor dem Beginn der IAG-Symposien wurden vor allem die Vorbereitungen der Ge-

neralversammlung behandelt (acht IAG-Symposien, ein von der IAG geleitetes IUGG-Symposium und 13 Inter-Assoziation-Symposien, Sitzungen des *IAG Council*, Eröffnungsveranstaltung, Schlussveranstaltung, Haushaltsabrechnung 2011–2015 und Haushaltsplan 2015–2019).



Foto: IAG

Von der IAG ausgezeichnet: Yoshiyuki Tanaka, Krzysztof Sośnica und Alvaro Santamaría Gómez

Daneben wurden die Gewinner der IAG-Auszeichnungen vorgestellt, die in den Monaten vor der Generalversammlung per E-Mail gewählt worden waren und bei der Eröffnungssitzung geehrt wurden. Diese sind:

- *Levallois Medaille* für besondere Dienste für die IAG und die geodätische Wissenschaft im Allgemeinen: *Reiner Rummel, Deutschland*;
- *Bomford Preis* für hervorragende Beiträge zur geodätischen Forschung, vor allem in den vorangegangenen vier Jahren: *Yoshiyuki Tanaka, Japan*;
- *Bester junger Autor* im Journal of Geodesy für das Jahr 2013: *Krzysztof Sośnica, Schweiz*, für das Jahr 2014: *Alvaro Santamaría Gómez, Spanien/Frankreich/Australien*.

Ferner wurden die dem *IAG Council* vorgeschlagenen Änderungen der IAG-Statuten und IAG-Satzung diskutiert, die neu gewählten Mitglieder des IAG-Exekutivkomitees 2015–2019 vorgestellt, neue *IAG Fellows* für gute Arbeit als Leiter einer IAG-Komponente oder Subkomponente gewählt (http://iag.dgfi.tum.de/fileadmin/IAG-docs/Fellows_1991-2015.pdf) und die Bewerber für die IAG wissenschaftliche Versammlung 2017 vorgestellt, über die der IAG Council zu entscheiden hatte.

In den weiteren Sitzungen wurden die Berichte der IAG-Komponenten (Kommissionen, Inter-Kommissions-Komitee für Theorie, wissenschaftliche Dienste, Globales Geodätisches Observations-System, Geschäftsstelle für Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit) für die ablaufende Legislaturperiode diskutiert, die als IAG-Reports (*Travaux de l'IAG*) im Internet veröffentlicht werden (<http://iag.dgfi.tum.de/index.php?id=329>). Und es wurden die Leiter und Verantwortlichen weiterer IAG-Bereiche für die Periode 2015–2019 gewählt. Diese sind:

- Vorsitzender des Globalen Geodätischen Observations-Systems (Hansjörg Kutterer, Deutschland);
- Präsident des Inter-Kommissions-Komitees für Theorie (Pavel Novák, Tschechische Rep.) (dieser wird nach den neuen Statuten der IAG in Zukunft vom *IAG Council* gewählt);

- Herausgeber des Journal of Geodesy, Springer-Verlag (Jürgen Kusche, Deutschland);
- Herausgeber der IAG Symposia Reihe, Springer-Verlag (Jeff Freymueller, USA u. Laura Sánchez, Deutschland).

Zudem wurden die Entwürfe der IAG-Resolutionen für die Entscheidung des *IAG Council* diskutiert (http://iag.dgfi.tum.de/fileadmin/IAG-docs/IAG_Resolutions_2015.pdf).

Im Rahmen einer 2013 initiierten Beurteilung der wissenschaftlichen Dienste der IAG wurden Satzungsänderungen des GGOS und des Internationalen DORIS-Service beschlossen und ein neuer IAG-Dienst *Global Geodynamics and Earth Tide Service (IGETS)* durch Zusammenschluss des bisherigen *International Center for Earth Tides (ICET)* und des *Global Geodynamics Project (GGP)* eingerichtet.

Bei der ersten Sitzung des neuen Exekutivkomitees 2015–2019 wurde vor allem die neue Struktur der Kommissionen und des Inter-Kommissions-Komitees für Theorie diskutiert. Dies schließt insbesondere die Ernennung der neuen Vizepräsidenten ein. Diese sind:

- Kommission 1 »Referenzrahmen«: Johannes Böhm, Österreich;
- Kommission 2 »Schwerefeld«: Shuanggen Jin, China;
- Kommission 3 »Erdrotation und Geodynamik«: Cheng-Li Huang, China;
- Kommission 4 »Positionierung und Anwendungen«: Allison Kealy, Australien;
- Inter-Kommissions-Komitee für Theorie: Thomas Högger, Schweden.

Außerdem wurden die Repräsentanten der IAG in den wissenschaftlichen Diensten der IAG und in anderen Institutionen benannt (http://iag.dgfi.tum.de/fileadmin/IAG-docs/IAG_Representatives_2015.pdf).

Ein vollständiger Bericht über die Generalversammlung 2015 und die Struktur 2015–2019 wird im *Geodesists' Handbook 2016* als Sonderheft des Journal of Geodesy veröffentlicht.

2.2 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der Sitzungen des IAG Council 2015

Der IAG Council ist das gesetzgebende Organ der Internationalen Assoziation für Geodäsie. Er setzt sich aus je einem von den IUGG-Mitgliedsländern nominierten Delegierten zusammen und tagt regelmäßig während der Generalversammlungen der IUGG und IAG, um über die Arbeit des IAG-Exekutivkomitees informiert zu werden und Entscheidungen für die folgende Legislaturperiode zu treffen. Während der Generalversammlung 2015 gab es zwei Sitzungen, in denen die nachfolgend genannten wichtigen Beschlüsse gefasst wurden.

Eine Hauptaufgabe des Council ist die Wahl der Mitglieder des IAG-Exekutivkomitees (Präsident, Vizepräsident, Generalsekretär, Kommissions- und Inter-Kom-



Teilnehmer der IAG-Eröffnungszeremonie

missions-Präsidenten, Präsident der Geschäftsstelle für Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit, drei Vertreter der wissenschaftlichen Dienste, zwei Vertreter zur Gewährleistung des geographischen Gleichgewichts) für die nächste Legislaturperiode. Diese Wahl wird seit 2011 per E-Mail vor der Generalversammlung durchgeführt und wurde bei den Sitzungen des Council bestätigt. Eine Liste findet sich unter http://iag.dgfi.tum.de/fileadmin/IAG-docs/IAG_Structure_2015-2019_compact.pdf.

Satzungsgemäß werden die Statuten und die Satzung der IAG alle acht Jahre überprüft und ggfs. geändert. Nachdem 2007 völlig neue Statuten und eine an diese angepasste Satzung verabschiedet worden waren, wurde bereits während der Generalversammlung 2011 in Melbourne, Australien, eine Kommission zu deren Überprüfung eingesetzt. Die auf Vorschlag dieser Kommission beschlossenen wichtigsten Änderungen sind:

- Zwischen den Generalversammlungen wurde der Council bisher von nationalen Korrespondenten vertreten, die keine Entscheidungskompetenz hatten. Jetzt bleibt jeder Delegierte für vier Jahre im Amt, sofern das Mitgliedsland keinen neuen benennt.
- Der somit permanente Council kann auch zwischen den Generalversammlungen Entscheidungen per E-Mails treffen. Das Quorum wurde auf ein Drittel der stimmberechtigten Delegierten festgelegt. Stimmberechtigt sind die Länder, die ihren IUGG-Mitgliedsbeitrag des Vorjahres bezahlt haben.
- Der Präsident des Inter-Kommissions-Komitees für Theorie (ICCT), das in dedizierten Studiengruppen die theoretischen Grundlagen für alle Bereiche der Geodäsie bearbeitet, erhält im IAG-Exekutivkomitee volles Stimmrecht.
- Die Statuten und Satzung können in Zukunft bei jeder Generalversammlung geändert werden, um sie der raschen Entwicklung anzupassen.

Weitere Entscheidungen des Council waren:

- Der Haushalt 2011–2014 wurde von einem Prüfungsausschuss geprüft und vom Council akzeptiert. Der Haushaltsentwurf des Generalsekretärs für 2015–2018 wurde genehmigt.

- Der Veranstaltungsort für die wissenschaftliche Versammlung der IAG, die im vierjährigen Turnus zwischen den Generalversammlungen stattfindet, wurde an die Stadt Kobe, Japan, vergeben. Sie wird vom 30. Juli bis 4. August 2017 gemeinsam mit der IUGG-Assoziation für Seismologie und Physik des Erdinneren (IASPEI) durchgeführt.

Der Council setzte bei seiner ersten Sitzung – wie üblich – einen Ausschuss für die Verabschiedung von Resolutionen ein. Es wurden Vorschläge gesammelt, beraten und zwei Resolutionen bei der zweiten Sitzung verabschiedet. Eine Resolution betrifft die Definition und Realisierung eines Internationalen Welthöhensystems (IHRS), eine weitere den Aufbau eines globalen Absolutschwere-Referenzsystems (siehe Abschnitt 6 sowie http://iag.dgfi.tum.de/fileadmin/IAG-docs/IAG_Resolutions_2015.pdf).

3 IUGG Union Symposia

U2 Integrated Disaster Risk Science: Accounting for Extremes Tobias Kersten

Die Vorträge im Rahmen des Union Symposiums behandelten drei Themenblöcke. Der erste umfasste die Themen Datengewinnung und Vervielfältigung, den effizienten Einsatz von Kontroll- und Vorhersagesystemen sowie deren optimale Implementierung. Im zweiten Block wurden Gefahren aufgrund von Hochwasser- und Erdbeben behandelt, bevor die Reihe mit einem sehr eingängigen Vortrag zum Wohlbefinden von Menschen in einer von Naturkatastrophen beeinflussten Region anhand eines speziellen Fallbeispiels geschlossen wurde. Der Fokus des Symposiums richtete sich auf die stetig steigende Anzahl und Intensität von Naturkatastrophen, mit der sich die Wissenschaft zunehmend konfrontiert sieht. Hinzu kommt, dass die komplexe Vielfalt und Seltenheit von schweren Katastrophen bzw. deren ankündigenden Indikatoren eine verlässliche Vorhersage und Bewertung der

auftretenden Risiken deutlich erschwert. Durch die Vorträge wurde deutlich, dass nicht nur die frühzeitige Erkennung, Warnung und das Studium der Naturkatastrophen selbst in der Wissenschaft im Vordergrund stehen darf, sondern ein Augenmerk ebenfalls auf das Verständnis um die Gefahren für das soziokulturelle Zusammenleben der Menschen in den betroffenen Regionen gelegt werden muss. Überdies hat die Wissenschaft die Aufgabe, für ein effizientes Geo-Monitoring und eine adäquate Anpassung des unmittelbaren Lebensraumes zu sorgen, um die negativen Auswirkungen auf die Menschen und die Wirtschaft in den betroffenen Regionen auf ein Minimum zu reduzieren.

U3 Mathematics and Observations of Earth Systems

Nico Sneeuw

Innerhalb der IUGG befasst sich die Commission for Mathematics in Geosciences (CMG) assoziationsübergreifend mit mathematischen und algorithmischen Aspekten der Erdwissenschaften. Die Vorträge dieser Union Session befassten sich mit der methodischen Entwicklungen in der Modellierung und Datenanalyse und konzentrierten sich auf die Seismologie. Zwei der Vorträge waren aber auch aus geodätischer Sicht interessant. Unter dem Titel *A 4-D earthquake cycle model for bounding seismic moment accumulation rate* referierte D. Sandwell (University of California, San Diego) über den Beitrag geodätischer Raumverfahren bei der Beobachtung und Modellierung von Erdbebenvorgängen. Aus der Inversion von GPS und InSAR, flächendeckend für Kalifornien, ist man in der Lage, über längere Zeiträume den Aufbau von seismischem Moment zu verfolgen. M. Ghil (University of California, Los Angeles, und École Normale Supérieure, Paris) ist einer der Gründer der *Singular Spectrum Analysis* (SSA), einer Methode zur Zeitreihenanalyse. In seinem Vortrag *Spatio-temporal pattern recognition for large GPS data sets* erklärte er anhand von GPS-Zeitreihen Grundlagen sowie algorithmische Aspekte der SSA-Methode. Die Methode hat sich bewährt für die Analyse periodischer Signale mit nicht-konstanter Amplitude.

U4 Data Science and Analytics in Geodesy and Geophysics – Research and Education Progress and Opportunities

Phillip Brieden

Die täglich wachsende Anzahl an wissenschaftlichen Datensätzen motivierte dieses Symposium, indem über Themen wie Austausch, Bereitstellung, Vereinheitlichung, Zitierung u.v.m. von wissenschaftlichen Datensätzen diskutiert wurde. Um den breitesten Nutzen aus der ständig wachsenden Zahl wissenschaftlicher Datensätzen ziehen zu können, hat die Interessengemeinschaft *Research Data Alliance* (RDA) (www.rd-alliance.org) die Vision, dass Wissenschaftler barrierefrei, interdisziplinär und länderübergreifend Daten austauschen, um den großen Herausforderungen der Gesellschaft bestmöglich be-

gegnen zu können. Ob barrierefrei oder nicht, ist diese Idee mit einigen Herausforderungen verbunden. So sind neben der Datenspeicherung und Bereitstellung vor allem einheitliche Datenformate zu definieren, in denen die Daten selbst sowie Metainformationen abgelegt und bereitgestellt werden. Oftmals wird der Nutzer nicht der Erzeuger der Daten sein, und die bereitgestellte Struktur muss auch für diesen Fall alle relevanten Informationen



Foto: P. Brieden

Impressionen aus Prag

enthalten. Weitere Herausforderungen treten z.B. bei der Zitierung von Datensätzen auf. Da sich derartige Probleme fachgebietsübergreifend ergeben, arbeitet die RDA in interdisziplinären Arbeitsgruppen an Lösungen. Interessierte sind eingeladen, sich zu beteiligen. In den USA wurden unter dem Dach des NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) die NCEI (*National Centers for Environmental Information*) ins Leben gerufen (www.ncei.noaa.gov). Diese sind für die Bereitstellung von Produkten und Services an die Privatindustrie, internationale Regierungen sowie Hochschulen und die Öffentlichkeit verantwortlich, die auf umweltbezogenen Daten (Ozean, Atmosphäre, Geophysik, ...) meist staatlicher Datenzentren basieren. Der Zugang zu den Datensätzen ist über eine Online-Maske oder einen maschinenbasierten Zugang realisiert. Bei der Umsetzung wurden ISO-Datenstandards eingehalten und es wurde die Möglichkeit geschaffen, umfangreiche Metadaten bereitzustellen. Neben dem NCEI gibt es weltweit viele kleinere oder größere Datenzentren. Es fehlt jedoch eine Möglichkeit einer (Online-)Suche nach Datensätzen, eine Art »Daten-Google«. Da die Speicherung und das langfristige Vorhalten von Datensätzen ein wichtiges Thema ist und auch in Zukunft bleiben wird, wurde empfohlen, schon im Zuge der Beantragung neuer Projekte eine finanzielle Förderung für Datenhaltung und -bereitstellung mit zu beantragen. Nicht außer Acht gelassen werden darf bei all diesen Überlegungen der Mensch, der aus seinen u.U. eingefahrenen Strukturen der Datenhaltung abgeholt werden muss und dem der Mehrwert einer neuartigen Datenspeicherung nahezubringen ist – oft die schwierigste Aufgabe.

U5 New Discoveries in Deep Interior of the Earth and Planets*Franz Hofmann*

Dieses Symposium diente als Plattform für den Austausch zwischen verschiedenen Disziplinen, die sich mit der Untersuchung des Erd- bzw. Planeteninneren beschäftigen. Das Verstehen der Vorgänge im Erdinneren ist nicht nur für die Wissenschaft von wichtiger Bedeutung, sondern auch für die Menschheit insgesamt. Zum Beispiel können starke Veränderungen des Erdmagnetfelds, dem Schutzmantel vor Sonnenwinden oder extrem starke Vulkanausbrüche globale Zerstörungen und Schäden hervorrufen. Der Fortschritt in der Erforschung von kleinräumigen Strukturen sowie der Dynamik im Erdmantel wurde anhand von verschiedenen Techniken und Analysestrategien vorgestellt. Neben seismischen Untersuchungen wurden auch neue Ergebnisse der Kombination von seismischen und geodynamischen Daten, z.B. Plattenbewegungen und Schwerfelddaten, präsentiert. Neue, hochaufgelöste Satellitendaten, z.B. von GOCE und SWARM, tragen ebenfalls zu einem besseren Verständnis der Mantelstrukturen und elektrischen Eigenschaften bei. Ein weiterer Teil des Symposiums widmete sich dem Erdmagnetfeld. Neben der Diskussion zu alternativen Dynamomodellen im Erdkern wurden neue Erkenntnisse zur Dynamik und Struktur des Erdkerns vorgestellt. Die Möglichkeiten der SWARM-Mission für das Verständnis der Dynamik im Kern und aktuelle Fortschritte im Biomagnetismus rundeten den zweiten Teil ab. Im dritten Teil des Symposiums wurden die bisherigen Erkenntnisse der DAWN-Mission zum Asteroiden Vesta und Zwergplaneten Ceres diskutiert. Der innere Aufbau beider Körper erlaubt es, ein verbessertes Modell der Entstehungsgeschichte unseres Sonnensystems zu erstellen. Zum Abschluss des Symposiums wurden neue Arbeiten zur Atmosphäre von erdgroßen Exoplaneten präsentiert und dabei wurde deutlich aufgezeigt, dass eine erdähnliche Oberfläche und Atmosphäre einen vermutlich sehr seltenen Zustand darstellt.

U6 Data Assimilation and Inverse Problems in Geophysical Sciences*Thomas Krawinkel*

Der erste Block des Symposiums beinhaltete die historische Entwicklung der Datenassimilation in der Meteorologie und Ozeanographie. Die Vortragenden stellten die Unterschiede zwischen in-situ Beobachtungen und Fernerkundungsverfahren heraus und präsentierten einen neuen Ansatz zur maßstabsabhängigen Datenassimilierung in der Numerischen Wettervorhersage (NWP). Weiter wurden aktuelle Verfahren zur Assimilation von Schneedaten im ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) NWP erläutert, wobei ein Schwerpunkt auf Entwicklungen der letzten Jahre gelegt wurde. Der Fokus zukünftiger Arbeiten soll eindeutig im Bereich der Echtzeitmodellierung liegen. Im zweiten Block wurden

Methoden sowie Probleme und Herausforderungen bei der Datenerfassung, Verarbeitung und Vorhersage in drei Wissenschaftsbereichen vorgestellt: Hydrologie, Schwerfeld und seismische Tomographie. Für Flutvorhersagen stehen zwar stets gute Daten über Niederschlagsmengen zur Verfügung und auch die Flutwellendynamiken können sehr gut vorhergesagt werden, allerdings ist die Modellierung und Vorhersage des Niederschlagabflusses äußerst schwierig. Dieser wird maßgeblich von der Bodenfeuchte beeinflusst, die wiederum von Art, Stärke und Dauer der Sonneneinstrahlung abhängt. Zum Bereich Schwerfeld wurde gezeigt, dass langwellige Schwerfeldkoeffizienten anhand von Bewegungen von GPS-Stationen bestimmt werden können. Dies gilt auch für Variationen des Grundwassers, was an einem Beispiel in Kalifornien verdeutlicht wurde. Im dritten Block wurde vorrangig die fluidynamische Inversionstheorie behandelt, die es ermöglicht, eine großmaßstäbige zeitliche Entwicklung des Erdmantels zu simulieren. Insbesondere die richtige Konditionierung von Startwerten für die Simulationen stellt eine große Herausforderung dar. In der geomagnetischen Wissenschaft ergibt sich ein ähnliches Problem, wenn es darum geht, Rückschlüsse auf das Magnetfeld im Erdinneren zu ziehen, da hierfür ausschließlich Messungen auf und über der Erdoberfläche vorliegen. Seit 2007 werden diese Datensätze in Kombination mit verschiedenen fluidynamischen Modellen ausgewertet.

U7 The Potential for Carbon- and Climate-Engineering to Offset Global Change*Manuel Schilling und Phillip Brieden*

Vor dem Hintergrund des anhaltend beschleunigten Klimawandels und den damit verbundenen klimatischen Veränderungen wurden Möglichkeiten zum Ausgleich der Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels mit technischen Mitteln – dem sogenannten *Geoengineering* – diskutiert. Ziele dieser Aktivitäten umfassen das Stoppen der Klimaerwärmung, den Abbau der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre oder die Verhinderung einer Versauerung der Meere. Im ersten Vortragsblock ging es um Auswirkungen der Unterschiede verschiedener Klimamodelle. Diese können mitunter erheblich ausfallen und die Entscheidungen für Gegenmaßnahmen folgeschwer beeinflussen. Weiter wurden einige vielversprechende Simulationsstudien vorgestellt, deren Ziel es ist, den im Ozean gebundenen Anteil an CO₂ zu erhöhen. Im zweiten Block wurden Studien zum Thema *Geoengineering* vorgestellt. Das Ziel, die Erderwärmung auf 2 °C einzuschränken, kann durch verschiedene Methoden erreicht werden. Neben der Verringerung des CO₂-Ausstoßes und der Speicherung von CO₂ wurden Methoden diskutiert, die unter den Begriffen *climate engineering* bzw. *solar radiation management* zusammengefasst werden. Bei diesen Methoden wird z.B. Schwefel in die oberen Atmosphärenschichten ausgebracht, analog zu Vulkanausbrüchen, oder die Wolkenbildung beeinflusst. Dadurch soll



Foto: photogallery, www.iugg2015prague.com

Impressionen von der IUGG-Generalversammlung

eine Abkühlung erreicht werden, indem der Einfall von Sonnenstrahlung verringert oder die Abstrahlung erhöht wird. Neben dem Einfluss auf die globale Temperatur wurde sowohl die Auswirkung auf die Landwirtschaft in verschiedenen Regionen der Erde als auch die Möglichkeit, die Entstehung von Hurrikans zu beeinflussen, untersucht.

U8 Geomonitoring in the 21st Century

Jakob Flury

In der Union Session U8 (Chair H. Kutterer, BKG Frankfurt) standen sechs halbstündige Vorträge auf dem Programm, wovon zwei aus der IAG und jeweils einer aus den Assoziationen IAGA (Geomagnetismus und Aeronomie), IAMAS (Meteorologie und Atmosphärenwissenschaft), IASPEI (Seismologie und Physik des Erdinneren) und IAHS (Hydrologie) kamen. Die Vorträge gaben im gut besuchten größten Saal des Konferenzzentrums einen breiten, allgemein verständlichen Überblick über aktuelle Themen. Beeindruckend war u. a. die Darstellung des *European Integrated Data Archive* für die Seismologie. R. Gross (JPL Pasadena) stellte den GGOS-Kontext und die ganze Breite der Beobachtungen der Weltraumgeodäsie (einschließlich Schwerfeldmissionen, Erdrotationsbeobachtungen und Referenzsysteme) und ihren vielfältigen Nutzen für die Nachbardisziplinen dar. J. Flury (Leibniz Universität Hannover) zeigte die Möglichkeiten der Quanten- und Lasermetrologie für neue geodätische Messverfahren zur Beobachtung des Erdschwerfeldes auf.

U9 Revolutions in Earth Sciences: from Different Spheres to a Common Globe

Franziska Kube und Manuel Schilling

Diese Session stellte den Wandel der acht Internationalen Assoziationen der IUGG im Laufe der letzten 100 Jahre dar. Der erste Teil widmete sich den Entwicklungen in Geomagnetismus und Aeronomie (IAGA), Geodäsie (IAG) und der Atmosphäre. Von Vorträgen zur (militär-)historischen Bedeutung der Atmosphärenforschung über den

Wandel der Geodäsie, von Phythagoras von Samos über Kepler und Helmert führten die Vorträge schließlich zu GGOS, dem *Global Geodetic Observing System* der IAG. Aktuelle Forschungsschwerpunkte liegen hier in der Einführung eines weltweit einheitlichen Höhenbezugssystems und dem Monitoring von Naturkatastrophen und Meeresspiegeländerungen. Im Bereich der Atmosphäre streben die Wissenschaftler Wettervorhersagen für Zeiträume bis zu einem Monat an. Mit ihren Daten und Modellen liefern sie vielerorts einen Beitrag zur genauen Vorhersage von Naturkatastrophen. Darüber hinaus zeigen ihre Reanalysen unmissverständlich die globale Erwärmung. Ein zweiter Block widmete sich dem Wandel der Internationalen Assoziationen für Hydrologie (IAHS), Meteorologie (IAMAS) und Ozeanographie (IAPSO). In der Ozeanographie hat sich in der Zeit von 1870 bis in die 1950er weder das Instrumentarium noch das Verfahren zur Bestimmung von Temperatur und Salzgehalt nennenswert verändert. Erst mit der Entwicklung elektronischer Datenaufzeichnung, Satellitenmethoden und frei schwimmender Messbojen ab den 1970er Jahren erreichte die Ozeanographie schließlich eine globale Abdeckung. Diese Entwicklung gilt exemplarisch auch für die Hydrologie und Meteorologie: die Entwicklung vom Anfang des 20. Jahrhunderts und der Beschreibung lokaler Einzugsgebiete über die Entwicklung moderner Computer zur Modellierung immer komplexerer Systeme. Abschließend wurden wichtige Meilensteine aus den Assoziationen für Seismologie und Physik der Erde (IASPEI), Vulkanismus und Chemie der Erde (IAVCEI) und aus der Geophysik gezeigt. Im Bereich der Erdbebenforschung führten zunehmende Rechenleistung und die Einführung des Internets zu einem besseren Verständnis des hochdynamischen Phänomens Erdbeben. Ein weltumspannendes Netz von Seismographen ermöglicht den Seismologen heute Erdbebenkatastrophen besser zu verstehen. In der Vulkanismus-Forschung liegen aktuelle Trends, u. a., in der Modellierung und Vorhersage von Eruptionen. Feldbasierte Studien werden ergänzt durch präzise Rechenroutinen und geochemische Daten. Der letzte Vortrag beleuchtete die Geschichte der Geophysik vor und nach Gründung der IUGG im Jahr 1919.

U10 Sea Level Change and Variability: Past, Present and Future

Manuel Schilling

In dieser zweigeteilten Session wurden zunächst die einzelnen Beiträge zum Anstieg des Meeresspiegels präsentiert. Diese umfassen die thermale Ausdehnung und Änderung des Salzgehaltes der Ozeane sowie des Abschmelzens der Eismassen in Gletschern und den Eisschilden. Die genannten Beiträge wurden in der historischen Entwicklung sowie mit einer Prädiktion in die Zukunft dargestellt. Für die Messung von Temperatur und Salzgehalt bis in Tiefen von 2.000 m gibt es erst seit 2006 eine globale Abdeckung mit frei schwimmenden Sensoren. Es

gibt Hinweise auf die Erwärmung der Tiefsee unterhalb von 2.000 m, die etwa 10 bis 15 % des Anteils an der Erwärmung der Ozeane ausmacht. Die Erfassung von Daten in diesen Tiefen bleibt auch in Zukunft eine Herausforderung. Der Anteil der Gletscher an der gesamten Eismasse ist relativ klein, jedoch schmelzen die Gletscher deutlich schneller als die Eisschilde, sodass derzeit der Anteil am Meeresspiegelanstieg vergleichbar mit denen der Antarktis und Grönland ist. Für die Prädiktion der zukünftigen Entwicklung werden einzelne Gletscher anhand historischer Daten modelliert, sodass zumindest regionale Vorhersagen möglich sind. Der Beitrag der Antarktis und Grönlands am Meeresanstieg hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen. Die Vorhersage der Entwicklung der Eisschilde ist insbesondere in der Antarktis mit großen Unsicherheiten versehen, da die Interaktion mit dem Ozean bisher wenig verstanden ist, jedoch eine große Rolle spielt. Ein zweiter Vortragsblock widmete sich der Erfassung und Erklärung der Meeresspiegeländerung. Dies schloss die Bestimmung und Modellierung der vertikalen Landbewegung, z.B. verursacht durch postglaziale Landhebung, zur Korrektur von Pegelablesungen ein. Ein Beispiel regelmäßig wiederkehrender Variationen im Meeresspiegel ist die El Niño Southern Oscillation. Insbesondere durch Satellitenmethoden, wie der Satellitenaltimetrie und Schwerfeldmissionen, konnten in den letzten Jahrzehnten räumliche sowie zeitliche Variationen des Meeresspiegels erfasst werden, die für Pegelmessungen an Küsten unsichtbar bleiben. Die Kombination dieser Methoden trägt zur Erklärung extremer Wetterphänomene bei und ermöglicht die Vorhersagen wie z.B. einen überdurchschnittlich stark ausgeprägten El Niño in der zweiten Jahreshälfte 2015.

U11 Early Career Scientists Symposium

Lars Leßmann und Manuel Schilling

In der Session U11 stellten die Preisträger des IUGG *Early Career Scientist Awards* ihre Arbeiten vor. Die ersten Vorträge behandelten das Thema Gletscher und zeigten auf, dass Gletscher zwar hohe zeitliche Variabilität aufweisen, jedoch auf äußere Einflüsse erst mit zeitlichen Verzögerungen von 10 bis 100 Jahren reagieren. Unter diesem Gesichtspunkt lässt sich der anthropogene Einfluss auf Gletscher erst seit 1980 signifikant nachweisen. Aufgrund der zeitlichen Verzögerung muss aber in der Zukunft mit einer vom Menschen verursachten deutlichen Massenabnahme gerechnet werden. Anhand von Modellrechnungen wird der Einfluss abschmelzender Gletscher auf beeinflusste Flusssysteme simuliert. Prognosen gehen von einem Anstieg der eingespeisten Wassermenge bis zum Jahr 2100 aus, wobei danach eine Abnahme der Abflussmengen erster Flusssysteme prognostiziert wird. Der zweite Vortragsblock orientierte sich thematisch an der Wirkung organischer und anorganischer Stoffe in der Atmosphäre und der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Ozean. Organische Aerosole haben einen hohen An-

teil an den Partikeln in der Atmosphäre und sind abhängig von der Landnutzung aber auch von Temperaturänderungen. Die Interaktion dieser organischen Partikel mit den übrigen Bestandteilen der Atmosphäre ist bisher wenig erforscht. Gleichzeitig ist der natürliche Anteil in der Atmosphäre nicht bekannt, sodass sich der anthropogene Anteil nicht beurteilen lässt. Ein Beispiel für anorganische Partikel in der Atmosphäre und der Wechselwirkung



Foto: C. Voigt

Impressionen aus Prag

mit dem Ozean wird am Beispiel Afrikas deutlich. In Abhängigkeit der Menge Staub, die durch Wind auf den Atlantik getragen wird, sinkt die Oberflächentemperatur des Atlantiks. Bedingt durch niedrigere Temperaturen an der Ozeanoberfläche sinkt wiederum der Niederschlag auf dem Kontinent, sodass mehr Staub durch Wind auf den Ozean getragen wird. In beiden Fällen sind die organischen und anorganischen Aerosole nicht Bestandteil in Klimamodellen.

Der dritte Block beschäftigte sich mit den aktuellen Herausforderungen in der Modellierung von Hydrologie und Geologie sowie der Erstellung des *Global Geodetic Observing Systems*. Sowohl hydrologische Systeme als auch die Geologie der gesamten Erde lassen sich nicht als Ganzes beobachten. Daher werden Modelle benutzt, die nicht selten stark von getroffenen Annahmen abhängig sind. Dies hat zur Folge, dass es konkurrierende Modelle bzw. immer komplexere lokale Modelle gibt, die sich nicht auf andere Regionen übertragen lassen. Bezogen auf GGOS wurde die Schätzung geometrischer und gravimetrischer Parameter dargestellt, die noch nicht – wie angestrebt – gemeinsam durchgeführt wird. Im letzten Teil ging es überwiegend um Geomagnetismus. So wurden aktuelle Geodynamo-Modelle vorgestellt und deren Ergebnisse mit beobachteten Magnetfeldern von Erde und Mond verglichen. Außerdem wurde am Beispiel des Superkontinents Nuna gezeigt, wie paläomagnetische Information bei der Rekonstruktion der Bewegung der Kontinentalplatten verwendet werden. Die Session schloss mit einem Vortrag über den zunehmenden Bedarf von interdisziplinärer Arbeit in den Geowissenschaften und öffentlich zugänglichen Daten und Methoden, siehe auch Symposium U4.

4 Joint Inter-Association Symposia

JA4 Results from SWARM, Ground Based Data and Earlier Satellite Missions – Recognition of Eigil Friis-Christensen (IAGA, IAG, IAMAS)

Guy Apelbaum

SWARM ist eine Satellitenmission der ESA. SWARM wurde im November 2013 gestartet und vermisst seither das Magnetfeld der Erde sowie dessen zeitliche Änderungen. Die Beobachtungen sollen zu einem erweiterten Verständnis der Vorgänge im Erdinneren beitragen. Seit Mai 2014 stehen Daten der SWARM-Mission für die Öffentlichkeit zur Verfügung. Im Rahmen der IUGG wurden Ergebnisse der SWARM-Mission aus den Bereichen Erdmagnetfeld, Ionosphäre/Thermosphäre und Geodäsie präsentiert. Erste SWARM-basierte Erdmagnetfeldmodelle wurden vorgestellt und zeigen eine im Vergleich zu früheren Modellen höhere räumliche Auflösung. Eine Verbesserung speziell für das lithosphärische Magnetfeld wird durch Implementierung robuster Auswertealgorithmen erwartet. Aus dem Bereich Ionosphäre/Thermosphäre wurden einige Studien präsentiert, bei denen SWARM-Magnetometer zum einen zur Berechnung einer Karte der »Birkeland Ströme« genutzt wurde und zum anderen hilfreich waren, um die Beziehungen zwischen PC-Index und Strömen entlang der magnetischen Feldlinien sowie den Einfluss akustischer Scherwellen auf besagte Ströme besser zu verstehen. Die Daten der Beschleunigungsmesser sind zurzeit durch ungewünschte Signale beeinflusst. Um die nutzbaren hochfrequenten Informationen zu ermitteln, wurden die Messungen erfolgreich mit Beschleunigungsinformationen aus den GPS-Daten kombiniert. Dadurch wurde ein vorläufiger kalibrierter Datensatz mit gravitationsunabhängigen Beschleunigungen erstellt.

JG1 Dynamics of the Cryosphere from Geometric and Gravimetric Observations (IAG, IACS)

Marin Horwath

In den vergangenen ein bis zwei Jahrzehnten wurden dramatische Veränderungen von Eisschelfen und Gletschern weltweit messbar. Solche Änderungen erstrecken sich über eine große Breite räumlicher und zeitlicher Skalen, wobei lokale Eisdickenänderungen von Zehnmetern pro Jahr ebenso wesentlich sind wie räumlich ausgedehnte, schwer detektierbare Änderungen von wenigen Millimetern pro Jahr im Inneren des Antarktischen Kontinents. Die Geodäsie bietet ein System komplementärer Beobachtungstechniken: Die Satellitenaltimetrie erlaubt die Beobachtung von Oberflächenhöhenänderungen. Fernerkundungsmethoden wie Radar-Interferometrie erlauben die Erfassung von Gletscher-Fließgeschwindigkeiten. Satellitengravimetrie, insbesondere durch die Mission GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*) ist direkt sensitiv für Massenumverlagerungen in räumlichen Skalen bis zu einigen hundert Kilometern. Komplemen-

tär dazu beobachtet GNSS Erdkrustendeformationen, die als Reaktion auf veränderte Eisauflasten auftreten, neben einer sofortigen elastischen Reaktion vor allem die langzeitige, viskose Reaktion des Erdmantels (Glazial-Isostatische Ausgleichsbewegungen, GIA). Flugzeuggestützte und bodengestützte Messungen bilden eine wesentliche Ergänzung sowie Kalibrierungs- und Validierungsmöglichkeit für Satellitenverfahren. Um Veränderungsprozesse zuverlässig zu verfolgen und zu verstehen, sind geodätische Verfahren untereinander und mit Verfahren anderer Disziplinen zu kombinieren. Insbesondere gelingt die Unterscheidung von Effekten gegenwärtiger Eismassenänderungen und GIA kaum anhand eines einzelnen Verfahrens.

Entsprechende synergetische Kombinationen der Beobachtungsverfahren untereinander und mit geophysikalischer und glaziologischer Modellierung sind in den letzten Jahren stark vorangeschritten und standen im Mittelpunkt dieser gemeinsamen Session von IAG und IACS (*International Association of Cryospheric Sciences*). Die Session erwies sich als äußerst attraktive Bühne für die Präsentation und Diskussion der Nutzung geometrischer und gravimetrischer Beobachtungen zur Untersuchung von Prozessen der Kryosphäre. Die 25 Beiträge deckten ein breites Spektrum von Untersuchungen von Landeis-Prozessen und Reaktionen der festen Erde ab, das Prozessanalysen für einen Gletscher im Pamir ebenso einschloss wie GIA in der Region der Patagonischen Eiskappen, Erweiterungen rheologischer Annahmen der GIA-Modellierung ebenso wie Untersuchungen zur Dynamik des einzigen Fennoskandischen Eisschildes. Der Schwerpunkt lag jedoch auf der gemeinsamen Analyse von GRACE und Altimetrie über Eisschelfen und veranschaulichte das Entwicklungsfeld solcher synergetischen Ansätze. Einige Beiträge konzentrierten sich auf inter-annuale Volumen- und Massenvariationen des Antarktischen Eisschildes, die sie mit Schneekumulationsvariationen in Verbindung brachten, die dem Muster einer zirkum-antarktischen Welle folgen. Andere, wie I. Sasgen (GFZ Potsdam), kombinierten GRACE und Satellitenaltimetrie, um in deren linearen Trends die Anteile durch GIA von den Anteilen durch Eismassenänderungen zu isolieren und den GIA-Teil zusammen mit verfügbaren GPS-Vertikalraten als Randbedingung für eine Verfeinerung geophysikalischer GIA-Modellierung zu nutzen. Einige Vorträge behandelten Aspekte einzelner Sensoren im Detail. Für die noch junge Radaraltimetermission CryoSat zeigte sich deutlich die Abhängigkeit der Ergebnisse und der Genauigkeit von Einzelheiten der Datenanalyse. Mit der Vorstellung der Mission ICESat-2, deren Start für 2017 geplant ist, wurde ein Blick auf zukünftige Möglichkeiten der Laseraltimetrie eröffnet. Weitere Beiträge beleuchteten die Herausforderung, in GNSS-basierten Krustenbewegungsraten (horizontal und vertikal) GIA-Effekte von Plattentektonischen Effekten zu unterscheiden.

JG2 Modelling the Atmosphere and Ionosphere by Space Measurements (IAG, IAGA, IAMAS)

Jens Wickert

Die Session JG2 bei der IUGG 2015 wurde als gemeinsames Symposium von verschiedenen geophysikalischen Assoziationen veranstaltet (IAG, IAGA, IAMAS) und war dementsprechend sehr interdisziplinär ausgerichtet. Die Session wurde von Marcelo Santos (Kanada, IAG), Hanli Liu (USA, IAMAS) und Jens Wickert (Deutschland, IAG) organisiert und geleitet. Es gab insgesamt zwölf wissenschaftliche Vorträge (vier davon eingeladen) in drei Blöcken, die durch 21 Beiträge in einer Poster-Session ergänzt wurden.

Im Mittelpunkt des ersten Vortragsblocks standen Präsentationen zur Fernerkundung atmosphärischer Schwerewellen mit Satellitenmessungen, ergänzt durch Untersuchungen zu Gezeiteneffekten in Ionosphäre und Thermosphäre mit CHAMP- und GRACE-Messungen. Schwerewellen spielen eine wichtige Rolle für den Antrieb der globalen atmosphärischen Zirkulation und werden mit den Instrumenten HIRDLS (auf Satellit AURA, Start 2004) und SABER (auf TIMED, Start 2011) beobachtet. Neuere Untersuchungen zu Schwerewellen nutzen auch die vertikal hochauflösenden GPS-Radiookkultationsdaten. Damit wird auch die Brücke zu den geodätisch basierten Beobachtungsverfahren mit Navigations-satelliten geschlagen, die für die vorgestellten Studien in den nächsten Vortragsblocks genutzt werden. Der zweite Vortragsblock stand im Fokus der Ionosphäre. Schwerpunkte waren hier Untersuchungen zur Entwicklung globaler Modelle für den *Total Electron Content* (TEC) und zu ionosphärischen Szintillationen, die zum Teil Ergebnis der Arbeit der IAG-Studiengruppe 4.3.1 *Ionosphere Modelling and Analysis* zwischen 2011 und 2015 war. Eine weitere Studie beschäftigte sich mit der Charakterisierung der geometrischen Ausdehnung und Ausbreitung sporadischer E-Schichten mit GNSS-Bodenmessungen. Schwerpunkt der dritten Vortragsreihe waren Untersuchungen zur elektrisch neutralen Atmosphäre, die mit einem Übersichtsvortrag zu »Neutraler Atmosphäre und Geodäsie« eingeleitet wurde. Es gab spezifische Präsentationen zur GNSS-Tomografie, zum Einfluss atmosphärischer Turbulenz auf VLBI-Messungen und zur Entwicklung eines empirischen atmosphärischen Modells in Asien. Der Höhepunkt des Vortragsblocks war ein umfangreicher Vortrag zu den Ergebnissen der sehr erfolgreichen EU geförderten COST-Aktion ES1206: *Advanced Global Navigation Satellite Systems tropospheric products for monitoring severe weather events and climate* (GNSS4SWEC). Diese Initiative wurde 2013 gestartet und läuft über einen Zeitraum von vier Jahren. Hervorzuheben ist die breite internationale Beteiligung von fast 30 Ländern bei einem hohen Anteil aus Osteuropa. Zwei IAG-Arbeitsgruppen sind sehr eng mit dieser Aktion verknüpft: WG 4.3.2 *Inter-comparison and cross-validation of tomography models* und WG 4.3.3 *Integration of GNSS atmosphere models*

with NWP models. Den Hauptanteil der Poster-Session bildeten Beiträge zu troposphärischen Untersuchungen mit GNSS-Daten mit Schwerpunkten zur Datenprozessierung, aber auch Anwendung der GNSS-basierten Datenprodukte. Besonders hervorzuheben ist die geographische Vielfalt der Autoren. Neben den bereits länger auf diesem Gebiet aktiven westeuropäischen Ländern gab es Beiträge aus Osteuropa, Asien und Südamerika.

JH03 Assessment of Climate and Anthropogenic Changes Impacts on the Terrestrial Hydrosphere (IAHS, IAMAS) / JG03 Variations of the Hydrosphere from Satellite Gravity Missions (IAG, IAHS) und JH1 Extreme Hydrological Events (IAHS, IACS, IAG)

Annette Eicker

Die Sessions JH1 und JH03/JG03 wurden federführend durch die International Association of Hydrological Sciences (IAHS) unter Beteiligung der IAG organisiert. Geodätische Beiträge beschäftigten sich mit der Untersuchung des globalen und regionalen hydrologischen Kreislaufes mit Hilfe geodätischer Beobachtungsverfahren. Im Vordergrund stand dabei die Nutzung der durch die Satellitenmission GRACE beobachteten Schwerefeldänderungen und der daraus abgeleiteten hydrologischen Massenvariationen. Nach wie vor große Bedeutung hat in diesem Zusammenhang die für viele hydrologische Anwendungen notwendige Verbesserung der räumlichen Auflösung der GRACE-Produkte, die beispielsweise durch die Entwicklung verbesserter Filtermethoden und durch die damit einhergehende Verringerung des Leakage-Effektes erreicht werden kann. Als alternative Möglichkeit für die Ableitung kleinräumiger Wasserspeicheränderungen gewinnt die Kombination der langwelligen Schwerefeldmodelle mit räumlich höher auflösenden Fernerkundungs- und Radaraltimetriedaten zunehmend an Bedeutung, wie am Beispiel des Kongo-Einzugsgebiets gezeigt werden konnte. Nachdem die Analyse der aus GRACE abgeleiteten linearen Massentrends schon länger wichtige Erkenntnisse zu klimarelevanten Phänomene liefern, erlauben inzwischen die länger werdenden Zeitreihen auch zeitliche Veränderungen dieser Trends zu detektieren. Diese Veränderungen liefern in manchen Regionen erste Anzeichen für eine Beschleunigung des Wasserkreislaufes im Sinne einer Zunahme an Niederschlag und Verdunstung. Neben der Beobachtung des hydrologischen Kreislaufes war die Verbesserung hydrologischer Modelle ein wichtiger Schwerpunkt. In diesem Zusammenhang seien insbesondere die Abbildung anthropogener Einflüsse, wie beispielsweise Grundwasserentnahmen und Landnutzungswandel, sowie die Trennung zwischen menschlichen Einflüssen und natürlicher Klimavariabilität als besondere Herausforderungen genannt. Um der zunehmenden Bedeutung der menschlichen Interaktionen auf den Wasserkreislauf und deren vielschichtigen Rückkopplungsprozessen in Zukunft angemessen Rechnung zu tragen, wurde vorgeschlagen, dass mit der Sozio-Hydrologie ein

komplett neues Wissenschaftsgebiet auf der Schnittstelle von Natur- und Sozialwissenschaften etabliert werden sollte. Um die Austauschprozesse zwischen Landoberfläche und Atmosphäre, wie beispielsweise Verdunstung und Niederschlag, konsistenter modellieren zu können, gehen neue Entwicklungen in Richtung einer Implementierung voll gekoppelter Hydrologie-Atmosphärenmodelle. Eine weitere wichtige Aufgabenstellung ist die Verbesserung der Modellergebnisse durch direkte Kombination von Modellen und Beobachtungen im Sinne einer Datenassimilation, wodurch eine realitätsnähere Beschreibung der Wasserspeichervariationen sowie eine verbesserte Vorhersagefähigkeit der Modelle zu erwarten ist.

Die geodätische Beobachtung der Hydrosphäre war ebenfalls Gegenstand der IAG-Arbeitsgruppe JWG 2.7 *Land Hydrology from Gravimetry* (Vorsitz A. Eicker, Bonn und L. Longeuvigne, Frankreich), die für die Periode 2011–2015 eingerichtet wurde und auf der IUGG *General Assembly* in Prag ihren Abschluss fand. Wichtigster Beitrag der Arbeitsgruppe war die Definition von Anforderungen der hydrologischen Nutzergemeinschaft an eine zukünftige Generation von Satelliten-Schwerefeldmissionen. Als Teil einer interdisziplinären Initiative von IUGG und IAG (Leitung R. Pail, München) erarbeitete ein 30-köpfiges hydrologisches Expertengremium die Verbesserung der räumlichen Auflösung und eine Verlängerung der Zeitreihe zur besseren Ableitung von Trends als Hauptziele einer zukünftigen Mission¹. Allerdings wurde auch eine Erhöhung der zeitlichen Auflösung, beispielsweise für die Untersuchung von Überflutungereignissen, als wichtig angesehen. In Abstimmung mit parallel eingerichteten Arbeitsgruppen in den Anwendungsfeldern Ozean, Eis und feste Erde wurde eine Genauigkeit von 5 mm Wasseräquivalent bei einer räumlichen Auflösung von 400 km als signifikante Verbesserung gegenüber der aktuellen Situation definiert, was die Einrichtung einer neuen Satellitenmission rechtfertigen würde.

JP01 Sea Level Change and Variability: Past, Present and Future (IAPSO, IAG, IACS)

Christian Voigt

Das Symposium JP01 war als Fortsetzung und Ergänzung des Union-Symposiums U10 mit dem gleichen Titel gedacht. Der Meeresspiegelanstieg ist eine der bedeutendsten Folgen des Klimawandels und damit sowohl für die Wissenschaft als auch für die Öffentlichkeit gleichermaßen von besonderem Interesse. Die komplexe Thematik berührt neben vielen wissenschaftlichen Feldern wie Ozeanographie, Geodäsie, Kryosphäre, feste Erde, Hydrologie und Atmosphäre auch das Küstingenieurwesen und die Küstenplanung. Das Symposium behan-

¹ Siehe Pail, R., IUGG, Writing Team: Observing Mass Transport to Understand Global Change and Benefit Society: Science and User Needs, An international multi-disciplinary initiative for IUGG. In: Pail, R. (eds.) DGK, Reihe B, Heft 320, 2015.

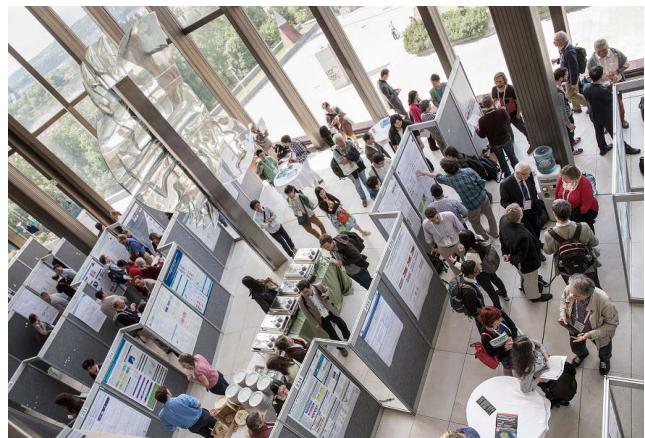


Foto: C. Voigt

Impressionen von der IUGG-Generalversammlung

delte Beiträge zum Thema der regionalen und globalen Meeresspiegelschwankungen und langzeitlicher Veränderungen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Das zentrale Thema des Symposiums war die Prognose der Meeresspiegelveränderung in der Zukunft. In der ersten Session wurden u.a. die Ergebnisse einer Konsistenzuntersuchung von Pegel- und Satellitenbeobachtungen mit Ozeanmodellen präsentiert. Zwar können die räumlichen Muster mit Hilfe geodätischer Techniken grundsätzlich gut erfasst werden, doch zeigte sich auch, dass die zugrunde liegenden physikalischen Prozesse und Mechanismen noch besser verstanden werden müssen. Neben den üblichen Analysen basierend auf mittleren Meeresspiegeln, gab es auch alternative Ansätze. So beschäftigte sich beispielsweise P. Woodworth (Liverpool) mit der Entwicklung von extremen Meeresspiegeln, was von großer Bedeutung bei der Planung und Errichtung von Küstenschutzmaßnahmen ist. Die von ihm selbst geleitete zweite Session wurde mit einem Beitrag zur robusten statistischen Modellierung der Unsicherheiten in den Altimeter- und Pegel-Zeitreihen beendet. Eine verbesserte und statistisch unangreifbare Modellanpassung an Zeitreihen des globalen mittleren Meeresspiegels ist von entscheidender Bedeutung nicht zuletzt im Hinblick auf zukünftige politische Entscheidungen.

JP04 Satellite Oceanography and Climatology (IAPSO, IAG)

Christian Voigt

Dieses von IAPSO und IAG gemeinsam organisierte Symposium hatte die Zielsetzung, die Nutzung von Satellitenbeobachtungen der Ozeane in einem größeren Bereich der Ozean- und Klimawissenschaften zu fördern. Dazu passend wurde das Symposium mit einem eingeladenen Beitrag von J. L. Fellous (Paris) über die Satellitenmissionen zur Beobachtung der Ozeane eröffnet. Neben einem historischen Überblick ging er auch auf die aktuellen und zukünftigen Missionen ein. An dieser Stelle seien stellvertretend die Sentinel-Missionen der ESA und die SWOT-Mission der NASA genannt. In einem weiteren nennenswerten Beitrag präsentierte C. Hughes (Liverpool) aktuelle Ergebnisse zur dynamischen Ozeantopographie

und den signifikanten Beitrag durch die Integration von GOCE-Modellen. K. Ichikawa (Kasuga) stellte Japans Forschungsprogramm über die Nutzung von GNSS-Reflektometrie zur kontinuierlichen und hochauflösenden Ozeanbeobachtung vor. Die zweite Session des Symposiums war mit etwa zehn Zuschauern leider nur sehr spärlich besetzt. Die Ursache darin liegt vermutlich zum einen in den parallel laufenden vier IAPSO- und zwei IAG-Symposien. Zum anderen war die Session sehr einseitig besetzt. Neben einem weiteren eingeladenen Beitrag zur spannenden Ozeanographie im Bereich von Südafrika, wo die Ozeanströme Agulhas und Benguela auf den Antarktischen Zirkumpolarstrom treffen, war die Session fest in russischer Hand und ähnelte eher einem Hauskolloquium. Dabei ging es fast ausschließlich um die Nutzung von SAR-Bildern in der Ostsee (Danziger Bucht sowie Frisches und Kurisches Haff) zur Detektion und Unterscheidung von Dipolstrukturen, Meereis und Ölklecken.

5 IAG Symposia

G01 Reference Frames

Axel Nothnagel

Die Thematik der Referenzsysteme und ihrer Realisierungen war in der Session G01 mit insgesamt 34 Vorträgen und 37 wissenschaftlichen Postern außerordentlich gut vertreten. Dabei wurde die ganze Bandbreite der Themen von den himmelfesten über die globalen terrestrischen bis hin zu regionalen Netzen abgedeckt. So steht der himmelfeste Referenzrahmen in der Realisierung des *International Celestial Reference Frame* mit dem ICRF-3 vor einer Neufassung und auch die Arbeiten zum ITRF2014, der nächsten Realisierung des *International Terrestrial Reference Systems*, wurden in mehreren Beiträgen behandelt. Der Einfluss von Auflasteffekten und nicht-lineare Stationsbewegungen gehörten zu den bemerkenswerten Themen in diesem Zusammenhang. In verschiedenen Vorträgen und Postern kam zum Ausdruck, dass eine direkte Verbindung der rein geometrischen Verfahren (VLBI, SLR, GNSS und DORIS) mit dem globalen Schwerefeld den Weg in die Zukunft der Referenzsysteme darstellt. Obwohl es hier vielerlei Anfangsschwierigkeiten gibt, haben die Beiträge gezeigt, dass eine Kombination von Satellitenschwerefeldmissionen, bei denen die Satelliten über GNSS- oder DORIS-Sensoren verfügen, mit den rein geometrischen Verfahren möglich ist und sinnvolle Ergebnisse liefert. Diese Verknüpfung ist auch die Vorgehensweise, die sich die Akteure von GGOS zum Ziel gesetzt haben. Neben der Thematik der praktischen Realisierungen wurden auch einige methodische Ansätze vorgestellt, die eine Weiterentwicklung der Referenzsysteme ermöglichen. Aus deutscher Sicht war erfreulich, dass eine namhafte Zahl von Beiträgen deutscher Akteure präsentiert wurde, und auch die DFG-geförderte Forschergrup-

pe »Space-Time Reference Systems for Monitoring Global Change and for Precise Navigation in Space« war mit fünf Vorträgen und drei Postern auf dieser Veranstaltung vertreten. Schließlich sollte auch noch erwähnt werden, dass die politische Komponente Einzug in die Aktivitäten rund um die Referenzsysteme gehalten hat. So wurde in einem Vortrag darüber berichtet, dass mit der Resolution »A global geodetic reference for sustainable development« der UN Generalversammlung vom 18. Februar 2015 ein entscheidender Schritt getan ist, die Notwendigkeit und die Bedeutung eines globalen Referenzsystems für die nachhaltige Entwicklung in das Bewusstsein der weltweiten aber auch der nationalen Politik zu rücken.

G02 Static Gravity Field Models and Observations

Bernhard Heck

In ca. 70 Vorträgen, die auf zwölf Sessions über vier Tage verteilt waren, und über 60 Poster-Präsentationen wurde im Symposium G02 über Fortschritte im Bereich der Modellierung des stationären Erdschwerefeldes sowie instrumentelle und messtechnische Aspekte berichtet. Nach der erfolgreichen Beendigung der GOCE-Schwerefeldmission im Jahr 2013 und der Freigabe finaler Produkte werden nunmehr neue Anwendungen in der hochpräzisen regionalen und globalen Schwerefeldmodellierung ermöglicht. Durch Kombination mit anderen Datensätzen aus Altimetrischen, terrestrischen und flugzeuggestützten Schweremessungen, digitalen Höhen- und Dichtemodellen sowie GNSS-Nivellements konnten neue Erkenntnisse in Bezug auf die Schaffung globaler Höhensysteme sowie in anderen Geowissenschaften gewonnen werden. Vor diesem Hintergrund stand die Erzeugung regionaler und globaler Schwerefeldmodelle insbesondere aus GOCE-Daten und weiteren Datensätzen sowie die Validierung dieser Ergebnisse mit Hilfe des GNSS-Nivellements im Mittelpunkt des Symposiums.

In einem ersten Themenblock wurden neuere methodische Entwicklungen hinsichtlich der Theorie und Numerik geodätischer Randwertprobleme vorgestellt. Mehrere Vorträge behandelten die analytische Lösung ellipsoidischer Randwertprobleme mit unterschiedlichen Methoden (Galerkin-Verfahren, sphärische Approximation mit ellipsoidischer Korrektur) sowie die numerische Lösung mit der Methode der Finiten Elemente. Hauptthema der zweiten Session war die approximative mathematische Darstellung des globalen bzw. regionalen Schwerefeldes mit Hilfe von Punktmassen, radialen Basisfunktionen und sphärischen Wavelets, die eine Kombination von Ergebnissen der Schwerefeldmissionen mit der Satellitenaltimetrie und terrestrischen Schweredaten zulassen. Trotz großer Fortschritte bei der Füllung weißer Flächen mit Schweremessungen ist die gegenwärtige Datenüberdeckung für die hochgenaue regionale Schwerefeldmodellierung in vielen Bereichen noch immer unzureichend. Hier bietet sich die Nutzung von digitalen Höhenmodellen und seismischen Dichtemodellen an, die wiederum

eine möglichst effiziente Berechnung der Wirkungen diskreter Massenelemente auf Schwerefeldgrößen erforderlich machen. Auch die Fluggravimetrie, gegebenenfalls in Kombination mit terrestrischen Schweremessungen und/oder den neuesten globalen GOCE-Schwerefeldmodellen, kann für diesen Zweck gewinnbringend eingesetzt werden, wie in mehreren Vorträgen deutlich wurde; problematisch ist in diesem Zusammenhang die Fortsetzung des Schwerefeldes nach unten, die die Anwendung von Regularisierungsverfahren erfordert. Der Zusammenhang zwischen der Bestimmung von Schwerefeldparametern und der Berechnung von Satellitenbahnen wurde in der vierten Session behandelt. Einzelne Beiträge waren den mathematischen Grundlagen für die Bestimmung der nächsten Generation von globalen Schwerefeldmodellen aus Missionen vom CHAMP/GRACE-Typ, nichtlinearen Korrekturen in den Bahnstörungen, der Parameterschätzung in der dynamischen Bahnanalyse, der Nutzung der Rosborough-Darstellung bei der Analyse der GRACE-K-Band-Messungen und der Lösbarkeit von Schwerefeldparametern bei Wiederholungsbahnen gewidmet.

Die Prozessierung von GOCE-Akzelerometermessungen stand im Fokus der fünften Session. Im Besonderen wurden Vorschläge zur Kalibrierung der differentiellen Beschleunigungsmessungen mit Hilfe von GRACE-Ergebnissen und Filtermethoden bei der Prozessierung von Gradiometermessungen diskutiert. Ferner wurde die Qualität von GOCE Level 1b Gradiometerdaten in der Umgebung der magnetischen Pole analysiert, wo Störungen infolge verstärkter Sonnenaktivität sichtbar sind. Die thematisch inhomogene sechste Session befasste sich schwerpunktmäßig mit der Verarbeitung und Nutzung des vollständigen Datensatzes der GOCE-Schwerefeldmission. Eine Gegenüberstellung der GOCE-Schwerefeldmodelle DIR5 und TIM5 zeigte eine leichte Überlegenheit des DIR5-Modells beim Vergleich mit dem GNSS-Nivellement und eine deutliche Verbesserung gegenüber EGM2008. Ferner wurden aus den Daten der Gesamtmission Gitter von Schweregradienten in Satellitenhöhe berechnet und für weitere Anwendungen bereitgestellt. In der siebten Session standen numerische Aspekte bei der Berechnung globaler und regionaler Schwerefeld- und Geoidmodelle im Vordergrund. Im Zusammenhang mit der Verwendung hochauflösender digitaler Höhenmodelle für die Darstellung der ultra-kurzweligen Komponenten des Schwerefeldes treten Kugelfunktionsreihen extrem hohen Grades auf, die zu Stabilitätsproblemen bei der Berechnung der zugeordneten Legendreschen Funktionen führen. Neben generellen Vorschlägen zur Handhabung von Rekursionsverfahren wurde Software vorgestellt, die eine stabile Berechnung bis Grad und Ordnung 21.600 erlaubt. Als Alternative zu Kugelfunktionen wurde die Darstellung mittels ellipsoidischer harmonischer Funktionen empfohlen. Die Beiträge zur achten Session waren auf die aus den GRACE- und GOCE-Missionen resultierenden globalen Geopotenzialmodelle fokussiert. Rein aus GRACE-Daten wurde die Folge GGM05 mittlerer Schwei-

refeldmodelle an der University of Texas berechnet und einer durchgreifenden Qualitätskontrolle unterzogen. Als Alternative wurde an der Wuhan University/China ein Geopotenzialmodell unter Nutzung der Invarianten des GOCE-Gradiententensors erstellt. Von deutschen Institutionen wurden drei verschiedene Lösungen vorgestellt: ein GPM vom Grad 720 aus der Kombination von GRACE-, GOCE- und terrestrischen Schweredaten (TU München),



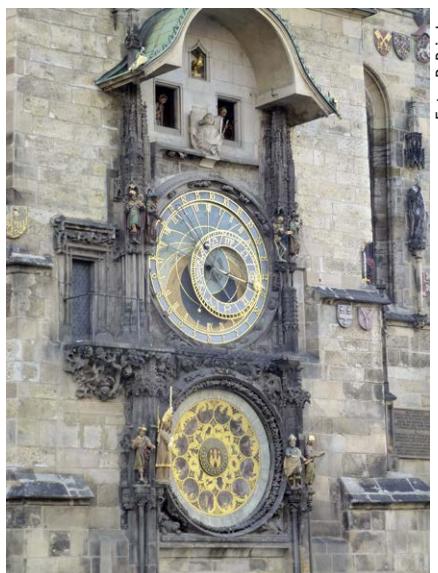
Foto: C. Voigt

Kongresszentrum Prag

eine verbesserte Version des GOCE-Only-Modells EGM_TIM_RL05 (GFZ Potsdam) und das aus der Kombination von GRACE-, GOCE- und LAGEOS-Messungen entstandene Modell EIGEN-6S4.

In der neunten und zehnten Session wurden die neuesten Ergebnisse regionaler (Quasi-)Geoidberechnungen in verschiedenen Ländern präsentiert. In der Regel wurden diese durch Kombination von vorhandenen, aus GRACE- und GOCE-Messungen abgeleiteten Geopotenzialmodellen und terrestrischen Schweremessungen sowie digitalen Höhenmodellen erstellt und mit Hilfe von GNSS-Nivellementsergebnissen validiert. Regionale Studien und Analysen wurden für die Bereiche SE-Asien, Antarktis, Nord- und Zentralamerika, Afrika, Skandinavien, das Mittelmeer, die Türkei und China vorgestellt. Zentrales Thema der elften Session waren messtechnische Fragen im Zusammenhang mit terrestrischen Schweremessungen. Nachdem das aktuelle Schwererreferenzsystem ISGN71 moderne Anforderungen nicht mehr erfüllen kann und die Genauigkeit ballistischer Messsysteme deutlich besser ist als die Definition des ISGN71, wurde die Etablierung eines zeitgemäßen Referenzsystems auf der Grundlage der Absolutgravimetrie gefordert; diese Forderung wurde schließlich durch eine IAG-Resolution bei der IUGG-Generalversammlung unterstrichen. In die Zukunft reicht der Vorschlag, die Quantenphysik und die Relativitätstheorie im Zusammenhang mit hochgenauen Uhren für geodätische Anwendungen, insbesondere die Höhenbestimmung, nutzbar zu machen. In der zwölften Vortragssession wurde die Nutzung von flugzeuggetragenen Schwerefeldsensoren diskutiert. Neben neuen Erfahrungen mit der Fluggravimetrie im GEOHALO-Projekt wurden Ideen zur Kombination von Fluggravimetrie und

Satellitenbeobachtungen über dynamische Netze vorgestellt. Ferner wurde über den aktuellen Stand bei der Verarbeitung von fluggravimetrischen Daten im Zusammenhang mit der Re-Definition des amerikanischen vertikalen Datums (GRAV-D-Projekt) berichtet. In den Postern wurden verschiedene Aspekte der zuvor genannten Themenbereiche aufgegriffen und vertieft. Insgesamt gab das Symposium G02 einen sehr aktuellen und umfassenden Überblick über die wissenschaftlichen Aktivitäten im Bereich der globalen und regionalen Schwerefeldbestimmung und interessante Ausblicke auf die Zukunft dieses hochinteressanten und interdisziplinären Forschungsreichs.



Impressionen
aus Prag

G03 Variations of the Gravity Field Johannes Bouman und Christian Gruber

Vor 15 Jahren hatte die Erforschung des zeitvariablen Erdschwerefeldes eine eher untergeordnete Rolle, die sich 2002 dank des Starts der Satellitenmission GRACE zu einem wichtigen geodätischen Beitrag zur Erdsystemforschung gewandelt hat. Klimarelevante Phänomene wie Eismassenbilanz, Meeresspiegelanstieg sowie hydrologische Änderungen werden mit Hilfe von GRACE-Daten in Kombination mit anderen Daten erfasst und analysiert. Bei der IUGG 2015 Konferenz in Prag wurde der jetzige Kenntnisstand sowie Ausblicke in die Zukunft in etwa 85 Beiträgen, verteilt über acht Sessions und eine Poster-Session, vorgestellt und diskutiert.

Globale GRACE-Modelle des Erdschwerefeldes werden routinemäßig mit einer räumlichen Auflösung von etwa 350 km monatlich geliefert. Neue Methoden zur Verbesserung der räumlichen und zeitlichen Auflösung wurden vorgestellt, wobei auch die Kombination mit Satellitentimetrie sowie GNSS zum Zuge kam. Eine neue wichtige Anwendung von GRACE wird zurzeit untersucht und die Einrichtung eines gravimetrischen Dienstes (EGSIEM – *European Gravity Service for Improved Emergency Management*) wurde vorgestellt. Im Projekt EGSIEM, ge-

fördert durch das Horizon2020 Rahmenprogramm für Forschung und Entwicklung der Europäischen Union, soll die Nutzung von Erdschwerefelddaten zur Vorhersage hydrologischer Extremereignisse, wie z.B. großflächiger Dürren und Hochwasserereignisse, erforscht werden. Der Vergleich zwischen GRACE und Superleit-Gravimetrie wurde in verschiedenen Beiträgen diskutiert. Insbesondere ist zu beachten, dass lokale und globale Signale einander überlagern, weshalb die Modellierung und Messung lokaler Effekte von entscheidender Bedeutung ist. Die GRACE-Mission nähert sich ihrem Ende. Die Zielsetzung der Nachfolgemission GRACE follow-on ist daher, die Beobachtung der Zeitreihen des globalen Schwerefeldes um mindestens weitere sechs Jahre zu verlängern. Außerdem soll das Verfahren der Laserinterferometrie erstmals im All getestet werden. Die verbesserte Messgenauigkeit, die zukünftige Schwerefeldmissionen (NGGM – *Next Generation Gravity Field Missions*) haben werden, führt zwangsläufig dazu, dass z.B. Hintergrundmodelle verbessert werden müssen und die Genauigkeit der Verarbeitungsmethoden erheblich gesteigert werden muss. Bliebe es bei dem heutigen Stand, könnte die verbesserte zukünftige Messgenauigkeit nicht voll ausgenutzt werden.

G04 Earth Rotation and Geodynamics Robert Heinkelmann

Der Bereich Erdrotation und Geodynamik wird durch die IAG-Kommission 3 »Erdrotation und Geodynamik«, Präsident (2011–2015) R. Gross, USA, vertreten. Der neue Präsident der Kommission 3 für die nächste Dauer von vier Jahren wird M. Hashimoto, Japan, sein. Im Bereich der Erdrotation und Geodynamik gab es 80 angemeldete Beiträge, von denen 75 angenommen wurden. Die 75 Beiträge waren 42 Vorträge (vier »solicited«) und 33 Poster-Präsentationen. Die Vorträge fanden innerhalb von sieben Vortragssessions und einer Poster-Session statt. Die Präsentationen lassen sich zu vier Hauptthemen gruppieren: Erdrotation (zwei Sessions), Geodynamik (zwei Sessions), Krustendeformationen (zwei Sessions) und Vergleiche von Schwere- und Höhenvariationen (eine Session).

Im Bereich Erdrotation wurden vorrangig die Themen Beobachtung, Theorie und Analyse der Erdrotation behandelt. In der Beobachtung der Erdrotation wurden vor allem Aspekte der Datenreduktion angesprochen. Besonders interessant war der Beitrag von U. Schreiber (Wetzell) zum Thema Erdrotationsbeobachtung mit Ringlaser-gyroskopen. Im Bereich der Analyse der Erdrotation kann der Beitrag von Herrn Dr. Schindelegger (Wien) herausgestellt werden, der sich mit einem alternativen Ansatz der Erdrotationsanregung durch Drehmomente anstelle der klassischen Formulierung mittels Drehimpulserhaltung befasst. Ein weiterer Beitrag ließ klar erkennen, dass das aktuelle konventionelle sub-tägliche Erdrotationsmodell (IERS Conventions 2010) kleinere Defizite aufweist.

In der Geodynamik wurden Arbeiten zu den Themen GIA, Gezeiten, Erdbeben und Erdrotationsvariationen

(z.B. durch die freie Nutation des Erdkerns und des inneren Erdkerns) mittels einer Vielzahl geodätischer Sensoren präsentiert. Zu den Sensoren, deren Beobachtungen interpretiert wurden, zählen die Satelliten-gestützten Missionen GNSS, GRACE, SAR und die terrestrischen Observatorien, vor allem der Gravimetrie sowie Neigungssensoren und Tiltmeter. Die rezenten Krustenbewegungen und Krustendeforationszonen werden vorwiegend mittels Geschwindigkeitsfeldern visualisiert und analysiert. Materialflüsse im oberen Mantel und der Asthenosphäre bilden den Antriebsmechanismus der Plattentektonik, die über Zeiträume von Millionen von Jahren gleichmäßige lineare Geschwindigkeiten der Observatorien hervorruft. An vielen Plattengrenzen kommt es wiederholt zur Akkumulation von Druck, der sich durch Bruch in Form von Erdbeben abrupt co-seismisch abbaut. Je nach Magnitude des Erdbebens können in der post-seismischen Phase oft jahrelang visko-elastische oder poro-elastische Deformationen aufgezeichnet werden, bis sich die interseismische lineare Geschwindigkeit wieder einstellt und es schließlich erneut zu einem Erdbeben kommt. Ein weiteres Schwerpunktthema waren die Vergleiche und Korrelationsanalysen von Geoid- und Höhenvariationen. Hierzu wurden Ergebnisse zur Frequenzabhängigkeit, der Eismassenvariationen, des GIA und der Ozeangezeiten- auflasten präsentiert. Ein sich abzeichnender Trend ist, dass für die einzelnen Fragestellungen immer öfter verschiedene zum Teil komplementäre Sensoren parallel herangezogen werden. In der Theorie wurde vor allem auf die Notwendigkeit einer neuen Theorie der Erdrotation eingegangen, da die Genauigkeit der aktuellen Theorie hinter der Genauigkeit der Beobachtungen zu bleiben scheint. Dieser Aspekt wird in der gemeinsamen IAU/ IAG-Arbeitsgruppe »Theorie der Erdrotation« (<http://web.ua.es/es/wgther>) vorangetrieben.

G05 GNSS++: Emerging Technologies and Applications Jens-André Paffenholz

Die IAG-Kommission 4 *Positioning and Applications* fokussierte in der Periode 2011–2015 unter dem Vorsitz von D. Grejner-Brzezinska (USA) und A. Kealy (Australien) auf die Thematik aktueller sowie neuer Positionierungs- techniken und -technologien mit dem Ziel, praktische und theoretische Lösungen für diverse Anwendungsgebiete, wie z.B. Wissenschaft und Industrie, zu liefern. Die Bearbeitung der Thematik erfolgte durch sechs Sub-Kommissionen (*Alternatives and backups to GNSS, Geodesy in geospatial mapping and engineering, Remote sensing and modelling of the atmosphere, Applications of satellite and airborne imaging systems, High-precision GNSS algorithms and applications, GNSS-reflectometry and applications*) sowie in Zusammenarbeit mit anderen IAG- Organen und Schwesterorganisationen, wie ISPRS, FIG und ION. Das von der IAG-Kommission 4 im Rahmen der IUGG 2015 in Prag ausgerichtete Symposium G05 *Emerging Technologies and Applications* war in sieben

Vortragsblöcke mit insgesamt 38 Beiträgen und in einem Posterblock mit 45 Beiträgen gegliedert.

Vorträgen über das geodätische Stereo-SAR, das die Koordinatenbestimmung durch persistent Scatterer von TerraSAR-X Beobachtungen beschreibt, folgten Ausführungen zur robusten räumlichen Approximation von 3D-Punktwolken durch Freiformflächen sowie zur Rauschmodellierung bei der Geo-Referenzierung von TLS-basierten Multi-Sensor-Systemen mittels low-cost GNSS. Es wurde über die Generierung von Multi-Sensor-Punktwolken durch kleine Drohnen berichtet, gefolgt von einem Vortrag zur Bestimmung der Flugzeuglage und -geschwindigkeit mittels LiDAR. Im nächsten Block wurde schwerpunktmäßig über GNSS-Tomographie vorgetragen, so beispielsweise über die Evaluierung von Echtzeit-Atmosphärenparametern aus Multi-GNSS durch Mikrowellenradiometer und numerische Wettermodelle. Zwei Vorträge widmeten sich der GNSS-Reflektometrie an Bord der Internationalen Raumstation. M. Semmling (GFZ Potsdam) berichtete über die Simulation des Potenzials für die Ozeanaltimetrie, J. Wickert (GFZ Potsdam) gab einen Überblick über den aktuellen Stand des GEROS-ISS-Experiments. Weitere Vorträge widmeten sich u.a. der Analyse von GNSS-Zeitreihen des türkischen Referenzstationsnetzes mittels Hilbert-Huang Transformation sowie der Korrektion von Netzwerk-RTK aufgrund nicht-linearer tektonischer Bewegungen in Neuseeland. Es wurde die LEO Orbit- und Lagebestimmung mittels low-cost Multi-GNSS-Empfängern auf einem Nanosatelliten diskutiert sowie die Rauschmodellierung der Galileo »mm-Clock«. Weitere Themen waren Multi-GNSS, Multi-Frequenz PPP-RTK-Analyse für gemischte Empfänger- netzwerke und Nutzerszenarien sowie PPP, zum einem mit Fokus auf Echtzeit und Nutzung erweiterter präziser Orbit- und Uhrprodukte, zum anderen mit Fokus aus der Verbesserung durch ionosphärische, stochastische Modellierung. Im letzten Block wurden insbesondere alternative Positionierungstechniken vorgestellt, so etwa über differenzielles Wi-Fi als einen neuen Ansatz zur Wi-Fi-Positionierung unter Nutzung von Trilateration. Daneben wurde eine neue Methode zur Kombination von Echtzeit- GNSS und MEMS-Beschleunigungsdaten im Struktur- und Bodenmonitoring vorgestellt.

Die Posterbeiträge kamen aus dem breiten Spektrum der Kommission 4, für eine Übersicht und Details wird an dieser Stelle auf www.iugg2015prague.com → Scientific programme → Complete programme → Posters → IAG Part 2 verwiesen.

G06 Unifying Height Systems Gunter Liebsch und Joachim Schwabe

Das zentrale Thema der Session war die Realisierung, Validierung und Vereinheitlichung von Höhenreferenzsystemen unter Nutzung von Schwerfeld- bzw. (Quasi-) Geoidmodellen. Letztgenannte haben durch die Satellitenschwerfeldmissionen der letzten 15 Jahre, insbeson-

dere GRACE (Start im März 2002) und GOCE (2009–2013), erheblich an Qualität gewonnenen. Strukturen der Äquipotenzialflächen mit einer räumlichen Auflösung von ca. 100 km sind in den Modellen mit einer Genauigkeit von 1 bis 2 cm enthalten. Für die Modellierung der kürzeren Wellenlängen werden auch weiterhin zusätzliche Datenquellen, wie die Daten der Satellitenaltimetrie, der terrestrischen Gravimetrie sowie digitale Geländemodelle, benötigt. Die dank der GOCE-Daten heute verfügbaren Schwerefeldmodelle bieten erstmals die Möglichkeit, ein globales einheitliches Höhensystem mit hoher Genauigkeit (einige cm) zu realisieren. Dies wird von vielen Vertretern der physikalischen Geodäsie als Ideal und eines der letzten ungelösten Probleme angesehen. Ein einheitliches globales Höhensystem ist eine wichtige metrologische Grundlage für die Überwachung von Höhenänderungen im globalen Maßstab, z.B. von Meeresspiegeländerungen sowie für die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit der Hydrographie und Ozeanographie.

Die grundlegenden Anforderungen an Höhensysteme wurden ausführlich erläutert. Jedoch stellen gegenwärtig die uneinheitlichen Standards der Dienste und Produkte der IAG zu Geometrie und Schwerefeld der Erde ein Hemmnis bei der Realisierung eines globalen Höhensystems dar. Hier leistet das GGOS-Büro für Produkte und Standards am DGFI München einen wertvollen Beitrag. Des Weiteren stellte die IAG-Arbeitsgruppe *Vertical Datum Standardization* ihre Ergebnisse vor. Ziel dieser Arbeitsgruppe war die bestmögliche Bestimmung des Nullniveaus (W_0) im globalen Maßstab. Der Parameter W_0 soll als Bezugsniveau für ein internationales Höhensystem verwendet werden. Er ist außerdem für die Umrechnung zwischen der geozentrischen Koordinatenzeit (TCG) und der terrestrischen Zeit (TT) von Bedeutung. Es wurde diskutiert, dass die Festlegung eines (neuen) konventionellen Wertes für W_0 Auswirkungen auf die Zeitmessung in Astronomie und Metrologie hat. Insofern wurde eine Zusammenarbeit zwischen IUGG und CCTF (*Consultative Committee for Time and Frequency*) angeregt, um die »Beziehungen zwischen Geodäsie und Zeitmessung zu formalisieren«. Einen Blick in die Zukunft warfen schließlich zwei Vorträge zu aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet der relativistischen Geodäsie. Unter Laborbedingungen ist schon jetzt eine Frequenzübertragung gelungen, die einer Höhengenauigkeit von unter 10 cm entspricht. Die Beiträge aus einer eher globalen bzw. konzeptionellen Perspektive wurden ergänzt durch regionale Studien mit Fokus auf Nordamerika, Südamerika, Europa, Australien, Neuseeland, Bulgarien, Polen, die Tschechische Republik und die Slowakei.

Die vorgestellten Arbeiten, insbesondere der IAG-Aktionsgruppe IHRs, haben wesentlich zur Entwicklung einer IAG-Resolution beigetragen. Der Entwurf wurde bei der IUGG 2015 in Prag vorgestellt und schließlich als »IAG Resolution (No. 1) for the definition and realization of an International Height Reference System (IHRs)« verabschiedet, siehe Abschnitt 6.

G08 Sea Level Observation and Modelling und JP01 Sea Level Change and Variability: Past, Present and Future
Jürgen Kusche

In insgesamt 33 Vorträgen und 35 Poster-Präsentationen wurde ein Spektrum von wichtigen Themen behandelt, von denen nachfolgend nur die wichtigsten herausgegriffen werden sollen: Breiten Raum nahm in Prag wieder die Quantifizierung des derzeit beobachtbaren Anstiegs des mittleren Meeresspiegels ein, die sich im Wesentlichen auf die Analyse von Pegelzeitreihen, radaraltimetrischen Messungen, aber auch von GNSS-Beobachtungen von vertikalen Landbewegungen an Pegelstationen stützt. Rekonstruktionen des Meeresspiegels bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts und ihre Unsicherheiten wurden diskutiert, wie auch neuere Erkenntnisse aus der Rekalibrierung von instrumentellen Driften, die den Anstieg in der Altimeterperiode (seit 1993) in einem neuen Licht erscheinen lassen. Projektionen des Meeresspiegels und ihre Unsicherheiten spielten ebenfalls eine große Rolle, wobei sich die meisten Arbeiten zunehmend auf regionale Effekte und die Abschätzung von oberen Limits für die Jahre 2050 und 2100 konzentrieren. Ein wichtiges Thema in diesem Zusammenhang war auch wieder die Quantifizierung der Einzelbeiträge physikalischer Prozesse zum globalen Anstieg und seiner Variabilität, also die Frage, wie weit negative Massenbilanzen der Eisschilde und Gletscher oder eher die Erwärmung der Ozeane zu Veränderungen führen, und welche Rolle geodynamische und hydrologische Prozesse spielen. Auch hier kann eine Hinwendung der Forschung vom globalen Ozean zu den Küstenregionen beobachtet werden. Eng verbunden ist damit die Frage, ob der altimetrisch gemessene Meeresspiegelanstieg durch Einzelmodelle und Beobachtungen einzelner Effekte hinreichend erklärt werden kann. Eine Reihe von Präsentationen beschäftigte sich mit der Analyse von Extremereignissen, also der Frage, ob Hochwasser häufiger auftreten als früher. Hier ist in jüngster Zeit gerade auch die Rolle der Klimavariabilität in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt – inwieweit beeinflusst das Auftreten von Klimamoden, wie z.B. El Nino/La Nina, die Häufigkeit von extremen Wasserständen. Letztlich spielt die Entwicklung neuer Messtechnologien und Auswerteverfahren immer eine wichtige Rolle. Insbesondere die Nutzung von hochauflösenden Verfahren wie SAR und InSAR für die Ausmessung des küstennahen Meeresspiegels unter teils schwierigen Bedingungen, wie z.B. in Mangrovenwäldern, die Nutzung von neuen GNSS-Verfahren wie der Reflektometrie (zur Kontrolle von Pegelmessungen) und das sogenannte Altimetertracking wurden in Prag diskutiert.

6 Resolutionen der IAG

In Prag wurden zwei IAG-Resolutionen verabschiedet, die hier im Wortlaut wiedergegeben sind.

IAG Resolution 1: Definition and Realization of an International Height Reference System (IHRS)

The International Association of Geodesy

Recognizing that

- To determine and to investigate the global changes of the Earth, the geodetic reference systems with long-term stability and worldwide homogeneity are required;
- To detect sea level change of a few millimeters per year can only be possible when a stable spatial reference with globally high accuracy over a long period of time is realized; for this purpose, an integrated global geodetic reference frame with millimeter accuracy must be implemented; to reach this goal, the inconsistencies existing between analysis strategies, models, and products related to the Earth's geometry and gravity field must be solved;
- To accomplish both definition and realization of a height reference system (HRS) standards and conventions that allow a consistent definition and a reliable realization are required;

Noting

- The results of the GGOS Theme 1 investigations for the definition and realization of an International Height Reference System in particular the conventions and the computations of the height reference level as the potential value W_0 at the geoid based on the newest global gravity field and sea surface models;
- The necessity of ensuring the reproducibility and interpretability of the reference value, the procedure applied for the determination of W_0 must be well documented including conventions and guidelines;

Resolves

- The following conventions for the definition of an International Height Reference System (see note 1):

 1. The vertical reference level is an equipotential surface of the Earth gravity field with the geopotential value W_0 (at the geoid);
 2. Parameters, observations, and data shall be related to the mean tidal system/mean crust;
 3. The unit of length is the meter and the unit of time is the second (SI);
 4. The vertical coordinates are the differences $-\Delta W_P$ between the potential W_P of the Earth gravity field at the considered points P, and the geoidal potential value W_0 ; the potential difference $-\Delta W_P$ is also designated as geopotential number C_P : $-\Delta W_P = C_P = W_0 - W_P$;
 5. The spatial reference of the position P for the potential $W_P = W(X)$ is related as coordinates X of the International Terrestrial Reference System;

$\Delta W_0 = 62\,636\,853.4 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ as realization of the potential value of the vertical reference level for the IHRS (see note 2).

Note 1: Ihde J., Barzaghi R., Marti U., Sánchez L., Sideris M., Drewes H., Foerste Ch., Gruber T., Liebsch G., Pail R.: Report of the Ad-hoc Group on an International Height Reference System (IHRS); In: IAG Reports 2011–2015 (Travaux de l'AIG Vol. 39), <http://iag.dgfi.tum.de/index.php?id=329>.

Note 2: Report of Joint Working Group 0.1.1: Vertical Datum Standardization (JWG 0.1.1); In: IAG Reports 2011–2015 (Travaux de l'AIG Vol. 39), <http://iag.dgfi.tum.de/index.php?id=329>.



Foto: C. Voigt

Impressionen aus Prag

IAG Resolution 2: Establishment of a global absolute gravity reference system

The International Association of Geodesy

Considering that

- The time variable gravity field is one of the keys to understanding the changing Earth,
- The accuracy of modern absolute gravimeters has significantly improved,
- Absolute gravity observation has become a valuable tool for monitoring crustal deformations and mass transports,
- New observation principles and instruments like cold atom interferometers and ultra precise clocks are in preparation and testing,
- Modern gravity observations need to be based upon the International Metre Convention and the relevant measurement standards,
- International comparisons of absolute gravimeters under the auspices of International Committee for Weights and Measures (CIPM) define the best metrological realization,
- Absolute gravity observations are archived and distributed at global scale according to international standards by the International Gravimetric Bureau (BGI) jointly with the Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG) under the auspices of International Association of Geodesy (IAG);

Acknowledging that

- The Strategy Paper between Metrology and Geodesy (see note 1) has been accepted by the IAG Executive Committee; and

Noting that

- The International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN71) no longer fulfills the requirements and accuracy of a modern gravity reference thus requiring replacement by a new global gravity reference system,
- Measurement accuracies have improved from the “100 µGal” to the “few µGal” level,
- Only with an improved gravity reference system time dependent gravity variations can be determined with high reliability,
- The use of consistent standards and conventions is necessary for the comparison of geometric and gravimetric observations in the framework of the Global Geodetic Observing System (GGOS);

Resolves

- To adopt the Strategy Paper as the metrological basis for absolute gravimetry,
- To initiate a working group to compile standards for the definition of a geodetic gravity reference system based upon the international comparisons of absolute gravimeters,
- To establish a gravity reference frame by globally distributed reference stations linked to the international comparisons of absolute gravimeters where precise gravity reference is available at any time,
- To link the reference stations to the International Terrestrial Reference System by co location with space geodetic techniques,
- To initiate the replacement of the International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN71) and the latest International Absolute Gravity Base Station Network by the new Global Absolute Gravity Reference System.

Note 1: Report of Commission 2: CCM – IAG Strategy for Metrology in Absolute Gravimetry, Role of CCM and IAG. In: *Travaux of the IAG 2011–2015*.

7 Struktur der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) für den Zeitraum 2015–2019

Zusammengestellt und übersetzt von Hermann Drewes

a) Exekutivkomitee

IAG Präsident: Harald Schuh (Deutschland)
Vizepräsident: Zuheir Altamimi (Frankreich)
Generalsekretär: Hermann Drewes (Deutschland)
Altpräsident: Chris Rizos (Australien)
Kommission 1 »Referenzrahmen«
Präsident: Geoffrey Blewitt (USA)

Kommission 2 »Schwerefeld«

Präsident: Roland Pail (Deutschland)

Kommission 3 »Erdrotation und Geodynamik«

Präsident: Manabu Hashimoto (Japan)

Kommission 4 »Positionierung und Anwendungen«

Präsident: Marcelo Santos (Kanada)

Inter-Kommission-Komitee für Theorie (ICCT)

Präsident: Pavel Novák (Czech Republic)

Globales Geodätisches Observations-System (GGOS)

Vorsitz: Hansjörg Kutterer (Deutschland)

Geschäftsstelle für Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit (COB)

Präsident: József Ádám (Ungarn)

Repräsentanten der wissenschaftlichen Dienste:

Riccardo Barzaghi (Italien), Ruth Neilan (USA),

Axel Nothnagel (Deutschland)

Zusätzliche Mitglieder:

Ludwig Combrinck (Südafrika), Maria Cristina Pacino (Argentinien)

Assistent des Generalsekretärs:

Franz Kuglitsch (Deutschland), nicht stimmberechtigt

IAG-Altpräsidenten (vor 2011):

1979–1983: Helmut Moritz (Österreich)

1987–1991: Ivan I. Mueller (USA)

1991–1995: Wolfgang Torge (Deutschland)

1999–2003: Fernando Sansó (Italien)

2003–2007: Gerhard Beutler (Schweiz)

2007–2011: Michael G. Sideris (Kanada)

IAG-Alt-Generalsekretäre:

1975–1991: Michel Louis (Frankreich)

1991–1995: Claude Boucher (Frankreich)

1995–2007: Christian Tscherning (Dänemark)

b) IAG-Geschäftsstelle

Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der Technischen Universität München (DGFI-TUM)

Generalsekretär: Hermann Drewes (Deutschland)

Assistent des Generalsekretärs: Franz Kuglitsch (Deutschland)

Schatzmeister: Wolfgang Küffner (Deutschland)

c) IAG-Geschäftsstelle für Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

Ungarische Akademie der Wissenschaften (HAS) / Universität für Technologie und Wirtschaft Budapest (BUTE)

Präsident: József Ádám (Ungarn)

Secretary: Szabolcs Rózsa (Ungarn)

d) Journal of Geodesy

Chefredakteur: Jürgen Kusche (Deutschland)

e) IAG Symposia Reihe

Chefredakteur: Jeff Freymueller (USA)
 Assistenz-Redakteur: Laura Sánchez (Deutschland)

f) Internationale Wissenschaftliche Dienste der IAG

Zeit-Department des Internationalen Büros für Gewichte und Maße (BIPM)
 Direktor: Elisa Felicitas Arias (Frankreich)

Internationales Zentrum für Globale Erdmodelle (ICGEM)
 Direktor: Franz Barthelmes (Deutschland)

Internationaler Dienst für Digitale Höhenmodelle (IDEAMS)
 Direktor: NN

Internationaler DORIS-Dienst (IDS)
 Vorsitz des Lenkungsgremiums: Pascal Willis (Frankreich)
 Direktor des Zentralbüros: Laurent Soudarin (Frankreich)

Internationaler Dienst für Erdrotation und Referenzsysteme (IERS)
 Vorsitz des Lenkungsgremiums: Brian Luzum (USA)
 Direktor des Zentralbüros: Daniela Thaller (Deutschland)

Internationaler Dienst für Geodynamik und Erdzeiten (IGETS)
 Vorsitz: NN
 Direktor des Zentralbüros: J.-P. Boy (Frankreich)

Internationaler GNSS-Dienst (IGS)
 Vorsitz des Lenkungsgremiums: Gary Johnston (Australien)
 Direktor des Zentralbüros: Ruth Neilan (USA)

Internationales Gravimetrisches Büro (BGI)
 Direktor: Sylvain Bonvalot (Frankreich)

Internationaler Schwerefeld-Dienst (IGFS)
 Vorsitz: Riccardo Barzaghi (Italien)
 Direktor des Zentralbüros: Iginio Marson (Italien)

Internationaler Dienst für Laser-Entfernungsmessungen (ILRS)
 Direktor des Lenkungsgremiums: Giuseppe Bianco (Italien)
 Direktor des Zentralbüros: Michael Pearlman (USA)

Internationaler Dienst für das Geoid (ISG)
 Präsident: Mirko Reguzzoni (Italien)
 Direktor: Giovanna Sona (Italien)

Internationaler VLBI-Dienst für Geodäsie und Astrometrie (IVS)

Vorsitz des Leitungsgremiums: Axel Nothnagel (Deutschland)
 Direktor des Koordinierungszentrums: Dirk Behrend (USA)

Permanenter Dienst für den Mittleren Meeresspiegel (PSMSL)

Direktor: Lesley J. Rickards (Vereinigtes Königreich)

Weitere ausführliche Angaben sind der Homepage der IAG (www.iag-aig.org) sowie der des IAG-Office (<http://iag.dgfi.tum.de>) zu entnehmen.

Anschriften der Mitarbeiter dieses Beitrages

Dipl.-Ing. Guy Apelbaum | Dipl.-Ing. Philip Brieden | Prof. Dr.-Ing. Jakob Flury | Dipl.-Ing. Franz Hofmann | Dr.-Ing. Tobias Kersten | Dipl.-Ing. Thomas Krawinkel | Dipl.-Ing. Franziska Kube | Dipl.-Ing. Lars Leßmann | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Müller | Dipl.-Ing. Manuel Schilling | Dr.-Ing. Christian Voigt
 Leibniz Universität Hannover, Institut für Erdmessung
 Schneiderberg 50, 30167 Hannover
 »nachname«@ife.uni-hannover.de

Dr.-Ing. Johannes Bouman | Hon.-Prof. Dr.-Ing. Hermann Drewes
 Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der Technischen Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München
 »vorname.nachname«@tum.de

Dr.-Ing. Annette Eicker | Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kusche |
 PD Dr.-Ing. Axel Nothnagel
 Universität Bonn, Institut für Geodäsie und Geoinformation
 Nussallee 17, 53115 Bonn
 »nachname«@geod.uni-bonn.de

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Bernhard Heck
 Karlsruher Institut für Technologie, Geodätisches Institut
 Englerstraße 7, 76131 Karlsruhe
 bernhard.heck@kit.edu

Dr.-Ing. Robert Heinkelmann | Prof. Dr. rer. nat. Jens Wickert
 Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
 Telegrafenberg A17, 14473 Potsdam
 »vorname.nachname«@gfz-potsdam.de

Prof. Dr.-Ing. Martin Horwath
 Technische Universität Dresden, Institut für Planetare Geodäsie
 Helmholtzstraße 10, 01069 Dresden
 martin.horwath@tu-dresden.de

Dr.-Ing. Gunter Liebsch | Dr.-Ing. Joachim Schwabe
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Außenstelle Leipzig,
 Karl-Rothe-Straße 10-14, 04105 Leipzig
 »vorname.nachname«@bkg.bund.de

Dr.-Ing. Jens-André Paffenholz
 Leibniz Universität Hannover, Geodätisches Institut
 Nienburger Straße 1, 30167 Hannover
 paffenholz@gih.uni-hannover.de

Prof. Dr.-Ing. Nico Sneeuw
 Universität Stuttgart, Geodätisches Institut
 Geschwister-Scholl-Straße 24D, 70174 Stuttgart
 sneeuw@gis.uni-stuttgart.de