

Die XXVII. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) – Internationale Assoziation für Geodäsie (IAG) 2019 in Montreal, Kanada

Jürgen Müller (Red.)

1 Übersicht

Jürgen Müller

Im 100-jährigen Jubiläumsjahr fand die XXVII. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) vom 8. bis 18. Juli 2019 in Montreal, Kanada, statt. Dem Anlass entsprechend stand sie unter dem Motto *IUGG Centennial 1919–2019*. Die Organisation der IUGG-Generalversammlung oblag dem lokalen Organisationsteam unter Leitung von Prof. Fiona Darbyshire. Das wissenschaftliche Programm der IUGG war traditionell von der Union und den acht Assoziationen aufgestellt und von einem internationalen Programmkomitee unter Vorsitz von Prof. Spiros Pagiatakis umgesetzt worden. Veranstaltungsort war das Palais des Congrès von Montreal. Während die Vorträge in den oberen Stockwerken stattfanden, waren Poster-Sessions und Kaffeepausen in der Eingangsebene platziert.

Von insgesamt 3952 registrierten Wissenschaftlern erschienen tatsächlich nur 3600 vor Ort in Montreal. Das waren deutlich weniger als in Prag (4231), aber ähnlich viele wie vor acht Jahren in Melbourne (3568). Dass weniger Teilnehmer anwesend waren, hing auch mit Visa-Problemen einzelner Nationen zusammen. Es waren Vertreter aus 94 Nationen in Montreal. Die größten Kontingente kamen aus Kanada (869) und USA (680). Deutschland war mit 225 Teilnehmern das fünftgrößte Land.

Das wissenschaftliche Programm war stark interdisziplinär und fachübergreifend ausgerichtet. Außer den von den einzelnen Assoziationen organisierten Symposien wurden insgesamt neun *Union Symposia* und etliche *Joint Inter-Association Symposia* abgehalten. Die Internationale Assoziation für Geodäsie organisierte – neben ihren sechs Kern-Symposien (G01 bis G06) – federführend ein *Union Symposium* und acht *Joint Inter-Association Symposia*, an weiteren 15 *Joint Inter-Association Symposia* war die IAG beteiligt. Insgesamt wurden 4580 Beiträge



Der neue IUGG-Vorstand für die Amtsperiode 2019–2023

auf der IUGG-Generalversammlung präsentiert, darunter 2329 Vorträge, 1814 Poster sowie 437 »eingeladene« Vorträge. Details siehe unter www.iugg2019montreal.com. Begleitend gab es eine kleine Ausstellung von Firmen und Verlagen sowie Stände der Bewerber für die Ausrichtung der nächsten IUGG 2023.

Neben den wissenschaftlichen Beiträgen sind vor allem die allgemeinen Empfehlungen der IUGG von Interesse, etwa zur notwendigen Reduktion des CO₂-Ausstoßes auch im Kontext der IUGG-Aktivitäten. Für die Geodäsie relevant ist, dass die generelle Bedeutung des internationalen terrestrischen Referenzsystems betont wird. Die IUGG-Resolutionen im vollen Wortlaut sind unter www.iugg.org/resolutions/2019_IUGG_GA_Resolutions.pdf publiziert.

Als neue IUGG-Präsidentin für die Amtsperiode 2019 bis 2023 wurde mit Kathryn Whaler (Edinburgh, UK) erstmals eine Frau an die Spitze gewählt. Der Geodät Chris Rizos (Sydney, Australien) wurde zum Chair-elect gewählt. Neuer Generalsekretär ist nun Alexander Rudloff vom GFZ Potsdam, wo seit 2012 auch das IUGG-Büro mit dem Geschäftsführer Franz Kuglitsch untergebracht ist. Monika Korte vom GFZ Potsdam ist neue Generalsekretärin der IUGG-Assoziation IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy). Für weitere Informationen zur IUGG, inklusive der Struktur im Detail, wird auf www.iugg.org verwiesen.

Foto: <https://picorp-events.smugmug.com/IUGG>

Die Generalversammlung der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) wird traditionell zusammen mit der IUGG-Generalversammlung durchgeführt. Offiziell nahmen 437 Geodäten teil. Dies waren weniger als vier Jahre zuvor in Prag (533), aber deutlich mehr als vor acht in Melbourne (370). Zum Vergleich: Für die IAMAS – die größte Assoziation in Montreal – waren 830, für die IAHS 550 Teilnehmer registriert. Mit einem Anteil von etwa 12 % der Gesamt-IUGG-Teilnehmer rangiert die IAG im oberen Mittelfeld der Assoziationen. Deutschland stellte mit 47 registrierten Teilnehmern die drittgrößte Gruppe an Geodäten in Montreal, nach den USA (71) und China (63) und vor Frankreich (46).

Die IAG-Generalversammlung wurde am 11. Juli durch den deutschen Präsidenten Harald Schuh eröffnet. Er gab den Statusbericht über die vergangene Amtsperiode, in der neben einem Retreat auch einige neue Initiativen auf den Weg gebracht wurden, siehe unten. Ein Höhepunkt war die Verleihung der IAG-Auszeichnungen. Details hierzu werden im Bericht des Alt-Generalsekretärs Hermann Drewes, dessen Amtszeit in Montreal endete, im Abschnitt 2 gegeben.

Im wissenschaftlichen Programm der IAG fanden sechs dedizierte Geodäsie-Symposien statt, die das gesamte Wirkungsspektrum der IAG abdeckten. In diesen IAG-Symposien wurden 426 Beiträge präsentiert, in den Joint Symposia waren es 1210. Das größte IAG-Symposium



Foto: <https://picorperevents.smugmug.com/IUGG>

Harald Schuh, IAG-Präsident bis 2019

war G06 Monitoring and Understanding the Dynamic Earth with Geodetic Observations mit 13 Sessions. Über die wichtigsten für die Geodäsie relevanten Symposien wird in den Abschnitten 3 bis 5 berichtet. Proceedings mit ausgewählten geodätischen Beiträgen werden in einem Sonderband der Springer-Reihe veröffentlicht, der voraussichtlich Mitte 2020 erscheinen wird.

In den fünf IAG-Resolutionen (Abschnitt 6) werden vor allem die diversen geodätischen Referenzsysteme adressiert: das terrestrische ITRF, das zälestische ICRF, das Welthöhensystem IHRF, das globale Absolutschwere-Referenzsystem sowie die Erdrotationsmodellierung.

Zum neuen IAG-Präsidenten wurde Zuheir Altamimi (IGN Paris) gewählt. Im IAG-Exekutivkomitee sind weiterhin der Altpresident Harald Schuh und der Alt-Generalsekretär Hermann Drewes vertreten. Aus deutscher Sicht sind folgende Positionen interessant: Chefredakteur des *Journal of Geodesy* bleibt Jürgen Kusche (Universität Bonn). Daniela Thaller (BKG Frankfurt) ist Direktorin des Zentralbüros des IERS. Axel Nothnagel (Universität Bonn) ist Vorsitzender des Leitungsgremiums des IVS. Elmas Sinem Ince (GFZ Potsdam) ist Direktorin des ICGEM, siehe auch Abschnitt 7. Laura Sanchez (DGFI-TUM, München) wurde Assistenz-Redakteurin der IAG-Symposia Series. Schließlich wurden zwei neue IAG-Komponenten eingerichtet, die federführend aus Deutschland geleitet werden: Das Inter-Kommission-Komitee »Geodäsie für Klimaforschung« (ICCC) mit der Präsidentin Annette Eicker (HCU Hamburg) und das IAG-Projekt »Neuartige Sensoren und Quantentechnologie für die Geodäsie«, dessen Vorsitzender Jürgen Müller (Leibniz Universität Hannover) ist. Weitere Informationen finden sich unter www.iag-aig.org.

Für die nächste IAG Scientific Assembly 2021 wurde schon im Vorfeld Peking, China, ausgewählt. Als Veranstaltungsort für die IUGG General Assembly 2023 hat sich der deutsche Vorschlag Berlin mit einer starken Präsentation (federführend durch das GFZ Potsdam und das deutsche Nationalkomitee für Geodäsie und Geophysik, NKGG) erfolgreich gegen die Mitwerber Athen, Griechenland, Genf, Schweiz, und Guadalajara, Mexiko, durchgesetzt.



Foto: <https://picorperevents.smugmug.com/IUGG>



Foto: privat

Starke Präsentation für Berlin als Veranstaltungsort 2023. Das Team, von links: Müller, Glaser, Volkert, Schuh, Bis-muth, Rudloff, Stroink

2 Bericht aus den Sitzungen des IAG-Exekutivkomitees sowie des IAG-Council 2019

Hermann Drewes

Der IAG-Council ist das gesetzgebende Organ (Parlament) und das IAG-Exekutivkomitee das ausführende Organ (Regierung) der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG). Beide halten bei der Generalversammlung satzungsgemäß ihre Sitzungen ab. Das Exekutivkomitee tagt darüber hinaus mindestens einmal im Jahr, der Council trifft Entscheidungen auch durch elektronische Abstimmung im Internet, insbesondere bei den Wahlen für die neue Legislaturperiode vor den Generalversammlungen.

2.1 Zusammenfassung der Sitzungen des IAG-Exekutivkomitees 2019

Das IAG-Exekutivkomitee 2015–2019 setzte sich aus 16 Mitgliedern zusammen: die drei Mitglieder des Büros (IAG Präsident Harald Schuh, Vize-Präsident Zuhir Altamimi und Generalsekretär Hermann Drewes), der



Hermann Drewes, dessen Amtszeit als Generalsekretär der IAG in Montreal endete.

Altpräsident (Chris Rizos), die Präsidenten der vier Kommissionen (Geoffrey Blewitt, Roland Pail, Manabu Hashimoto, Marcelo Santos), der Präsident des Inter-Kommission-Komitees für Theorie (ICCT: Pavel Novák), der Präsident des Globalen Geodätischen Observations-Systems (GGOS: Richard Gross), der Präsident der Geschäftsstelle für Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit (COB: József Adám), drei Vertreter der wissenschaftlichen Dienste (Services: Riccardo Barzaghi, Ruth Neilan, Axel Nothnagel) und zwei zusätzliche Mitglieder aus unterrepräsentierten Regionen (Cristina Pacino, Yamin Dang). Wie in den Jahren zuvor gab es drei Sitzungen des Komitees der Periode 2015–2019 und eine Sitzung des neu gewählten Komitees für 2019–2023 (siehe Abschnitt 7 »Struktur der IAG 2019–2023»).

Die erste Sitzung fand traditionsgemäß am Tag vor dem Beginn der Symposien statt. Dabei wurde insbesondere

die Logistik am Veranstaltungsort und die Organisation der Symposien, an denen die IAG beteiligt ist, behandelt (6 IAG-Symposien, 8 Inter-Assoziation-Symposien unter Leitung und 15 mit Beteiligung der IAG sowie 1 IUGG-Symposium unter Leitung der IAG und 8 mit IAG-Beteiligung). Die Eröffnungs- und Schlussveranstaltungen sowie die Sitzungen des IAG-Council wurden vorbereitet. Bei den Letzteren ging es vor allem um Vorschläge zur Besetzung der Komitees für Kassenprüfung, Haushaltspanel, Resolutionen und Satzungsänderungen.

Anschließend wurden die Gewinner der IAG-Auszeichnungen bekannt gegeben:

- *IAG-Levallois-Medaille* für besondere Dienste für die IAG und die Geodäsie im Allgemeinen: Christoph Reigber (Deutschland);
- *IAG-Bomford-Preis* für hervorragende Beiträge eines jungen Wissenschaftlers zur geodätischen Forschung: Michal Šprlák (Australien);
- *Beste junge Autoren* im Journal of Geodesy 2017: Xu Minghui (China),
2018: Athina Peidou (Kanada).

Die Ehrungen wurden während der IAG-Eröffnungssitzung am 11. Juli 2019 durchgeführt. Da Prof. Reigber nicht nach Montreal reisen konnte, war es nicht möglich, ihn dort zu ehren. Dies wurde bei einem Festkolloquium anlässlich seines 80. Geburtstags am 1. Oktober 2019 durch den IAG-Präsidenten Harald Schuh in Potsdam nachgeholt (siehe Bericht in der zfv 6/2019)



Oben: Christoph Reigber (links) erhält von Harald Schuh die Levallois-Medaille. Unten, von links: Bomford-Preis-Gewinner Michal Šprlák, beste junge Autoren Xu Minghui (2017) und Athina Peidou (2018)

Außerdem wurde eine Liste der Leiter von IAG-Forschungsgruppen (Kommissionen, Subkommissionen, Services, Studien- und Arbeitsgruppen) erstellt, die als IAG Fellows ernannt werden können. Die Entscheidung wurde bei der letzten Sitzung am 15. Juli getroffen. Insgesamt gibt es 48 neue Fellows, die bei der IAG-Schlussitzung geehrt wurden, und deren Namen unter <https://iag.dgfi.tum.de/en> veröffentlicht sind.

Danach gab der Leiter des Nominierungskomitees für das neue Exekutivkomitee, Chris Rizos, die Ergebnisse der Wahlen durch den IAG-Council bekannt (siehe Abschnitt 7). Zwei Mitglieder sind satzungsgemäß durch das Exekutivkomitee zu benennen: der Präsident des Inter-Kommission-Komitees für Theorie (ICCT) und der Leiter des Globalen Geodätischen Observations-Systems (GGOS). Als ICCT-Präsident wurde Pavel Novák (Tschechische Republik) bestätigt. Der bisherige GGOS-Leiter, Richard Gross, konnte nicht wiedernannt werden, da er zum IAG-Vizepräsidenten gewählt worden war und eine Person nicht zwei Positionen im Exekutivkomitee besetzen darf. Die Benennung wurde deshalb vertagt. Nach der Generalversammlung wurde Basara Miyahara (Japan) zum Präsidenten von GGOS ernannt.

Der Leiter des Komitees für Satzungsänderungen, Chris Rizos, gab dann einen Bericht über die eingegangenen Vorschläge. Diese wurden eingehend diskutiert, um sie dem IAG-Council zur Entscheidung vorzulegen.

Anschließend gaben die Präsidenten der Kommissionen, des ICCT, des GGOS, des COB und die Vertreter der wissenschaftlichen Dienste (Services) ihre Abschlussberichte für die Periode 2015–2019 (siehe <https://iag.dgfi.tum.de/en/iag-publications-position-papers>) und Empfehlungen für zukünftige Forschungsrichtungen. Es wurden drei neue IAG-Einheiten vorgeschlagen und nach Diskussion der Forschungsprogramme beschlossen:

- Inter-Kommission-Komitee »Geodäsie für Klimaforschung«;
- Inter-Kommission-Komitee »Marinegeodäsie«;
- IAG-Projekt: »Neuartige Sensoren und Quantentechnologie für die Geodäsie«.

Es folgten die Berichte der Editoren der IAG-Veröffentlichungsreihen. Das Journal of Geodesy (Jürgen Kusche, Deutschland) hat einen hervorragenden »Impact Factor« (> 4.500). Das Exekutivkomitee beschloss nach Vorschlag des Springer-Verlags, dass es ab 2020 als kontinuierliche Artikel-Veröffentlichung (CAP) erscheinen soll, d. h. jeder Artikel wird sofort nach dem Review und der Annahme publiziert. In der IAG-Symposium-Reihe (Jeff Freymueller, USA) erschienen von 2015 bis 2019 acht Bände (Vol. 142–149), drei sind in Bearbeitung. Das Exekutivkomitee beschloss, dass die Reihe ab 2020 als »open access« kostenlos für die Autoren und Leser erscheinen soll. Die IAG bzw. die Veranstalter der Symposien übernehmen die Kosten.

In der Schlussitzung des Exekutivkomitees 2015–2019 wurden die Resolutionen der IAG zur Verabschiebung durch den IAG-Council diskutiert und formuliert.

Ferner wurden die Repräsentanten der IAG in den IAG-Services, der IUGG und in externen Vereinigungen vorgeschlagen. In der ersten Sitzung des Exekutivkomitees 2019–2023 wurden diese bestimmt. Außerdem wurde die Struktur der Kommissionen und Inter-Kommission-Komitees für die neue Periode diskutiert und ihre Vizepräsidenten wurden bestimmt.

Der vollständige Bericht über die Generalversammlung 2019 und die Struktur 2019–2023 wird im Geodesist's Handbook 2020 als Sonderheft des Journal of Geodesy und im Internet veröffentlicht.

2.2 Zusammenfassung der Sitzungen des IAG-Council 2019

Der IAG-Council setzt sich aus je einem Delegierten der IUGG-Mitglieder zusammen, das sind die »Adhering Bodies«, d. h. die für die IUGG zuständigen Körperschaften in den Ländern. Adhering Body für Deutschland ist das Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe; der benannte Delegierte für Deutschland ist Jürgen Müller. Derzeit sind es insgesamt 72 IUGG-Mitglieder, von denen aber nur 66 einen IAG-Delegierten benannt haben. 23 Delegierte nahmen an den Sitzungen in Montreal teil (das Quorum ist ein Drittel der Wahlberechtigten). Wichtige Funktionen des IAG-Council sind die Verabschiedung der IAG-Statuten und der Satzung, die Aufsicht über die Finanzen sowie die Wahl der Mitglieder des Exekutivkomitees und des Veranstaltungsortes der nächsten Generalversammlung, die seit einigen Jahren elektronisch vor der Generalversammlung durchgeführt werden. In Montreal wurden zwei Sitzungen abgehalten. Sitzungsleiter ist der Präsident der IAG, Harald Schuh.

Die erste Sitzung des IAG-Council fand am Morgen des ersten Tages der Symposien statt. Zunächst informierte der Generalsekretär H. Drewes über die Organisation der Generalversammlung (Logistik, Symposien, Arbeitssitzungen, Eröffnungs- und Schlussveranstaltung, soziale Veranstaltungen) und die Entscheidung über den Ort der Generalversammlung 2021, für den Peking, China, gewählt wurde. Danach stellte er die vom Exekutivkomitee vergebenen Auszeichnungen vor (siehe Bericht über deren Sitzungen: Levallois-Medaille, Bomford-Preis, beste Autoren). Anschließend präsentierte er den Vorschlag für den IAG-Haushalt 2019–2022 und erläuterte die zu erwartenden Einnahmen und geplanten Ausgaben. Der Council wählte dann den Rechnungsprüfungsausschuss.

H. Schuh erläuterte danach die Aufgaben des Resolutionskomitees, das sowohl für die IAG- als auch für die IUGG-Resolutionen zuständig ist. Der Council wählte dessen Mitglieder. Anschließend gab C. Rizos einen Bericht über den Prozess der Wahl des Exekutivkomitees für die Periode 2019–2023 (siehe Abschnitt 7) und stellte die eingegangenen Vorschläge für Satzungsänderungen vor, die keine erheblichen Änderungen der Struktur, sondern im Wesentlichen redaktionelle und organisatorische

Dinge betreffen. Der Council wählte ein Komitee zur endgültigen Formulierung der Satzungsänderungen.

In den Jahren 2015 bis 2019 hat das IAG-Exekutivkomitee unter Leitung des Altpresidenten G. Beutler eine Strategiediskussion durchgeführt, die in einem Dokument zusammengefasst ist (https://iag.dgfi.tum.de/fileadmin/IAG-docs/IAG-Strategy_2019.pdf) und den Council-Mitgliedern vor der Generalversammlung zugesandt wurde. H. Schuh gab einen Überblick über das Dokument und hob die wichtigsten Visionen hervor. Der Council nahm dieses Dokument an.

H. Drewes berichtete anschließend über den Stand der IAG-Veröffentlichungsreihen. Das Journal of Geodesy wird in Zukunft als kontinuierliche Artikel-Publikation (CAP) erscheinen. Die IAG Symposium-Reihe wird als »open access« kostenlos zugänglich gemacht. Die IAG bzw. die Veranstalter der Symposien übernehmen die Kosten, die im Haushaltsplan 2019–2022 berücksichtigt sind. Die IAG-Reports (Travaux de l'AIG) und das Geodesist's Handbook sind im Internet zugänglich unter <https://iag.dgfi.tum.de/en/iag-publications-position-papers>.

In der zweiten Sitzung am letzten Tag der Generalversammlung gab das Rechnungsprüfungskomitee seinen Bericht. Die Haushaltsführung 2015–2018 wurde ohne Beanstandungen gebilligt und der Haushaltsplan 2019–2022 wurde genehmigt. Die Satzungsänderungen und Resolutionen wurden von den entsprechenden Komitees vorgestellt und vom Council verabschiedet (siehe Abschnitt 6).

Das ausführliche Protokoll der Council-Sitzungen wird im Internet veröffentlicht unter <https://iag.dgfi.tum.de/en/meeting-summaries>.

3 IUGG Union Symposia

U01 Achieving Sustainable Development: The Role for Earth Sciences Harald Schuh

Die 27. Generalversammlung der IUGG begann am 9. Juli 2019 mit einem ersten Höhepunkt in Form der stark beachteten Union Session U01 zum Beitrag der Geowissenschaften für eine nachhaltige Entwicklung. Es liegt nahe, dass die unter der IUGG versammelten Disziplinen wie Geodäsie, Geophysik und Ozeanographie einen wesentlichen Beitrag leisten können, die von den Vereinten Nationen beschlossenen und zum 1. Januar 2016 mit einer Laufzeit von 15 Jahren in Kraft getretenen 17 »Ziele einer nachhaltigen Entwicklung« (Englisch: Sustainable Development Goals, SDG) zu erreichen. Auch wenn jetzt schon absehbar ist, dass sich solche ambitionierten Ziele wie »Beendigung der Armut in all ihren Formen und überall« bis zum Jahr 2030 nicht komplett erfüllen lassen, gilt es nun, diese globalen Herausforderungen möglichst rasch und effizient anzugehen. In den 12 Übersichtsvorträgen der Session U01 wurde gezeigt, dass aus allen acht Assoziationen der IUGG wichtige Beiträge zur



Foto: <https://picorp-events.smugmug.com/IUGG>

Bewältigung der SDG kommen können. Mehrere Vorträge behandelten SDG 6 (Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser) und SDG 14 (Bewahrung und nachhaltige Nutzung der Ozeane), so z.B. der Vortrag von M. Sivapalan, USA, zur Bewältigung der sich jetzt schon abzeichnenden globalen »Wasserkrise« oder derjenige von N. Nagabhatta, Kanada, zu den mit Wassermangel verbundenen Migrationsbewegungen. M. Visbeck vom GEOMAR in Kiel schlug vor, ein globales, integriertes Beobachtungssystem der Weltozeane zu entwickeln, zu dem sicher auch Beiträge aus der Geodäsie erforderlich sind, wie eine genaue Vermessung des Meeresbodens und das exakte Monitoring des globalen Meeresspiegelanstiegs. Mit diesem Thema beschäftigte sich auch die von der IAG für Session U01 nominierte A. Cazenave, Frankreich, die in ihrem Vortrag insbesondere auf die Ergebnisse der Satellitenaltimetriebeobachtungen der vergangenen 25 Jahre einging. Diese Messungen müssen immer mit Pegelaufzeichnungen an den Küsten in Verbindung stehen, die mit GNSS und klassischen Vermessungsverfahren kontrolliert werden. Dafür ist ein globaler geodätischer Referenzrahmen unabdinglich, ein Hauptprodukt der internationalen Geodäsie. Im SDG 13 geht es um die Bekämpfung des Klimawandels wie auch um Naturkatastrophen wie Überschwemmungen, Erdbeben und Vulkanausbrüche. Auch wenn sich diese nicht generell vermeiden lassen, so können die Geowissenschaften wichtige Beiträge zur Voraussage solcher Naturereignisse und zur Reduktion der daraus entstehenden Schäden leisten. S. Lasocki, Polen, konzentrierte sich hierbei auf die von Menschen verursachte Seismizität, ein durchaus nicht vernachlässigbares Phänomen. Der ehemalige IUGG-Präsident Tom Beer, Australien, fasste in seinem Übersichtsvortrag zusammen, wie die IUGG und ihre acht Assoziationen nicht nur auf die schon beschriebenen SDG 6, 13 und 14 eingehen, sondern auch Forschung und Wissenschaft betreiben, die für mehrere der anderen SDG relevant ist, wie z.B. für ein nachhaltiges Wirtschaftswachstum (SDG 8), eine Verringerung der Ungleichheiten (SDG 10) und die Entwicklung von nachhaltigen Konsum- und Produktionsweisen (SDG 12). Viele der Vorträge stellten nicht nur relevante Grundlageninformationen zur Verfügung, sondern gaben auch Denkanstöße zu derzeit hochaktuellen Themen.

U03 Mathematics of Planet Earth: The Science of Data

Jürgen Kusche

Im Fokus der Union-Session U03 am 17. Juli standen moderne mathematische und insbesondere datengetriebene Methoden in den Erdsystemwissenschaften, einschließlich der Geodäsie. Die Session-Convenor (Ilya Zaliapin, Yehuda Ben-Zion, Malcolm Sambridge, Gordon Swaters, und Shin-Chan Han), die selbst verschiedenen IUGG-Assoziationen und dem IUGG-Komitee für Mathematische Geophysik (CMG) entstammen, hatten eine Mischung aus eher methodischen Übersichtsvorträgen und »Success Stories« der Anwendung datengetriebener Methoden in der Erdsystemforschung zusammengestellt. In sechs Beiträgen (Felix Herrmann, Kanada, Kenneth Golden, USA, Anya Reading, Australia, Simon Papalexiou, Kanada, Michel Stein, USA, Jürgen Kusche, Deutschland) wurden im Wesentlichen drei Themen beleuchtet: (1) Die Simulation nichtlinearer Systeme (komplexe, Multiskalen- und Multiphysik-Probleme) unter Nutzung von Methoden der stochastischen Physik, wie beispielsweise bei der Meer-eisbildung, der Bildung von Polynyas oder auch bei seismischen Wellenfeldern sowie inverse Probleme in diesem Zusammenhang. (2) Die Nutzung von Machine-Learning und Deep-Learning Methoden in komplexen Problemen der Erdsystemforschung und insbesondere die Unterschiede zu Anwendungen wie im Finanzwesen oder bei Google-typischen Problemstellungen, geeignete Architekturen neuronaler Netze (ANNs), die Nutzung von ANNs, um Vorinformation zu repräsentieren, die Verbindung von ANNs und Erdsystemmodellen sowie die Prädiktion von Fernerkundungs-, Radaraltimetrie- und geodätischen Daten. (3) Stochastische Methoden und Verteilungen, wie Extremwertverteilungen und Copula-Ansätze, und ihre Anwendung beispielsweise in der Hydrologie und Hydrometeorologie oder für das Downscaling von Klimasimulationen.

U07 Centennial of International Cooperation in Earth and Space Sciences

Hermann Drewes

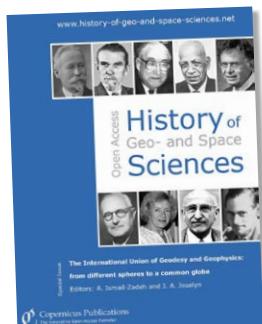
Die 27. Generalversammlung der IUGG stand unter dem Thema »IUGG Centennial 1919–2019«. Dementsprechend wurde bei dieser 100-Jahrfeier ein Unions-Symposium abgehalten, in dem die IUGG und deren acht Assoziationen über ihre Geschichte berichteten. Das Symposium

fand an drei Tagen in Sitzungen von jeweils 1,5 Stunden statt und enthielt insgesamt 11 Beiträge. Dazugehörige Artikel sind als Sonderausgabe in »History of Geo- and Space Sciences« erschienen (Copernicus Publications; freier Zugang via www.hist-geo-space-sci.net/special_issue996.html).

Die erste Sitzung war der Entstehung und Entwicklung der IUGG gewidmet. Jo Ann Joselyn (USA), die IUGG-Generalsekretärin von 1999 bis 2007, beschrieb die Zusammenführung der einzelnen geowissenschaftlichen Disziplinen unter dem Titel »From different spheres to a common globe«. Dies umfasste vor allem die erste Generalversammlung 1922, die außerordentliche Generalversammlung 1946 zur Wiedereinsetzung nach dem zweiten Weltkrieg und eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der einzelnen Assoziationen. Aus der Geodäsie nannte sie dabei vor allem den ersten »International Terrestrial Reference Frame« (ITRF1988). Gregory Good (USA) stellte die frühe Entwicklung der Geowissenschaften dar, wobei er Alexander von Humboldt und Carl Friedrich Gauß hervorhob, und beschrieb den Stand am Beginn des 20. Jahrhunderts. Lidia Ioganson (Russische Föderation) konzentrierte sich auf das »Upper Mantle Project« in den 1960er-Jahren, das einen großen Umbruch in den Geowissenschaften brachte.

Am zweiten Tag berichteten die Assoziationen, die sich mit der Atmosphäre und Hydrosphäre beschäftigen. Ian Allison (Australien) stellte die »International Association of Cryospheric Sciences« (IACS) vor, die 2007 gegründet wurde und damit die jüngste in der IUGG ist, aber bereits seit 1894 einen Vorgänger, die »Commission Internationale de Glacier« (CIG), hatte. Die »International Association of Hydrological Sciences« (IAHS) war eine der Gründungssektionen der IUGG. Dan Rosbørg (Dänemark) präsentierte den Stand am Beginn des 20. Jahrhunderts und stellte die Dualität der wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Anforderungen dar, die sich auch in der Verbindung zur Weltorganisation für Meteorologie (WMO) zeigt. Die engen Beziehungen zur WMO wurde auch im Bericht von Huw Davies (Schweiz) über die »International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences« (IAMAS) hervorgehoben. Er führte aus, dass sich die Kenntnis der atmosphärischen Prozesse im letzten Jahrhundert explosiv verbessert hat und damit u.a. eine Revolution in der Wettervorhersage bedeutete. Denise Smythe-Wright (Vereinigtes Königreich) stellte in ihrem Bericht über die »International Association for the Physical Sciences of the Oceans« (IAPSO) fest, dass es vor hundert Jahren nur sehr wenige Männer gab, die die Vorgänge in den Ozeanen untersuchten. Heute entwickelt die IAPSO Methoden zur Erforschung der Eigenschaften des Meeresswassers und der Prozesse der Ozeanströmungen, Gezeiten und Meeresspiegeländerungen.

Der dritte Tag begann mit dem Bericht von Hermann Drewes (Deutschland) über die »International Association of Geodesy« (IAG). Er zeigte die Entwicklung von der statischen Darstellung der Figur und Schwere einer starren Erde durch Ellipsoid und Geoid vor hundert Jahren zur heutigen Modellierung eines deformierbaren Körpers in einem Raum-Zeit-Kontinuum. Künstliche Erdsatelliten, hochgenaue Uhren und leistungsfähige Computer schufen die Voraussetzungen dafür. Eduard Petrovsky (Tschechische Republik) stellte die »International Association



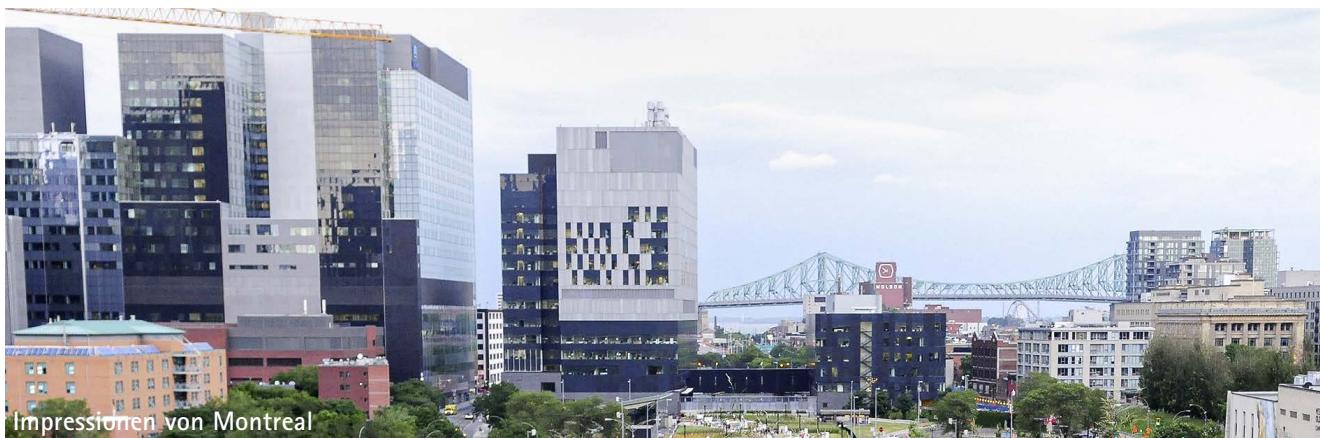


Foto: <https://picorperevents.smugmug.com/IUGG>

of Geomagnetism and Aeronomy» (IAGA) vor, die 1919 als »Terrestrial Magnetism and Electricity Section« begann. Die geomagnetischen Observatorien und Satellitenmissionen liefern die Daten für das Internationale Geomagnetische Referenzfeld (IGRF) und die digitalen Anomalienkarten. Über die »International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior« (IASPEI), die seit 1904 einen Vorläufer hatte, berichtete Johannes Schweitzer (Norwegen). Er legte dar, wie bedeutsam die Kenntnis des Erdinnern für die Erforschung der Prozesse von Erdbeben und Tsunamis ist. Den Abschluss des Symposiums bildete der Bericht von Ray Cas (Australien) über die »International Association for Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior« (IAVCEI). Er stellte vor allem die Struktur der Assoziation und deren Veröffentlichungen vor.

U09 Celebrating Early Career Scientists Benedikt Soja

The Union Symposium U09 was organized and chaired by Kathryn Whaler, the current IUGG president. Early Career Scientists that received an IUGG award, as well as excellent young researchers from each of the different IUGG Associations, were given the chance to present their innovative research in 30-minute talks. I had the great honor to represent IAG. In my talk, entitled »Modernizing reference frames – the foundation of geodesy«, I argued for the importance of geodetic reference frames for geodesy and other scientific disciplines, presented methods for improving the consistency of terrestrial and celestial reference frames, as well as the Earth orientation parameters that connect them, and provided an outlook to future challenges, for example moving toward more frequent reference frame updates. The other talks in this symposium covered a very broad spectrum of topics: climate models, atmosphere, space weather, snowfall, natural hazards, and Earth's interior. The quality of these talks was excellent throughout, striking a fine balance between addressing a general audience and presenting cutting-edge research. Prof. Whaler was very engaged moderating the symposium and excited about the achievements of the

young generation. Unfortunately, the symposium was not well attended since it overlapped with sessions covering specific topics. Hopefully, it will receive a more prominent time slot at future IUGG General Assemblies.

4 Joint Inter-Association Symposia

JG01 Interactions of Solid Earth, Ice Sheets and Oceans (IAG, IACS, IASPEI)

Mirko Scheinert

Das Joint Symposium JG01 Wechselwirkungen zwischen fester Erde, Eisschilden und Ozean wurde von der IAG als verantwortliche Assoziation gemeinsam mit der IACS (Kryosphäre) und IASPEI (Seismologie und Physik des Erdinneren) ausgerichtet. Organisiert und geleitet wurde es von P. Whitehouse (UK), B. Wouters (Niederlande), A. Reading (Australien) und M. Horwath von der TU Dresden. Das Symposium umfasste am 12. Juli 2019 vier Vortragssitzungen mit 24 Präsentationen und eine Postersitzung mit 14 Präsentationen.

Feste Erde, Eisschilde und Meeresspiegel sind durch komplexe Wechselwirkungen charakterisiert, die eine große Spannbreite von räumlichen und zeitlichen Skalen umfassen. Rekonstruktionen der Eisschilde in der Vergangenheit müssen den glazial-isostatischen Ausgleich und eine variierende dynamische Manteltopographie einbeziehen. Derzeitige geodätische Beobachtungen der rezenten Deformation der festen Erde und der sich ändernden Massenbilanz der Eisschilde sind über vergangene und heutige globale Auflaständerungen verbunden. Der glazial-isostatische Ausgleich spielt dabei eine wesentliche Rolle, wird aber in Bezug auf den ihn verursachenden physikalischen Prozessen und eine adäquate Modellierung intensiv diskutiert. Fortschritte können hier nur erzielt werden, das machte das Symposium deutlich, wenn Beobachtungen verschiedenster Disziplinen – und hier sei noch die Seismologie mit ihren Beiträgen zur Beschreibung der Rheologie der festen Erde genannt – mit einer aus einem multidisziplinären Ansatz gespeisten Modellierung Hand in Hand gehen.

So werden auf der Grundlage von seismischen Messungen mit verschiedenen Methoden Aussagen zu einer auch lateral variablen Rheologie abgeleitet. Im Fokus stehen dabei die effektive elastische Mächtigkeit der Lithosphäre und die Viskositätsstruktur insbesondere des oberen Mantels. Es zeigt sich, dass die »klassische« Zwei-teilung zwischen Westantarktika (dünne Kruste, geringere Mantelviskosität) und Ostantarktika als stabilem Kraton nicht als dogmatisches Muster aufrecht zu erhalten ist: So werden im Dronning-Maud-Land (atlantischer Sektor, Ostantarktika) beträchtliche Variationen der Viskosität in Tiefenschichten von 100 Kilometer und darunter festgestellt. Dabei sind Rückschlüsse von höheren Manteltemperaturen zu entsprechend niedrigeren Viskositäten nicht unbedingt zwingend, wie für das Marie-Byrd-Land (Westantarktika) festgestellt wurde. Demzufolge diskutierte eine Reihe von Beiträgen den Einfluss einer radial und lateral variierenden Rheologie der Erde auf die Modellierung des glazial-isostatischen Ausgleichs sowie die Validierung anhand von *in-situ*-Beobachtungen der relativen Meeresspiegeländerung und von mittels geodätischem GNSS gemessenen Oberflächendeformationen. Aus deutscher Sicht sind hier zu ersterem Problemfeld der Beitrag von M. Bagge (GFZ Potsdam) und zu geodätischen Beobachtungen die Beiträge von A. Richter und M. Scheinert (beide TU Dresden) zu nennen.

Eine starke Korrelation zwischen rezenter Massenbilanz und glazial-isostatischem Ausgleich ergibt sich insbesondere für den Antarktischen Eisschild. Hier setzen Arbeiten an, die sowohl von Seiten der glaziologisch-geodätischen Messungen (Satellitenaltimetrie und -gravimetrie, Oberflächenmassenbilanz, Firnkompaktion und DichteVerteilung im Eiskörper) als auch vonseiten der Modellierung des resultierenden glazial-isostatischen Ausgleichs und der instantanen elastischen Reaktion ausgehen. Dabei spielen Betrachtungen der verschiedenen Zeitskalen eine wichtige Rolle, insbesondere von Eis-massenänderungen im Holozän und seit dem Ende der kleinen Eiszeit (Ende des 19. Jahrhunderts) und auf noch kürzeren Zeitskalen (Dekaden). Theoretische Arbeiten beschäftigen sich daher auch mit der Zeitabhängigkeit der rheologischen Eigenschaften der Erde. Hierbei zeigt sich, dass das klassische Maxwell-Modell wahrscheinlich nicht in der Lage ist, hohe Deformationsraten, wie sie z.B. im Gebiet des Amundsenmeeres (Westantarktika) gemessen werden, zu erklären. Aktuelle Arbeiten beinhalten deshalb komplexe Ansätze, wie z.B. das erweiterte Burger-Modell oder eine nicht-Newton'sche Viskosität.

Insgesamt war dieses Symposium von einer lebhaften und spannenden Diskussion anhand der präsentierten Beiträge geprägt, die eindrucksvoll aufzeigte, welche Fragen als die drängendsten angesehen werden. Ein Fortschritt in unserem Verständnis der Wechselwirkungen im System Erde wird nur durch die enge Kooperation zwischen den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der verschiedenen geowissenschaftlichen Disziplinen und über die Grenzen der Disziplinen hinweg zu erreichen sein.

JG02 Theory and Methods of Potential Fields (IAG, IAGA) *Dimitrios Tsoulis*

Das Symposium JG02 wurde von der IAG zusammen mit der Internationalen Assoziation für Geomagnetismus und Aeronomie (IAGA) veranstaltet. Es wurde von Dimitrios Tsoulis (Griechenland, IAG), Sten Claessens (Australien, IAG) und Maurizio Fedi (Italien, IAGA) geleitet. In drei Sessions wurden Beiträge aus dem breiteren Spektrum der Potenzialfelder in der Geodäsie und Geophysik präsentiert. Die Beiträge der ersten zwei Sessions befassten sich mit spezifischen geodätischen und geophysikalischen Anwendungen, während die letzte Session eher theoretisch orientierte Vorträge zusammenführte, die auf verschiedene Probleme der Potenzialtheorie eingingen. Die meisten Präsentationen haben sich auf die aktuellen terrestrischen Daten sowie Satellitenverfahren bezogen. Die Verfügbarkeit globaler digitaler Gelände- und Krustendatenbanken mit aufsteigender Auflösung sowie Satellitendaten, die geometrische und dynamische Größen des sich wandelnden Erdsystems darstellen, ermöglicht die erneute Behandlung klassischer Probleme aus theoretischer, aber besonders auch aus numerischer und rechnerischer Sicht. So berichtete beispielsweise R. Pail (TU München) über die Möglichkeit einer globalen Berechnung von Geländekorrekturen mittels Einsatz von parallelen Rechenverfahren und SRTM-Geländehöhen mit einer 3"-Auflösung. C. Braatenberg (Italien) beschrieb die Korrelation zwischen Schwere und Topographie im Hinblick auf die isostatischen Eigenschaften und die DichteVerteilung der Lithosphäre. Im dritten Vortragsblock stellte T. Fukushima (Japan) einen Überblick von analytischen und numerischen Methoden vor, die das Schwere- sowie Magnetfeld von geometrischen Idealverteilungen, wie etwa Quader oder Polyeder, effizient berechnen. Im gut besuchten Symposium fiel besonders die Bereitschaft der Teilnehmer, Geodäten und Geophysiker, auf, sich über diese spannenden Fragen wissenschaftlich auszutauschen.

JG03 Near-Real Monitoring of Regional to Global Scale Water Mass Changes (IAG, IAHS) *Adrian Jäggi*

Dieses von IAG und IAHS gemeinsam organisierte Symposium hatte die Zielsetzung, die Techniken der Satelliten-Gravimetrie und der Fernerkundung mit der Hydrologie zusammenzubringen, um dadurch die Umlagerung von Wassermassen in nahezu Echtzeit zu studieren und besser verstehen zu können. Dazu passend wurde das Symposium mit einem eingeladenen Beitrag von A. Kvas (Graz) über den operationellen Testlauf des Near-real Time (NRT) Prototype Service im Rahmen des H2020 Projekts European Gravity Service for Improved Emergency Management (EGSIEM) eröffnet. Die während drei Monaten kurz vor Ende der GRACE Mission operationell mit einer

Verzögerung von meist weniger als 24 Stunden generierten, täglichen Schwerefeldlösungen haben dabei das Potenzial, hydrologische Extremereignisse (z.B. großflächige Überflutungen) in nahezu Echtzeit zu detektieren und damit wichtigen, zusätzlichen Input für Frühwarnsysteme zu liefern. In einem zweiten eingeladenen Beitrag präsentierte B. Li stellvertretend für M. Rodell (NASA GSFC) aktuelle Ergebnisse zur operationellen Überwachung von Grundwasser und Bodenfeuchte mittels Assimilierung von GRACE Daten. Die daraus wöchentlich generierten Indikatoren, die über das U.S. National Drought Mitigation Center verteilt und operationell in den U.S. Drought Monitor eingespeist werden, wurden dabei insbesondere auch global berechnet. C.K. Shum (Ohio) unterstrich die Wichtigkeit eines zeitnahen Monitorings des Erdschwerefelds anhand verschiedener Extremereignisse, z.B. die durch den Taifun Vicente 2012 verursachten Überflutungen in Süd-China. In den letzten beiden Beiträgen des Symposiums demonstrierten Q. Chaffaut und J. Hinderer (Straßburg) schließlich den Mehrwert von Messungen supraleitender Gravimeter für das Verständnis von Wasserumlagerungen auf räumlich sehr viel kleineren Skalen. Q. Chaffaut studierte dabei für das Strengbach Tal in den Vogesen die Umverteilung von Wasser auf Zeitskalen von Minuten bis Wochen. J. Hinderer präsentierte Untersuchungen, die auf einer acht Jahre umfassenden Zeitreihe supraleitender Gravimeter Messungen in Benin basieren und ein besseres Verständnis der hydrologischen Prozesse liefern und insbesondere zusammen mit relativen Gravity Messungen (hybrid hydro-gravimetry) ein kontinuierliches Monitoring der Änderungen in der Wasserspeicherung ermöglichen.

JG04 Geodesy for Atmospheric and Hydropheric Climate Research (IAG, IAMAS, IACS, IAPSO)

Annette Eicker

JG04 wurde als Joint Symposium unter Federführung der IAG gemeinsam mit den drei IUGG-Assoziationen IAMAS (Atmosphäre), IAPSO (Ozean) und IACS (Kryosphäre) organisiert. Insgesamt 18 Vorträge und 7 Poster zeigten neueste Entwicklungen in der Nutzung geodätischer Datensätze für die Klimaforschung. Die große Bandbreite der in den Präsentationen behandelten Beobachtungsverfahren (GRACE, Satellitenaltimetrie, GNSS-Auflastdeformationen, GNSS-Wasserdampfbestimmung, Radio-Okkultation) konnte eindrucksvoll demonstrieren, wie vielfältig die Beiträge geodätischer Nutzergruppen zu diesem Thema sind. Neben der individuellen Anwendung der unterschiedlichen Beobachtungstypen zur Detektion klimarelevanter Signale war auch ein Trend zur Kombination der verschiedenen Datensätze unter Ausnutzung von Synergieeffekten klar erkennbar.

Zu Beginn der Session stellte N. Gomez (Kanada) in einem eingeladenen Vortrag eine neue Generation gekoppelter Eisschild-Ozean-Modelle vor und machte deutlich,

wie ein Vergleich mit GRACE- und GNSS-Beobachtungen zu einer Verbesserung dieser Modelle beitragen kann. Es folgte mit A. Cazenave (Frankreich) eine weitere eingeladene Vortragende, die den aktuellen Stand der Zerlegung mit Altimetrie beobachteter Meeresspiegelvariationen in ihre unterschiedlichen Komponenten (Wärmeausdehnung, Massenänderung durch das Schmelzen von Eismassen sowie Änderungen im kontinentalen Wasserspeicher) skizzierte. Weitere Anwendungen der Satellitenaltimetrie bezogen sich auf langzeitige Veränderungen der Wasserstände in Inlandgewässern (C. Schwatke, DGFI-TUM, München).



Impressionen von der IUGG

Foto: <https://flicperverts.smugmug.com/IUGG>

Ein nächster größerer Block der Session widmete sich neuartigen Anwendungen der GRACE-Schwerefeldbeobachtungen. Hier zeigten sich Tendenzen zu einer Ausweitung der mit GRACE untersuchbaren Zeitskalen, einerseits in Richtung hochfrequenter (täglicher) Massenvariationen und andererseits hin zu ersten Vergleichen der noch relativ kurzen GRACE-Zeitreihe mit Langzeitrends aus Klimamodellen (A. Eicker und L. Jensen, HCU Hamburg). Zur Bestimmung räumlich hochauflöster Massenveränderungen wurden aus GNSS abgeleitete Auflastdeformationen als unabhängiger Beobachtungstyp präsentiert (z.B. durch R. Dill, GFZ Potsdam) und eine Kombination dieser Daten mit GRACE als vielversprechende Perspektive vorgestellt.

In einem weiteren eingeladenen Vortrag diskutierte G. Kirchengast (Graz, Österreich) den Beitrag satellitengeodätischer Radio-Okkultationsbeobachtungen zur Messung des Wärmeinhalts der Atmosphäre und des Wärmeaustauschs zwischen Atmosphäre und Ozean. Ein anschließender großer Block zur Bestimmung des Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre aus der Laufzeitverzögerung von GNSS-Signalen demonstrierte den Stellenwert dieses Beobachtungstyps für die Untersuchung von Klimaveränderungen (z.B. P. Yang, KIT, Karlsruhe und G. Dick, GFZ Potsdam). Als eine neuartige Anwendung wurde in diesem Kontext die Vorhersage der Zugbahnen großer Hurrikane mit Hilfe von GNSS präsentiert.

Die während der IUGG General Assembly in Montreal beschlossene Gründung eines neuen IAG Inter-Commission Committees mit dem Titel »Geodesy for Climate

Research« zeigt, dass dem Thema der Session auch in den kommenden Jahren eine wichtige Bedeutung innerhalb der geodätischen Community zukommen wird.

JG05 Remote Sensing and Modelling of the Atmosphere (IAG, IAGA, IAVCEI)

Michael Schmidt

Das Symposium JG05 fand am 13. und 14. Juli 2019 statt und bestand aus vier Vortragssessions und einer Postersession. Es wurde gemeinsam von den Assoziationen IAG – insbesondere durch die Subkommission 4.3 »Atmosphere Remote Sensing« der IAG-Kommission 4 »Positioning and Applications« –, IAGA, IAMAS und IAVCEI organisiert und von Michael Schmidt (Deutschland, IAG), Lung-Chih Tsai (Taiwan, IAG), Robert Heinkelmann (Deutschland, IAG), Claudia Stubenrauch (Frankreich, IAMAS), Veronika Barta (Ungarn, IAGA) und Arnau Folch (Spanien, IAVCEI) geleitet. Es gab insgesamt 19 wissenschaftliche Vorträge, die durch 21 Posterbeiträge ergänzt wurden. Im Folgenden wird insbesondere über geodatisch relevante Beiträge berichtet.

Die beiden ersten Vortragssessions standen unter dem Motto »From Ionosphere to Troposphere«. Verschiedene Vorträge beinhalteten dabei die Nutzung von InSAR. So wurde gezeigt, dass InSAR ein Verfahren darstellt, mit dem extreme Ereignisse innerhalb der Gesamtatmosphäre detektiert werden können (M. Furuya, Japan). Mittels eines Sensors können beispielsweise sowohl die Eigenschaften der sporadischen E-Schicht innerhalb der Ionosphäre als auch die Wasserdampf- und Regentropfenverteilung innerhalb der Troposphäre bei extremen Regenfällen festgestellt werden.

Weiterhin wurde ein hybrides Echtzeit-Modell des »Vertical Total Electron Content« (VTEC) in der Ionosphäre vorgestellt (M. Schmidt, DGFI-TUM, Deutschland). Das Modell besteht aus einem prognostizierten globalen VTEC-Modellanteil, der aus GNSS-Daten mit einer Latenzzeit von weniger als drei Stunden abgeleitet wird und einem zusätzlichen Modellanteil, der Streaming-Daten globaler GNSS-Echtzeit-Stationen verwendet. Dieses Modell ist ein Produkt, das auch in den Arbeiten der sehr aktiven IAG-Arbeitsgruppe 4.3.1 »Real-Time Ionosphere Monitoring« Berücksichtigung findet. Ein weiterer Beitrag beinhaltete die erste unabhängige Validierung der Topside des »Empirical Canadian High Arctic Ionospheric Models« (E-CHAIM) durch in-situ-Messungen der Elektronendichte, z.B. von CHAMP (D. Themens, Kanada). Dabei wurde festgestellt, dass E-CHAIM eine deutliche Verbesserung gegenüber dem IRI-Modell in einer Höhe zwischen 350 und 450 Kilometern darstellt.

Die beiden weiteren Vortragssessions standen unter dem Motto »Low atmosphere and GNSS reflectometry«. Ein wichtiger Diskussionspunkt war hierbei der Vergleich der neuen Vienna Mapping Function 3 (VMF3) mit der Version VMF1 – letztere ist in den derzeitigen IERS-Kon-

ventionen enthalten (T. Nikolaïdou, Kanada). VMF1 und VMF3 liefern beide Laufzeitverzögerungen in Zenitrichtung sowie Mapping-Funktionskoeffizienten, um die Laufzeitverzögerung unter beliebigen Elevationswinkeln berechnen zu können. Berichtet wurde über signifikante Widersprüche in den berechneten Laufzeitverzögerungen, die bei 519 GNSS-Stationen aufgetreten waren, nachdem VMF1 durch VMF3 ersetzt wurde. Weitere Vorträge innerhalb dieser Sessions beschäftigten sich mit Fortschritten bei der Qualitätsbewertung und Validierung troposphärischer Parameter (K. Wilgen, Schweiz) sowie der Bewertung der Unterschiede in den Wasserdampf-eigenschaften, die durch MODIS- und MERSI-Kanäle beobachtet wurden (Z. Liu, Hong Kong).



foto: <https://picorevents.smugmug.com/IUGG>

In weiteren Beiträgen (Vorträge und Poster) wurde über die vielfältigen und herausragenden Aktivitäten der »Working Groups« und der »Joint Working Groups« der IAG-Subkommission 4.3 »Atmosphere Remote Sensing« innerhalb der letzten vier Jahre berichtet. Genannt seien die Echtzeitmodellierung (Garcia-Rigo, Spanien), die Ionosphären-Prädiktion (M. Hoque, DLR, Deutschland) und die GNSS-Reflektometrie (F. Nievinski, Brasilien). Weitere Vorträge und Poster deutscher Hauptautoren behandelten Themen der Ionosphären- (A. Schlicht, TUM), der Thermosphären- (M. Schmidt, DGFI-TUM), der Plasmasphären- (T. Gerzen, DGFI-TUM) und der Troposphären-Modellierung (R. Heinkelmann und S. Glaser, beide GFZ Potsdam).

JP01 Tides of the Oceans, Atmosphere, Solid Earth, Lakes and Planets (IAPSO, IAHS, IAMAS, IAG)

Andreas Richter

So wie die IUGG-Generalversammlung 2019 insgesamt im Zeichen des 100. Jubiläums der Gründung der IUGG stand, so war das von IAPSO, IAHS, IAMAS und der IAG gemeinsam ausgetragene Symposium JP01 zu »Gezeiten der Ozeane, Atmosphäre, der festen Erde, der Binnenseen und Planeten« wesentlich vom 100. Jahrestag der Gründung des Liverpool Tidal Institute motiviert. Traditionsgemäß widmete sich die überwiegende Mehrheit der

mündlichen Präsentationen des Symposiums den Ozeangezeiten. Ungeachtet der inhaltlichen Vielfalt traten innerhalb der Vorträge zu dieser thematischen Ausrichtung zwei Themenkomplexe besonders deutlich hervor.

Einerseits betraf dies eine Reihe von Vorträgen, die zeitlichen Veränderungen des Ozeangezeitensignals gewidmet war. Die vorgestellten Arbeiten beschäftigten sich mit dem messtechnischen Nachweis dieser zeitlichen Änderungen, im Wesentlichen auf Pegelreihen gestützt, sowie mit deren kausalen Bezügen zum Klimawandel und zu lokalen, anthropogenen Veränderungen. Andererseits setzte sich eine Serie von Vorträgen mit dem Beitrag interner Gezeiten zu Ozeangezeiten auseinander. Innerhalb dieser Gruppe von Beiträgen wurden aktuelle Ergebnisse der Beobachtung der räumlichen Modulation des Gezeitensignals durch die internen Gezeiten auf der Grundlage satellitentaltimetrischer Daten sowie Bemühungen der Integration der Effekte der internen Gezeiten in der neuesten Generation von globalen Ozeangezeitenmodellen (z.B. FES 2020) vorgestellt.

In Bezug auf die Gezeiteeffekte der festen Erde standen Fortschritte bei der Ableitung von Love-Zahlen aus supraleitgravimetrischen Aufzeichnungen im Mittelpunkt. Als komplementäres Messverfahren zur Quantifizierung der gezeitenbedingten Deformation wurden Erfahrungen mit interferometrischen Strainmessern in Kalifornien vorgestellt. Weitere Vorträge zu atmosphärischen Gezeiten, Seengezeiten und zu Gezeiten von Planeten und Monden unseres Sonnensystems vervollständigten das thematische Spektrum des Symposiums. Dieses Spektrum von Forschungsarbeiten zu den durch die Gezeitenkräfte im System Erde hervorgerufenen Effekten und Phänomene spiegelte sich in ganz ähnlicher Weise auch in den zahlreichen Posterpräsentationen im Rahmen dieses Symposiums wider.

JS01 Cryoseismology (IASPEI, IACS, IAG)

Mirko Scheinert

Das Joint Symposium JS01 wurde gemeinsam von den drei Assoziationen IASPEI (Seismologie und Physik des Erdinneren), IACS (Kryosphäre) und IAG (Geodäsie) ausgerichtet. Es umfasste eine Vortragssitzung und eine Postersitzung, beides am 13. Juli 2019, und wurde von M. Kanao (Japan), D. Wiens (USA), T. Bartholomaus (USA) und M. Scheinert (Deutschland) organisiert und geleitet.

Die Kryosphäre, die nicht nur die kontinentalen Eisschilde und Gebirgsgletscher, sondern auch Meereis, Permafrost und Schneeauflage umfasst, ist starken Änderungen unterworfen. Mit geodätischen Methoden können Vorgänge an der Oberfläche (Höhenänderungen, Fließgeschwindigkeiten), aber auch Massenänderungen und damit der Massenaustausch mit den anderen Sphären beobachtet werden. Andererseits rufen viele der in der Kryosphäre ablaufenden Prozesse Erschütterungen hervor, die sich als Schwingungen im Eiskörper bzw. in der

festen Erde (und vice versa) fortsetzen. Die Analyse dieser seismischen Signale erlaubt es, Anregungen und Reaktionen im System Erde zu untersuchen.

Die Anwendungen umfassen dabei ein weites Spektrum. So kann z.B. die Analyse kleiner Eisbeben oder glazial induzierter Erdbeben dabei helfen, den Aufbau der Erde bzw. Eigenschaften der Teilsysteme (wie z.B. die Rheologie des Mantels) besser zu verstehen. Die Existenz von intraglazialen Unebenheiten führt zu einem typischen kryoseismischen Tremor, ausgelöst durch die Dynamik von Eisschild und Gletschern bis hin zum Übergang zu Eisbergen und Meereis. Auf der Meeresseite, im Südozean, führen in Regionen mit großen Schelfeisenen (wie z.B. Ross-Schelfeis) atmosphären- und ozeangetriebene Anregungen zu Schwere- bzw. elastischen Wellen mit typischen Perioden von 300 s bis 10 s. Diese Wellen können zu einer verstärkten Öffnung von bereits existierenden Spaltenzonen führen oder das Kalben von Eisbergen final auslösen. Die Aufzeichnung seismischer Daten ermöglicht so auch die Detektion von Lokationen, an denen Schelfeise am Untergrund aufsetzen. Die Eigenschaften der polaren Eisschilde in Bezug auf die Ausbreitung von seismischen Wellen ermöglichen die Anwendung einer passiven Methode zur Messung der Eisdicke – und damit eine Alternative bzw. Ergänzung zu Methoden der direkten Messung (Radar) bzw. indirekten Ableitung durch Inversion (z.B. aus Schweredaten). Schließlich eröffnen Methoden der seismischen und Infrasoundaufzeichnung das Entstehen von Lawinen zu untersuchen und damit zu einer verbesserten Überwachung und Vorhersage zu gelangen. Ebenso werden mit der Analyse von aufgezeichneten mikroseismischen Ereignissen die Prozesse an der Grenzfläche zwischen Eis und Felsuntergrund untersucht, um die Abfolge von basalem Gleiten und temporärer Haftung besser zu verstehen. Die beiden letztgenannten Untersuchungen sind vor allem für alpine Gletscher bedeutsam und wurden von Kollegen aus der Schweiz vorgestellt.

Das Symposium zeigte eindrucksvoll, dass die Kryoseismologie zu topaktuellen Forschungsfeldern gehört und völlig neue Methoden liefert, die in Kombination mit Strategien bzw. Messmethoden benachbarter Disziplinen zu neuen Möglichkeiten führt, die Eigenschaften der verschiedenen Komponenten der Kryosphäre und ihrer Wechselwirkungen im System Erde zu untersuchen.

Darüber hinaus ist die halbstündige *Union Lecture* »Singing seismograms: Harmonic tremor signals in seismological records« hervorzuheben, die von Vera Schlindwein (Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven) am 16. Juli 2019 gehalten wurde. Auf den ersten Blick ein Nebenschauplatz ihrer Forschung, zeigte Vera Schlindwein sehr eindrucksvoll, wie natürlicher Tremor (Abfolge von Erschütterungen oder Kleinbeben) ein andauerndes harmonisches Spektrum hervorruft, mit gleitenden Frequenzen und einer Folge von entsprechenden Obertönen. Insbesondere präsentierte sie Tremor, der in Eisbergen in der

Antarktis durch Kollisionen oder Fließen in Spalten hervorgerufen wird. »Übersetzt« in ein für das menschliche Ohr hörbares Spektrum waren beeindruckende Abfolgen von harmonischen Grundtönen und Obertönen zu erleben.

JS05 Probabilistic & Statistical Approaches in Geosciences (IASPEI, IAG, IAVCEI)

Jan Saynisch

Die Session JS05 beinhaltete zwei Vortragsblöcke und einen Posterblock. Die eher mathematisch-methodische Ausrichtung der Session resultiert naturgemäß in einer großen thematischen Vielfalt der behandelten Anwendungsgebiete. So gab es beispielsweise Beiträge zu Niederschlagsvariationen, Vulkanen, Gravimetrie, Ozeanographie und Seismik. Doch auch das Spektrum der präsentierten und diskutierten Methodenkomplexe war weit aufgestellt und umfasste Beiträge zur Inversion von Beobachtungen, zur Simulation geophysikalischer Prozesse und zur Fehlerabschätzung. Einige aktuelle Strömungen ließen sich dennoch herauslesen. Dies ist zum einen die Echtzeitanwendung statistischer Methoden und zum anderen die Nutzung von Maschine Learning. Wobei gut ein Drittel der Vorträge, quer durch alle bereits angedeuteten Methodenkomplexe und Themenbereiche, Maschine Learnig beinhaltete. Auch die zwei deutschen Beiträge befassten sich mit dem Thema. Zum einen präsentierte Cai (Universität Stuttgart) eine verbesserte Methode, um das Training fortschrittlicher neuronaler Netzwerke zu regularisieren. Zum anderen präsentierte J. Saynisch (GFZ Potsdam) ihre ebenfalls auf neuronale Netzwerke basierende Inversion von Satelliten-Magnetfeldbeobachtungen, um den ozeanischen Wärmehaushalt zu bestimmen.

Es wird interessant zu sehen, wie sich das Verhältnis klassischer und neuer Ansätze in Zukunft entwickelt und ob es auf eine Verdrängung, Koexistenz oder effektive Fusion hinausläuft.

5 IAG Symposia

G01 Reference Systems and Frames

Susanne Glaser und Axel Nothnagel

Die Session G01 Reference Frames konnte bei dieser Generalversammlung mit 28 gehaltenen Vorträgen in 5 Sessionen sowie mit 25 Posterpräsentationen aufwarten. In vielen der Vorträge und Poster kam die breite Akzeptanz des ITRF2014 und seine Nutzung als qualitativ hochwertiger Bezugsrahmen zum Ausdruck. Ein weiteres bestimmendes Thema war die Vorbereitung zur neuen Realisierung ITRF2020 des Internationalen Terrestrischen Referenzsystems (ITRS). Hier arbeiten die geometrieeorientierten Dienste der IAG (ILRS, IGS, IDS, IVS) verstärkt an der Beseitigung und Reduzierung verbleibender

Restsystematiken. Es ist davon auszugehen, dass die Diskrepanz im Netzmäßigstab von derzeit 1,37 ppb (entspricht ~9 mm auf der Erdoberfläche) zwischen SLR und VLBI im ITRF2020 signifikant reduziert werden kann. Zu nennen sind hier Fortschritte bei den technik-spezifischen range biases der SLR-Messungen und eine verbesserte Modellierung der Deformationen der VLBI-Radioteleskope. Möglicherweise kann auch GNSS zu einer unabhängigen Realisierung des Netzmäßigstabes beitragen, wenn die von der GSA (European GNSS Agency) veröffentlichten Antennenkalibrationen verwendet werden.

Neben globalen Referenzrahmen lag ein weiterer Schwerpunkt auf der Modernisierung und Vereinheitlichung regionaler Referenzrahmen mit Vorträgen aus Europa, Nord- und Südamerika, Australien und Neuseeland, vor allem im Hinblick auf globale Konsistenz und Verdichtung. Auch hier diente in den meisten Fällen der ITRF2014 als Bezugssystem. Besonders wertvoll für viele der präsentierten Untersuchungen und Schlussfolgerungen war der offene Datenzugang. Es wurde explizit herausgestellt, dass sich dadurch vielerlei Möglichkeiten zu wissenschaftlichen Untersuchungen eröffnen, die die Geodäsie in der öffentlichen und fachlichen Wahrnehmung weithin sichtbar machen. Zu bemerken ist dazu auch, dass die Bundesrepublik Deutschland aufgrund der nicht offen verfügbaren SAPOS-Rohdaten (RINEX-Dateien) bis auf einzelne Punkte des BKG-GREF-Netzes einen weißen Fleck in dem ansonsten dicht gefüllten europäischen Vektorfeld der jährlichen Punktbewegungen darstellt.

Schließlich ist noch zu berichten, dass sowohl in der IAG als auch in der IUGG eine Resolution zur Nutzung des »International Terrestrial Reference Frame (ITRF)« als einheitlichen globalen Referenzrahmen verabschiedet wurde. Diese empfiehlt der Nutzergemeinschaft, den ITRF als Standardreferenzrahmen für Positionsbestimmungen, Satellitennavigation und Anwendungen in den Erdwissenschaften sowie für die Festlegung und den Datumsübergang nationaler und regionaler Referenzrahmen zu verwenden (IUGG Resolution 2, www.iugg.org/resolutions). Des Weiteren hat die IAG eine Resolution verabschiedet, die den neuen International Celestial Reference Frame (ICRF3) als aktuell gültigen himmelfesten Referenzrahmen festlegt.

G02 Static Gravity Field and Height Systems

Roland Pail und Thomas Gruber

Viele Beiträge der Session »Statisches Schwerefeld« waren verknüpft mit den beiden IAG-Resolutionen der abgelaufenen IAG-Periode 2015–2019. Im Bereich des Internationalen Absolutschwere-Referenzsystems wurde die Systemdefinition fertiggestellt, während die Realisierung in der nächsten IAG-Periode erfolgen soll. Signifikante Fortschritte konnten auch bei der Umsetzung eines Internationalen Höhenreferenzsystems (IHRS/IHRF)

erzielt werden. Es erfolgte unter anderem eine vorläufige Auswahl der Referenzstationen. Daneben wurde über umfangreiche methodische Fortschritte berichtet. Damit verknüpft war eine IAG-Arbeitsgruppe »Das 1 cm Geoid-Experiment«. In dieser wurden von 15 internationalen Gruppen im Testgebiet Colorado (US) basierend auf denselben Eingangsdaten absolute Potenzialwerte und Höhenanomalien entlang einer neu eingeschlossenen Nivellierlinie berechnet. Der Vergleich dieser unabhängigen Höhenanomalie-Lösungen ergab eine erfreuliche Konsistenz von ca. 2 cm. Diese Konsistenz von unterschiedlichen regionalen Schwerefeldmethoden stellt eine wichtige Basis für die zukünftige Realisierung des IHRF dar.

Überregionale Konsistenz wird durch den Erfolg der Satelliten-Schwerefeldmissionen der ersten Generation erreicht. Eine finale GOCE-Repräsentierungskampagne ergab eine Verbesserung von statischen globalen Schwerefeldmodellen von im Durchschnitt ca. 20 %, aber bis zu 100 % in bestimmten Regionen. Dies ist primär auf eine verbesserte Kalibrierungsstrategie des GOCE-Gradiometers zurückzuführen. Die erreichte Genauigkeit von GOCE von 1 bis 2 cm Geoidhöhen genaue auf 100 km Wellenlänge konnte durch externe Validierung nachgewiesen werden. Neue kombinierte Schwerefeldmodelle weisen eine signifikant erhöhte Genauigkeit verglichen mit dem EGM2008 auf, wobei ca. 80 % auf die Integration von GOCE-Daten und 20 % auf neue und verbesserte terrestrische und Flugzeugdaten zurückzuführen sind. Das PGM2017, eine Vorläufermodell für das EGM2020, zeigt grundsätzlich eine gute Performance. Es konnten aber durch internationale Validierungsaktivitäten im Rahmen einer IAG-Arbeitsgruppe auch einige kritische Regionen identifiziert werden (z.B. Deutschland und einige Regionen in den USA), wo für das finale EGM2020 diverse Nacharbeiten erforderlich sein werden. Zahlreiche Verbesserungen konnten auch im Bereich der regionalen Geoidmodellierung in vielen Regionen der Erde erzielt werden, z.B. Afrika, Antarktis, Nordamerika und Mittelmeer. Des Weiteren wurden neue und weiterentwickelte Konzepte für neue Messtechnologien präsentiert, z.B. Uhren-Netzwerke zur Anwendung relativistischer Geodäsie zur Bestimmung von Höhendifferenzen über Ozeane hinweg, aber auch verbesserte Messinstrumente für Satellitenanwendungen.

Kolleginnen und Kollegen der deutschen Erdmessung hatten großen Anteil am Erfolg der Session. Neben der Session-Leitung durch Roland Pail (TU München) gab es Keynote-Präsentationen von Laura Sanchez (TU München) zur ersten Realisierung des IHRF, Thomas Gruber (TU München) zur Validierung hochauflösender Schwerefeldmodelle und Jakob Flury (Leibniz Universität Hannover) zu relativistischen Methoden der Geodäsie. Weiterhin zu erwähnen sind Beiträge von an deutschen Forschungseinrichtungen tätigen Nachwuchswissenschaftlern, wie etwa die zwei Beiträge von Martin Willberg und Liu Qing (beide TU München) zum internationalen »1 cm Geoid-Experiment«, Yang Meng (TU München) und Sinem Ince

(GFZ Potsdam) zur topografischen Vorwärtsmodellierung, Christian Siemes (Niederlande) zur neuen GOCE-Gradiometerkalibrierung und Sinem Ince (GFZ Potsdam) zur Schiffssgravimetrie im baltischen Raum und dem DIR6-Schwerefeldmodell. Weitere deutsche Beiträge waren die Berichte über eine neue Antarktische Schwerefeldlösung von Mirko Scheinert (TU Dresden) sowie Uhrennetzwerke zur Schwerefeldmodellierung von Jürgen Müller (Leibniz Universität Hannover).



Impressionen von der IUGG

Foto: <https://picorpevents.smugmug.com/IUGG>

G03 Time Variable Gravity Field Matthias Weigelt und Frank Flechtner

Das Symposium G03 wurde von der IAG Commission 2 »Gravity Field« ausgerichtet. Sieben Vortragsblöcke und eine Postersession waren auf drei Tage verteilt. Dazu waren insgesamt 39 Vorträge und 22 Poster angemeldet.

Das bestimmende Thema der zugehörigen Sessions waren die Satellitenmissionen GRACE und GRACE Follow-On. Die Ergebnisse der letzteren waren mit Spannung erwartet worden. Erste Ergebnisse wurden jeweils von F. Flechtner vom GeoForschungsZentrum (GFZ) Potsdam sowie dem Jet Propulsion Laboratory (JPL) der NASA und dem Center for Space Research (CSR) der Universität von Texas präsentiert. Das Highlight der GRACE Follow-On Mission ist das Laser Ranging Interferometer (LRI), das ein Technologiedemonstrator für künftige Schwerefeldmission ist. Es wurde am 13. Juni 2018 eingeschaltet und konnte seitdem in zwei Messkampagnen erfolgreich Daten über mehrere Monate sammeln. Aufgrund der geringeren Wellenlänge zeigt das LRI im Vergleich zum herkömmlichen Mikrowellen-K-Band-System ein deutlich geringeres Messrauschen, das sich bei GRACE-FO durch die Überlagerung von anderen Störfaktoren momentan aber noch nicht in verbesserten Schwerefeldlösungen niederschlägt. Gleichzeitig funktioniert das Akzelerometer an Bord des zweiten Satelliten leider nicht wie gewünscht, und die Daten müssen vom ersten Satelliten »transplantiert« werden. Besondere Aufmerksamkeit erregte, dass das GFZ neben den üblichen Level-2 Schwerefeldprodukten in Form von Kugelfunktionskoeffizienten auch Level-3 in Form von fertig aufbereiteten Gittern

zur einfacheren Benutzung in ihrem Gravity Information Service (GravIS) zur Verfügung stellt.

Die Satellitenmission GRACE endete zwar am 10. Oktober 2018, die wertvollen Messdaten werden aber weiterhin ausgewertet – mittlerweile im Release 06 der Prozessierungszentren am GFZ, JPL und CSR. Ein weiteres Release wird nötig werden, um auch von den neuesten Hintergrundmodellen und weiter verbesserten Instrumentendaten profitieren zu können. Ein Datum für das Release



Foto: <https://picorp-events.smugmug.com/IUGG>

steht noch nicht fest. Gleichzeitig erfordert die entstandene Lücke zwischen den Datensätzen von GRACE und GRACE Follow-On eine Kalibrierung, die beide Datensätze miteinander verbindet. Mögliche Ansätze wurden basierend auf GNSS- und SLR-Datensätzen gezeigt. Daneben wurden auch die mittlerweile sehr beliebten, aber regularisierten Mascon-Lösungen sowie GRACE-Lösungen basierend auf alternativen Ansätzen von S. Behzadpour (Technischen Universität Graz), von J. Flury (Leibniz Universität Hannover) und der Wuhan Universität, China, präsentiert. Besonders die Lösungen der TU Graz überzeugen durch ihre ausgeklügelte stochastische Modellierung und Parametrisierung.

Vergleichsweise neu sind Bestrebungen, aus der Vielzahl von Lösungen der verschiedenen Prozessierungszentren eine kombinierte Lösung zu bestimmen. U. Meyer (Universität Bern, Schweiz) und Analysis Coordinator des neuen Produktzentrums »Combination Service for Time-variable Gravity Field Solutions« (COST-G) des International Gravity Field Service (IGFS) der IAG präsentierte Lösungen, die sowohl auf Normalgleichungsebene als auch auf Koeffizientenebene mittels Varianzkomponentenschätzung kombiniert wurden. Auch P. Ditmar (TU Delft, Niederlande) zeigte kombinierte Lösungen, deren Gewichte im Raumbereich an Gitterpunkten bestimmt wurden. Beide Lösungsansätze zeigen, dass eine Kombination zur Reduktion des Rauschens gegenüber den einzelnen Lösungen führt und somit eine höhere räumliche Auflösung ermöglichen.

Angewandte GRACE-Daten und Ergebnisse wurden in einer Vielzahl von Sessions der IUGG diskutiert. Innerhalb von GS003 lag der primäre Fokus auf hydrologischen Signalen mit weiteren Beiträgen zu Variationen

der Ozean- und Eismassen. Besonders interessant waren dabei die Nutzung der Satellitendaten zur Beobachtung von Dürreereignissen sowie die mögliche Modellierung von Kurzzeitvariation mittels der Erhöhung der zeitlichen Auflösung durch Kalman-gefilterte Lösungen oder durch empirische Transferfunktionen. Komplementär zu den Satellitendaten wurden Ergebnisse der terrestrischen Gravimetrie im Zusammenhang mit Wassermassenvariationen des Lake Nasser in Ägypten und spektrale Analysen der Gezeitenbeobachtung präsentiert. Ein komplett neues Forschungsfeld eröffnet sich durch den Einsatz optischer Gitteruhren. Die unter Laborbedingungen erreichten Genauigkeiten erlauben eine Beobachtung von Krustendeformationen im Millimeterbereich. Aufgrund des Aufwandes und der Kosten ist eine Gitteruhr momentan jedoch eher eine Ergänzung zu den üblicherweise eingesetzten GNSS-Beobachtungen.

Auch bei den Satellitenmissionen wird bereits in die Zukunft geblickt und Konzepte für Missionen nach GRACE Follow-On diskutiert. Die momentan bevorzugte Konstellation ist die sogenannte »Bender-Konstellation«, bei der zu dem Satellitenpaar in einer polaren Umlaufbahn ein zweites Satellitenpaar in einer Umlaufbahn mit etwa 70°-Neigung ergänzt wird. Simulationen von verschiedenen Gruppen bestätigen, dass damit eine erhebliche Steigerung der räumlichen und zeitlichen Auflösung möglich ist. Eine interessante Alternative zu dieser Konstellation ist das MOBILE-Konzept, das von R. Pail (Technische Universität München) vorgestellt und der ESA als Antwort auf den Earth Explorer 10-Aufruf vorgeschlagen wurde. Dieses System sieht eine Reihe von niedrig- und hochfliegenden Satelliten vor, deren Relativbewegung mit Laserinterferometern beobachtet werden. Auch hier ist eine erhebliche Genauigkeitssteigerung gegenüber einem einzelnen Satellitenpaar möglich.

G04 Earth Rotation and Geodynamics

Robert Heinkelmann

Das wichtigste Thema im Bereich Erdrotation ist die Erneuerung der Präzessions- und Nutationsmodelle, die im Rahmen der gemeinsamen Arbeitsgruppe von IAG und IAU zur »Theorie der Erdrotation und deren Validierung« vorangetrieben wird (R. Heinkelmann, GFZ Potsdam). Gemessen am heutigen Genauigkeitsniveau der Beobachtungen erlauben die aktuellen theoretischen Modelle keine exakte Vorhersage der Erdorientierungsparameter mehr. Für die Verbesserung der Theorie werden verschiedene Maßnahmen geprüft: die Verbesserung der Konsistenz zwischen Präzession- und Nutationsmodellen, das Verwenden aktueller Modelle und einheitlicher Standards und der Einbezug neuester Ergebnisse der Beobachtung der Erdrotation. So wird beispielsweise an der Weiterentwicklung des FCN Modells (von Englisch: Free Core Nutation, freie Nutation des Erdkerns) gearbeitet. Die größeren Exkursionen der FCN scheinen mit plötzlichen

Magnetfeldvariationen einherzugehen (S. Modiri, GFZ Potsdam). Das für die neue Präzessions- und Nutationstheorie zugrunde liegende Erdmodell soll möglichst an die tatsächliche dynamische zeitvariable Erde angelehnt sein. Um die empirischen Bausteine zu verbessern, wird besonders an der Konsistenz der wesentlichen geometrischen Produkte der geodätischen Raumverfahren, terrestrischer Referenzrahmen, Himmelsreferenzrahmen und Erdorientierungsparameter gearbeitet (B. Soja, JPL Pasadena, USA). Neben den geodätischen Raumverfahren können Erdrotationsvariationen durch Ringlaseryroskopie komplementär detektiert werden (Gebauer, GO Wettzell). Der in zwei entgegengesetzten Richtungen induzierte Laserstrahl wird im Ringlaser durch Spiegel an einen Punkt gelenkt, wodurch die Interferenz erzeugt wird, die dann ausgewertet werden kann. Der Sensor erschafft somit eine lokale inertiale Bezugsebene. Das Konzept der Ebene wird durch den neuen Sensor »ROMY« (LMU und TU München) in Fürstenfeldbruck in Form eines Tetraeders auf ein räumliches Inertialsystem erweitert. Bei diesen Sensoren besteht die Herausforderung darin, die Erdrotationsänderungen von Umwelteinflüssen zu trennen. Neben der geometrischen Beobachtung der Erdrotation können die Veränderungen des Zentrifugalpotenzials und der Einfluss der Massenverlagerungen auf das Gravitationsfeld der Erde durch gravimetrische Methoden quantifiziert werden. Die neuesten GRACE-basierten zeitvariablen Schwerefeldmodelle gestatten es beispielsweise, die geophysikalischen Anregungen der Polbewegung zu untersuchen (M. Schmidt, DGFI-TUM München). Geodätische Beobachtungsverfahren tragen ebenfalls wesentlich zur Geodynamik durch die geometrische Bestimmung von Oberflächendeformationen bei. In Montreal konnte das am Beispiel Lateinamerikas eindrucksvoll dokumentiert werden (L. Sanchez, DGFI-TUM München). Erwähnenswert ist weiterhin, dass die IAG die neue Resolution zur Erdrotation angenommen hat, siehe Abschnitt 6.

G05 Multi-Signal Positioning, Remote Sensing and Applications *Michael Schmidt*

Das Symposium G05 fand vom 15. bis zum 17. Juli 2019 statt; es bestand aus acht Vortragssessions und einer Postersession. Damit zählte es zu den größten und sichtbarsten Themengebieten der IUGG 2019. Es wurde von Marcelo Santos (Kanada), Allison Kealy (Australien), Vasilis Gikas (Griechenland), Jinling Wang (Australien) und Paweł Wielgosz (Polen) organisiert und geleitet. Es beinhaltete insgesamt 48 wissenschaftliche Vorträge, die durch 23 Posterbeiträge ergänzt wurden. Inhaltlich überspannte das Symposium G05 fast das gesamte Spektrum der IAG-Kommission 4 »Positioning and Application«. Nur die Subkommission 4.3 »Atmosphere Remote Sensing« hatte mit dem Symposium JG05 »Remote Sensing and Modelling of the Atmosphere« eine eigene Plattform.

Im Folgenden werden einige ausgewählte Beiträge aus dem Symposium G05 zusammengefasst.

Hochpräzise GNSS-Produkte erfordern die genaue Kenntnis der GNSS-Satellitenbahnen. Bei der Bestimmung von Galileo-Satellitenbahnen bewirkt die Verwendung eines Box-Wing-Modells zur Berücksichtigung des Sonnendrucks sowie weiterer empirischer Parameter eine deutliche Genauigkeitssteigerung wie aus einem Vergleich mit SLR-Lösungen gezeigt werden konnte (G. Bury, Polen). Dies liegt vor allem daran, dass das Box-Wing-Modell bis zu 97 % des Strahlungsdrucks aufnimmt. Erhebliche Fortschritte gab es in den letzten Jahren bei der Verfügbarkeit von Multi-GNSS-Signalen: dank GPS, GLONASS, Galileo und BeiDou können Nutzer derzeit Signale von fast hundert Satelliten empfangen, selbst in Gebieten mit schwierigen Umgebungsbedingungen, wie z.B. in den Häuserschluchten einer Großstadt. Um diese Informationen nützen zu können, erfordern moderne Anwendungen, wie z.B. autonomes Fahren, weitere präzise Produkte in Echtzeit. In einem Beitrag wurde ein Validierungsservice vorgestellt, der die Genauigkeit von Echtzeitkorrekturen, insbesondere für Orbit- und Uhrenprodukte, beurteilt (K. Kazmierski, Polen).

Die Nachfrage nach präzisen Positionierungstechnologien mit kostengünstigen Navigationssensoren ist in den letzten Jahren rasant gewachsen. In einem Vortrag wurden sowohl der Forschungs- und der Produktfortschritt als auch die Herausforderungen bei der Entwicklung solcher kostengünstiger Positionierungssysteme für den Massenmarkt beschrieben. Dabei wurden sowohl Lösungen mittels Multi-GNSS-Konstellationen (S. Bisnath, Kanada) als auch aus der Verknüpfung von GNSS mit Trägheitsnavigationssystemen und optischen Sensoren diskutiert (Y. Gao, Kanada). Die präsentierten Feldtestergebnisse zeigten das Potenzial dieser Kombinationsstrategien für den Massenmarkt. Andere Arbeiten zielten auf die Nutzung von InSAR ab. So wurde z.B. eine Methodik zur millimetergenauen Kartierung von Oberflächenbewegungen mittels InSAR und GNSS vorgestellt. Ihre Anwendung wurde am Beispiel der Überwachung des untertägigen Kohleabbaus und der Gasförderung im Raum Sydney demonstriert (T. Fuhrmann, Australien). Vielfach werden in ingenieurwissenschaftlichen Anwendungen hochpräzise Verschiebungen in Echtzeit oder Nahe-Echtzeit benötigt. In einem weiteren Beitrag wurde gezeigt, wie mittels GNSS-Messungen mit Taktraten von 1 Hz bis 100 Hz Verschiebungen im Submillimeterbereich detektiert werden können. Hierzu wurden kinematische Positions- und Geschwindigkeitsparameter geschätzt sowie strenge statistische Tests angewandt (A. Geiger, Schweiz).

Ferner seien hier Beiträge zur Bestimmung von Geschwindigkeiten aus GNSS (K. He, China) und zur Anwendung von »Machine Learning« zur Vorhersage des atmosphärischen »Zenith Wet Delay« (C. Kitpracha, TU Berlin) genannt. Weitere Vorträge und Poster berichteten über die Aktivitäten verschiedener IAG »Working Groups« und »Study Groups« in den vier Jahren 2015 bis 2019.

Bespielhaft sei der Beitrag über die Aktivitäten zum dreidimensionalen Punktwolken-basierten raumzeitlichen Monitoring (J. A. Paffenholz, Leibniz Universität Hannover) genannt. Hierbei handelt es sich vielfach um die Überwachung von künstlichen und natürlichen Objekten (z.B. ein historisches Brückenbauwerk bei einem Belastungstest) durch Multisensorsysteme (Laserscanner und/oder Digitalkameras).

G06 Monitoring and Understanding the Dynamic Earth with Geodetic Observations

Jens Wickert und Laura Sanchez

Das Symposium G06 bestand aus insgesamt 13 Sessions und war somit das größte der gesamten IUGG-Konferenz. Sie wurde von Richard Gross (USA) initiiert und geleitet, der von Detlef Angermann (DGFI, TU München), Matthias Madzak (Österreich) und Toshimichi Otsubo (Japan) unterstützt wurde. Ergänzt wurden diese Teilsymposien von einer Postersession mit insgesamt 31 Beiträgen. Im Fokus des Symposiums stand die umfassende Nutzung von geodätischen Beobachtungen für die Erdsystemforschung im weiteren und ganzheitlichen Sinne. Die Beobachtungen spiegeln geophysikalische Prozesse auf unterschiedlichsten raumzeitlichen Skalen wider, die in den verschiedenen Teilsphären des Erdsystems ablaufen, wie Lithosphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre oder auch verschiedene Sphären miteinander verbinden. Der zentrale Begriff für die mit G06 verbundenen wissenschaftlichen Aktivitäten ist das GGOS, das Globale Geodätische Beobachtungssystem. Die Anwendungen von GGOS gehen jedoch neben wissenschaftlichen Anwendungen auch weit in die Gesellschaft hinein und umfassen Katastrophenschutz und -minderung, den Umgang mit Ressourcen wie Energie, Wasser und Nahrungsmitteln, die Minderung der Auswirkungen des Klimawandels sowie den Schutz der Biosphäre, der Umwelt und der menschlichen Gesundheit.

Die 13 Sessions widmeten sich folgenden Themen: (1) Einführung in GGOS, (2) und (3) Geodätische Weltraumwetterforschung, (4) GGOS-Büro der Produkte und Standards, (5) Regionale GNSS-Netzwerke, (6) und (7) Naturkatastrophen, (8) und (9) GGOS-Büro der Netzwerke und Observatorien, (10) Einheitliches Höhenreferenzsystem, (11) Satellitenbeobachtungen, (12) Umwelteinflüsse und (13) Marine Erdschwere, Wasser und Erdbeben.

In der Einführungssession (1) präsentierte R. Gross (USA), ehemaliger GGOS-Vorsitzender und neuer Vizepräsident der IAG, einen Überblick über GGOS, einschließlich Ziele, Struktur und kommender Aktivitäten. Zwei neue Initiativen wurden vorgestellt: eine im Zusammenhang mit der Schaffung von GGOS-Affiliates, bei denen GGOS Japan (vorgestellt von T. Otsubo) als erstes Beispiel dient, und die zweite zur Implementierung von DOI-Nummern für geodätische Daten und Produkte (vorgestellt von H. Titz, Österreich). Ergänzende Status-

berichte zum GGOS-Büro der Produkte und Standards und zum Einheitlichen Höhenreferenzsystem wurden von D. Angermann und L. Sanchez von der TU München präsentiert. Diese beiden Themen wurden in den Sessionen (4) und (10) erweitert.

Ein Höhepunkt der Weltraumwettersession (Teilsessions (2) und (3)) war die Vorstellung erweiterter Untersuchungen zur Erforschung der Sonnenkorona mit der VLBI-Technik durch B. Soja (USA). Hinzu kam ein Vortrag zu vielseitigen boden- und satellitengestützten Weltraumwetteraktivitäten am GFZ (J. Wickert, GFZ, TU Berlin). Zusätzliche eingeladene Vorträge fokussierten auf 3D-basierte Ionosphärenmodellierung mit GNSS-Daten (F. dos Santos Prol, Brasilien), Thermosphärenmodellierung mit Thermosphären-/Ionosphärenkopplung (K. Vielberg, Uni Bonn), Messungen der oberen Atmosphäre (A. Calabia Aibar, China).

Ein Höhepunkt der Session (4) war die neue GGOS-Initiative zur Definition von sogenannten geodätischen essenziellen Variablen (GEVs), die von R. Gross (USA) vorgestellt wurde. Nach dem Vorbild des Global Climate Observing System (GCOS) und des Global Ocean Observing System (GOOS), die essenzielle Klimavariablen (ECVs) bzw. essenzielle Ozeanvariablen (EOVs) identifiziert haben, zielt GGOS darauf ab, die Variablen zu identifizieren, die von entscheidender Bedeutung für die Charakterisierung der geodätischen Eigenschaften der Erde und für nachhaltige geodätische Beobachtungen sind. Da es sich um ein sehr neues Thema handelt, war es erstmals möglich, die Charakterisierung solcher Variablen unter Berücksichtigung der Geometrie (vorgestellt von M. Rothacher, Schweiz) und des Schwerefeldes der Erde (vorgestellt von T. Gruber, TU München) sowie der neuen Untersuchungen zum Weltraumwetter (Thermosphäre und Ionosphäre, vorgestellt von E. Forootan, Uni Hohenheim) zu diskutieren. Die Ergebnisse dieser Diskussion sind der Ausgangspunkt für kommende Aktivitäten, die sich an der Implementierung einer vollständigen Liste von EGV orientieren.

GNSS-Echtzeitanwendungen standen im Mittelpunkt der Teilsymposien (6) und (7) zu Naturkatastrophen und Frühwarnsystemen. Eine Hauptanwendung, die in mehreren Vorträgen fokussiert wurde, ist der Einsatz für Tsunami-Frühwarnsysteme (J. Foster (USA), C. Von Hillebrandt-Andrade (USA), T. Melbourn (USA), P. A. Mothes (Ecuador), M. Santos (Kanada), Y. T. Song (USA)). Ionosphärische Störungen, die durch Erdbeben bzw. auch Tsunamiewellen induziert werden, standen im Mittelpunkt von zwei Vorträgen (M. Crespi, Italien, P. Lognonné, Frankreich). Derartige Störungen können wichtige Zusatzinformationen für bestehende Frühwarnsysteme liefern.

Das GGOS-Büro für Netzwerke und Beobachtungen konzentrierte seine beiden Sessionen (8) und (9) auf eine Bestandsaufnahme der existierenden geodätischen Infrastruktur. Ein Schwerpunkt war die Vorstellung (durch S. Bonvalot, Frankreich) des Internationalen Schwere-Referenzsystems (IGRS) und seiner Realisierung und des



Foto: <https://picorpevents.smugmug.com/IUGG>

Internationalen Schwere-Referenzrahmens (IGRF), die mit der IAG-Resolution Nr. 2/2015 eingeführt wurden. In dieser Session gaben folgende IAG-Dienste auch dedizierte Präsentationen über ihre Interaktion/ihren Beitrag zu GGOS: Internationaler Geodynamik- und Gezeiten-Service – IGETS (J.P. Boy, Frankreich), Internationaler VLBI-Dienst für Geodäsie und Astrometrie – IVS (A. Nothnagel, Uni Bonn), Internationaler DORIS-Dienst – IDS (F.G. Lemoine, USA), Dienst für den mittleren Meerespiegel – PSMSL (A. Matthews, UK), Internationaler Laser Ranging-Dienst – ILRS (E. Pavlis, USA) und Internationaler GNSS-Dienst – IGS (A. Craddock; USA). Weitere Präsentationen in den Sitzungen (5) und (11) konzentrierten sich auf die lokale/regionale Modellierung der Oberflächenverformung auf der Grundlage von GNSS- und SAR-Techniken. Höhepunkte waren: Deformation der Platten- und Plattengrenzen in der südamerikanischen Platte (L. Campbell, USA), im Tibet-Plateau (J. Wu, China) und im südchinesischen Sichuan-Yunnan-Block (J. Honglin, China); Deformation auf den Kleinen Antillen (P. Sakic, GFZ Potsdam) und in Südafrika (C. Mungomezulu, Südafrika); Oberflächenkinematik im Alpenraum (L. Sánchez, TU München), Iran (F. Khorrami, Iran) und Taiwan (H.Y. Chen, Taiwan); vertikale Deformationen in Japan (S. Shimada, Japan), Kanada (M. Feizabadi, Kanada), Australien (A. Riddell, Australien) und Iran (J. Hinderer, Frankreich).

Die Sitzung (10) widmete sich den Herausforderungen im Zusammenhang mit der Implementierung des Internationalen Höhenreferenzsystems (ITRS), das mit der IAG-Resolution Nr. 1/2015 eingeführt wurde. R. Pail (TU München) stellte die Rolle präziser globaler Schwerefeldmodelle für die Realisierung eines einheitlichen und konsistenten globalen Referenzniveaus vor. J. Agren (Schweden) betonte die Notwendigkeit, die Gravitations-

feldmodellierung unter Verwendung von terrestrischen gravimetrischen Daten mit hoher Auflösung zu verfeinern, um die Zuverlässigkeit der vertikalen Koordinaten zu verbessern. C. Slobbe (Niederlande) präsentierte eine Roadmap zur Realisierung einheitlicher vertikaler Referenzflächen in Küsten- und Meeresgebieten. J. Müller (Uni Hannover) zeigte die neuen Möglichkeiten, die optische Uhren mit hoher Präzision zur Bestimmung von Potenzialdifferenzen und zur globalen vertikalen Datumvereinheitlichung eröffnen. In zwei weiteren Vorträgen wurden der Umgang mit der permanenten Tide in der Bestimmung von Vertikalkoordinaten (J. Mäkinen, Finnland) und die Notwendigkeit eines aktualisierten Referenzellipsoids im Einklang mit den neuesten geodätischen Standards und Konstanten (I. Oshchepkov, Russland) erörtert.

Der eingeladene Vortrag von Teilsession (12) hatte den Einfluss von Atmosphäre, Ozeanen (Nicht-Gezeiten-Effekte) und kontinentaler Hydrosphäre auf GPS-Zeitreihen (Verschiebungsvektoren) unterschiedlicher Zeitskalen zum Inhalt (A. Kłos, Polen). Sie führen zu einem signifikant veränderten Rauschspektrum, sogar in Europa, wo diese Effekte im Vergleich z.B. zu Amazonas oder Sibirien recht klein sind. Deren adäquate Berücksichtigung kann zu einer deutlichen Verbesserung der Qualität der GPS-Datenprodukte führen. Ausgewählte Höhepunkte der Teilsession (13) waren Vorträge zur Nutzung von Android-Smartphones für Seismogeodäsie zur Erdbebenfrühwarnung (J. Geng, China), zur Marine Gravimetry (M.F. Lequentrec-Lalancette, Frankreich), zu koseismischen geophysikalischen Untersuchungen mit GNSS-Daten (A. AthiSwamy, Indien) und zur Anwendung kosmischer Strahlung für Bodenfeuchtemessungen zur besseren Interpretation von regionalen Schwerefelddaten (J. Kennedy, USA).

6 Resolutionen der IAG

Bei der IUGG/IAG Generalversammlung 2019 wurden fünf IAG-Resolutionen mit folgendem Originaltext verabschiedet. Die IAG-Resolution 1 ist identisch mit der IUGG-Resolution 2.

Resolution 1: The International Terrestrial Reference Frame (ITRF)

The International Association of Geodesy

Considering

- The significant efforts of the International Association of Geodesy (IAG) in developing and maintaining fundamental geodetic products for scientific and societal benefits, in particular the International Terrestrial Reference Frame (ITRF);
- The importance of interoperability of various geospatial data-sets and geo-referencing applications;

Acknowledging

- The adoption by the IUGG Resolution 2 in Perugia 2007 of the International Terrestrial Reference System (ITRS), as the preferred Geocentric Terrestrial Reference System (GTRS) for scientific and technical applications;

Noting

- That the ITRF is the numerical realization of the ITRS, developed, maintained and made available to the users by the International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS), an IAG service;
- That the ITRF is widely used as the standard in various geo-referencing applications;

Resolves

- To recommend to the user community that the ITRF be the standard terrestrial reference frame for positioning, satellite navigation and Earth science applications, as well as for the definition and alignment of national and regional reference frames.

Resolution 2:

Third Realization of the International Celestial Reference Frame

The International Association of Geodesy

Considering

- That the International Union of Geodesy and Geophysics adopted at the 25th General Assembly in Melbourne 2011 Resolution 2 on the second realization of the International Celestial Reference Frame;
- That the International Astronomical Union (IAU) adopted Resolution B2 at its XXXth General Assembly (2018) (www.iau.org/static/resolutions/IAU2018_ResolB2_English.pdf) that resolves to consider the »Third Realization of the International Celestial Reference Frame (ICRF3)« as the fundamental realization

of the International Celestial Reference System (ICRS) (see note 1);

- That the celestial reference system and the nutation precession model have a large influence on geodetic and geodynamic observations, analyses and interpretations;
- That the ICRF3 was constructed by the International Astronomical Union (IAU) involving working group members of the International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) and the International VLBI Service for Geodesy and Astrometry (IVS) communities;

Recommends

- That the ICRF3 should be used as a standard for all future applications in geodesy and astrometry;
- That the organizations responsible for geodetic VLBI observing programs take appropriate measures to continue existing and develop improved VLBI observing and analysis programs to both maintain and improve ICRF3;
- That highest consistency between the ICRF, the International Terrestrial Reference Frame (ITRF), and the Earth Orientation Parameters (EOP) should be a primary goal in all future realizations.

Note 1: The Third Realization of the International Celestial Reference Frame by Very Long Baseline Interferometry. Presented on behalf of the IAU Working Group. Patrick Charlot, Chris Jacobs, David Gordon et al., *Astronomy & Astrophysics* (in preparation).

Resolution 3:

Establishment of the International Height Reference Frame (IHRF)

The International Association of Geodesy

Considering

- The IAG Resolution for the Definition and Realization of an International Height Reference System (IHRS) released at the 26th IUGG General Assembly in July 2015;

Acknowledging

- The achievements of
 - GGOS Focus Area »Unified Height System« and its JWG 0.1.2 »Strategy for the Realization of the International Height Reference System (IHRS)«,
 - IAG JWG 2.2.2 »The 1 cm geoid experiment«,
 - IAG SC 2.2 »Methodology for geoid and physical height systems«,
 - ICCT JSG 0.15 »Regional geoid/quasi-geoid modelling – Theoretical framework for the sub-centimetre accuracy«;
- in realizing this resolution;

Noting

- The need of an operational infrastructure to ensure the determination, maintenance and availability of an International Height Reference Frame (IHRF) in the long-term basis;

Urges

- All countries to engage with the IAG and concerned components, in particular the International Gravity Field Service (IGFS), in order to promote and support the implementation of the IHRF by
 - Installing IHRF reference stations at national level,
 - Conducting the necessary gravimetric surveys to guarantee the precise determination of potential values,
 - Making data available open access,
 - Contributing to the development of analysis strategies to improve the estimation of reference coordinates and modelling of the Earth's gravity field,
 - Describing, archiving and providing geodetic products associated to the IHRF.

Resolution 4:**Establishment of the Infrastructure for the International Gravity Reference Frame**

The International Association of Geodesy

Considering

- The IAG Resolution No. 2 for the establishment of a global absolute gravity reference system released at the 26th IUGG General Assembly in July 2015;

Acknowledging

- The achievements of
 - JWG 2.1.1 »Establishment of a global absolute gravity reference system«,
 - Sub-Commission 2.1 »Gravimetry and Gravity Networks«,
 - International Gravity Field Service (IGFS)
- in realizing this resolution;

Noting

- That the realization of the International Gravity Reference System (IGRS), the International Gravity Reference Frame (IGRF), is based on measurements with absolute gravimeters (AG) monitored at reference stations and during international comparisons, which needs the support of national and international institutions;

Urges

- International and national institutions, agencies and governmental bodies in charge of geodetic infrastructure to
 - Establish a set of absolute gravity reference stations on the national level,
 - Perform regular absolute gravity observations at these stations,
 - Participate in comparisons of absolute gravimeters to ensure their compatibility,
 - Make the results available open access.

Resolution 5:**Improvement of the Earth's Rotation Theories and Models**

The International Association of Geodesy

Recognizing

- That the continuous improvement of the terrestrial and celestial reference systems and frames pursuing the accuracy and stability goals set by GGOS is necessary for determining and investigating the global change of the Earth;
- That the consistent definition and determination of the rotation between the two reference frames is tightly linked to geodynamics and necessary for the accurate realization of terrestrial frames and the determination of global geodetic variables;
- That the current Earth rotation theories are unable to model and predict the Earth orientation parameters (EOP) with an accuracy close to the GGOS requirements, in spite of the improved accuracy and precision of the individual and combined solutions derived from single or multiple techniques;
- That the precession nutation theories IAU2000 and IAU2006 suffer from internal inconsistencies and systematics whose correction is available, but also from inconsistencies due to incorporating outdated models instead of the state-of-art models used in EOP determination;
- That the theoretical models of the different EOPs and their observations are not always referred to the current IAG standards, in particular regarding terrestrial reference frames;

Noting

- The results of the IAG Commission 3 Joint Working Group on Theory of Earth and validation, joint with the International Astronomical Union (IAU) Commission A2, summarized in its 2015–2019 report (see note 1);
- The need of taking advantage of the advances accomplished or yet in progress on different aspects of the theoretical and empirical modelling and prediction of the Earth's rotation to get closer to the GGOS goals;

Resolves

- To encourage a prompt improvement of the Earth rotation theory regarding its accuracy, consistency, and ability to model and predict the essential EOP,
- That the definition of all the EOP, and related theories, equations, and ancillary models governing their time evolution, must be consistent with the reference frames and the resolutions, conventional models, products, and standards adopted by the IAG and its components,
- That the new models should be closer to the dynamically time-varying, actual Earth, and adaptable as much as possible to future updating of the reference frames and standards.

Note 1: Report of Commission 3 Joint Working Group 3.1 Theory of Earth rotation and validation (Joint with the IAU). In: IAG Reports Vol. 41. Travaux de l'AIG 2015–2019, <https://iag.dgfi.tum.de/en/iag-publications-position-papers/iag-reports-2019-online>.

7 Struktur der IAG für den Zeitraum 2019–2023

Zusammengestellt und übersetzt von Hermann Drewes

a) Exekutivkomitee

IAG Präsident: Zuheir Altamimi (Frankreich)
 Vizepräsident: Richard Gross (USA)
 Generalsekretär: Markku Poutanen (Finnland)
 Altpräsident: Harald Schuh (Deutschland)
 Alt-Generalsekretär: Hermann Drewes (Deutschland)
 Kommission 1: Referenzrahmen
 Präsident: Christopher Kotsakis (Griechenland)
 Kommission 2: Schwerefeld
 Präsident: Adrian Jäggi (Schweiz)
 Kommission 3: Erdrotation und Geodynamik
 Präsident: Janusz Bogusz (Polen)
 Kommission 4: Positionierung und Anwendungen
 Präsidentin: Allison Kealy (Australien)
 Inter-Kommission-Komitee für Theorie (ICCT)
 Präsident: Pavel Novák (Tschechische Republik)
 Globales Geodätisches Observations-System (GGOS)
 Präsident: Basara Miyahara (Japan)
 Geschäftsstelle für Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit (COB)
 Präsident: Szabolcs Rózsa (Ungarn)
 Repräsentanten der wissenschaftlichen Dienste:
 Johannes Böhm (Österreich), Thomas Herring (USA),
 Toshimichi Otsubo (Japan)
 Zusätzliche Mitglieder:
 Sonia Costa (Brasilien), Maria CroM Yamin Dang (China)

Nicht stimmberechtigte Mitglieder

IAG Altpräsidenten (vor 2015):
 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)
 2011–2015: Chris Rizos (Australien)
 IAG Alt-Generalsekretäre:
 1991–1995: Claude Boucher (Frankreich)



b) Inter-Kommission-Komitees

Inter-Kommission-Komitee »Geodäsie für Klimaforschung« (ICCC)
 Präsidentin: Annette Eicker (Deutschland)
 Inter-Kommission-Komitee »Marinegeodäsie«
 Präsident: Yuanxi Yang (China)

c) IAG-Projekt

Projekt »Neuartige Sensoren und Quantentechnologie für die Geodäsie«
 Vorsitz: Jürgen Müller (Deutschland)

d) IAG-Geschäftsstelle (IAG Office)

Finnish Geospatial Research Institute (FGI), National Land Survey of Finland
 Direktor: Markku Poutanen (Finnland)

e) IAG-Geschäftsstelle für Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit (COB)

Universität für Technologie und Wirtschaft Budapest (BUTE)
 Präsident: Szabolcs Rózsa (Ungarn)

f) Journal of Geodesy

Chefredakteur: Jürgen Kusche (Deutschland)

g) IAG-Symposia Serie

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

h) Internationale Wissenschaftliche Dienste der IAG

Internationales Zentrum für Globale Erdmodelle (IC-GEM)
 Direktor: Elmas Sinem Ince (Deutschland)

Internationaler Dienst für Digitale Höhenmodelle (IDEMS)
 Direktor: Kevin Kelly (USA)

Internationaler DORIS-Dienst (IDS)
 Vorsitz des Lenkungsgremiums: Frank Lemoine (USA)
 Direktor des Zentralbüros: Laurent Soudarin (Frankreich)

Internationaler Dienst für Erdrotation und Referenzsysteme (IERS)

Vorsitz des Leitungsgremiums: Brian Luzum (USA)

Direktor des Zentralbüros: Daniela Thaller (Deutschland)

Internationaler Dienst für Geodynamik und Erdgezeiten (IGETS)

Vorsitz: Hartmut Wziontek (Deutschland)

Direktor des Zentralbüros: Jean-Paul Boy (Frankreich)

Internationaler GNSS-Dienst (IGS)

Vorsitz des Lenkungsgremiums: Gary Johnston (Australien)

Direktor des Zentralbüros: Allison Craddock (USA)

Internationales Gravimetrisches Büro (BGI)

Direktor: Sylvain Bonvalot (Frankreich)

Internationaler Schwerefeld-Dienst (IGFS)

Vorsitz: Riccardo Barzaghi (Italien)

Direktor des Zentralbüros: Georgios Vergos (Griechenland)

Internationaler Dienst für Laser-Entfernungsmessungen (ILRS)

Direktor des Lenkungsgremiums: Toshimichi Otsubo (Japan)

Direktor des Zentralbüros: Michael Pearlman (USA)

Internationaler Dienst für das Geoid (ISG)

Präsident: Mirko Reguzzoni (Italien)

Direktor: Daniela Carrion (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)

Gegenwärtiger Direktor: Lesley Rickards (Vereinigtes Königreich)

Kommende Direktorin: Elizabeth Bradshaw (Vereinigtes Königreich)

Weitere ausführliche Angaben sind der Homepage der IAG (www.iag-aig.org) zu entnehmen.

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Müller | Dr.-Ing. Matthias Weigelt
Leibniz Universität Hannover, Institut für Erdmessung,
Schneiderberg 50, 30167 Hannover
nachname@ife.uni-hannover.de

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Hermann Drewes | Dr.-Ing. Laura Sanchez |
Dr.-Ing. Michael Schmidt
Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der Technischen
Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München
vorname.nachname@tum.de

Dr.-Ing. Thomas Gruber | Prof. Dr. techn. Roland Pail
Technische Universität München, Lehrstuhl für Astronomische und
Physikalische Geodäsie, Arcisstraße 21, 80333 München
vorname.nachname@tum.de

Prof. Dr.-Ing. Annette Eicker
HafenCity Universität Hamburg, Ausgleichungsrechnung und
Höhere Geodäsie, Überseeallee 16, 20457 Hamburg
annette.eicker@hcu-hamburg.de

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. Frank Flechtner | Dr.-Ing. Susanne Glaser |
Dr.-Ing. Robert Heinkelmann | Dr.-Ing. Jan Saynisch |
Prof. Dr.-Ing. Harald Schuh | Prof. Dr. rer. nat. Jens Wickert
Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ,
Telegrafenberg A17, 14473 Potsdam
vorname.nachname@gfz-potsdam.de

Dr.-Ing. Andreas Richter | Dr.-Ing. Mirko Scheinert
Technische Universität Dresden, Institut für Planetare Geodäsie,
Helmholtzstraße 10, 01069 Dresden
vorname.nachname@tu-dresden.de

Prof. Dr. Adrian Jäggi
Universität Bern, Astronomisches Institut, Hochschulstrasse 6,
3012 Bern, Schweiz
adrian.jaeggi@aiub.unibe.ch

Prof. Dr.-Ing. Dimitris Tsoulis
Aristotle University of Thessaloniki, Department of Geodesy and
Surveying, Univ Box 440, 54 124 Thessaloniki, Griechenland
tsoulis@auth.gr

Dr. techn. Benedikt Soja
NASA/JPL, Geodynamics and Space Geodesy, 4800 Oak Grove Drive,
Pasadena, CA 91109, USA
bsoja@jpl.nasa.gov

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter www.geodaeis.info.