

meisten Teilnehmenden alles Wissen und volle Konzentration abverlangte. Doch bei einer einwöchigen Fortbildung muss auch Raum für „Forderung und Förderung“ sein. Deutlich schulnäher und praktischer waren die Tutorien, in denen die Kolleginnen und Kollegen rechnen oder basteln konnten. Heiß diskutiert wurden mögliche Denkmodelle, die man aus den Randbedingungen der ART ableiten kann. Während Schwarze Löcher noch sehr wahrscheinlich seien, so Reinhard Meinel, seien Zeitreisen, Warpantrieb oder auch Wurmlöcher nur schwerlich vorstellbar, aber mathematisch und durch die ART nicht ganz auszuschließen, wie Markus Pössel vom „Haus der Astronomie“ in Heidelberg in seinem Vortrag diskutierte. Besonders beeindruckt zeigten sich die Lehrerinnen und Lehrer von den Anwendungsmöglichkeiten der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) und der ART in der aktuellen Technik und Astronomie. Claus Lämmerzahl (ZARM, Bremen) berichtete von der praktischen Anwendung der ART in der Metrologie, bei der Positionierung und der Geodäsie. Besonders die Vielfalt der 14 doppelstündigen Vorträge gefiel den Teilnehmern. Man konnte etwas über Gravitationslinsen, Pulsare, Gravitationswellen, kosmische Hintergrundstrahlung, Dunkle Materie, Symmetrie, ART-Geschichte, Paradoxien und „einparkende Autos in Garagen“ erfahren, alles immer im Zusammenhang mit SRT oder ART. Häufiger stand der direkte Schulbezug der Vorträge eher im Hintergrund, doch das schmälerte nicht im Geringsten die Begeisterung der Kollegen. „Die Woche war sehr erhellend“, so zwei Kollegen aus Köln. Großer Dank ging am Schluss an alle Dozenten, die honorarfrei alle Vorträge gehalten hatten.⁸⁾

Ralf Kießwetter

Autonomous Spacecraft Navigation

593. WE-Heraeus-Seminar

Vom 8. – 11. Juni fand im Physikzentrum Bad Honnef das Seminar mit dem Untertitel „New Concepts, Technologies and Applications for the 21st Century“ statt. Ein wesentliches Ziel war es, die verschiedenen internationalen Gruppen, die sich mit neuen Methoden der Satellitennavigation beschäftigen, zusammenzubringen, um über Status und Fortschritte ihrer Forschung zu berichten, weitere Schritte abzustimmen und eine Zusammenarbeit der einzelnen Gruppen anzuregen.

Die Navigation von Raumfahrzeugen bildet eines der Schlüsselemente der Raumfahrt. Die heute übliche Navigationsmethode ist das Radartracking (Delta Doppler One-Way Ranging). Sie funktioniert aber nur von der Erde aus und liefert naturgemäß mit steigender Entfernung

zum Raumfahrzeug ungenauere Ergebnisse. Die heutigen Aufgabenstellungen bei interplanetaren Missionen erfordern aber eine zunehmend hohe Genauigkeit in der Lage-, Positions- und Geschwindigkeitsbestimmung der Raumfahrzeuge, die zudem am besten noch autonom in einem Selbstregelungssystem an Bord des Raumfahrzeugs ermittelt werden soll. Auch wenn die Antriebstechnologie für interstellare Raumflüge noch nicht zur Verfügung steht, ist doch bereits heute klar, dass dies aufgrund der großen Entfernungen zur Erde ebenfalls eine autonome Navigation erfordert. Seit einigen Jahren gibt es hierfür vielversprechende Ansätze, die während dieses Seminars in zahlreichen Übersichtsvorträgen im Detail vorgestellt wurden. Neben der optischen Beobachtung von Asteroiden und Kometen (OPTONAV) für die autonome Navigation im interplanetaren Bereich oder der relativistischen Positionsbestimmung von Satelliten (z. B. LiAISON), ist insbesondere die pulsarbasierte Navigation (XNAV) zu nennen.

Pulsare sind einige tausend Lichtjahre weit entfernte Quellen periodisch pulsender Radio- und Röntgenstrahlung. Da die zeitliche Stabilität, mit der sich die Pulse beobachten lassen, mit der Genauigkeit von Atomuhren vergleichbar ist, können ihre charakteristischen Signale zur Positionsbestimmung dienen. Die während des Seminars vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass mit dieser Methode mittels Röntgenpulsaren die Position einer Raumsonde bis auf wenige Kilometer genau zu bestimmen ist – überall im Sonnensystem und weit darüber hinaus. Beobachtet man die Pulsare dagegen im Radioband bei z. B. 500 MHz, so lässt sich die Genauigkeit der autonomen Positionsbestimmung bis auf Werte von ca. 30 – 300 Metern verbessern. Die Einfachheit der pulsarbasierten Navigation macht bereits heute klar, dass dies die zukünftig verwendete Navigationsmethode sein wird. Aktuelle Forschungen konzentrieren sich zurzeit auf die technische Umsetzung und den Bau eines leichtgewichtigen Pulsarnavigators.

Insgesamt empfanden alle Teilnehmer das WE-Heraeus-Seminar, das als erstes internationales Meeting zu diesem Themenkomplex stattfand, als sehr erfolgreich. Die Seminarstruktur, die viele Möglichkeiten zum wechselseitigen Austausch bot, sowie die freundliche Atmosphäre im Physikzentrum und die Exkursion zum Drachenfels trugen auf jeden Fall mit zum Erfolg bei. Letztlich möchten die Seminar-Organisatoren sich im Namen aller Teilnehmer bei den Mitarbeitern des Physikzentrums für den reibungslosen und freundlichen Betrieb sowie bei der WE-Heraeus Stiftung für die Unterstützung und die Möglichkeit der Durchführung auf das herzlichste bedanken.

Werner Becker und Axel Jessner

Science Applications for Exascale Computing – Exploring New Avenues towards Scalability and Fault-Tolerance

596. WE-Heraeus-Seminar

Die meisten naturwissenschaftlichen Anwendungen erfordern erhebliche Rechenressourcen, benutzen aber Programme und Softwarebibliotheken, die während der letzten Dekaden entwickelt wurden. Konsequenterweise eignen sich diese Programme nicht mehr für moderne und zukünftige HPC-Systeme, die Millionen von Prozessorkernen, Spezialprozessoren (GPGPU, Many-Core) und neuartige Speichertechnologien implementieren. Dieses Seminar, das vom 7. bis 9. September 2015 im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, fokussierte sich auf Anwendungen und deren Lösungsansätze, die große Anforderungen an HPC-Systeme haben. Diskutiert wurden wissenschaftliche Problemstellungen und deren algorithmische Formulierung und effiziente Implementierung auf Höchstleistungsrechnern, unter Berücksichtigung der erwarteten Entwicklungen der nächsten Jahre. Von besonderer Bedeutung war es, disziplinenübergreifende Probleme und Lösungsansätze zu identifizieren. Die ausgewählten Anwendungen reichten von der Realzeit-Online-Analyse über „Capability Computing“ auf hunderttausenden von Prozessorkernen bis zum datengetriebenen „High Throughput Computing“. Die vertretenen Felder beinhalteten Hochleistungsrechnerarchitektur, Algorithmus-Engineering, Hochenergiephysik, Gitter-Eichtheorie, Astronomie, Klimaforschung und Neurowissenschaften. Im Anschluss an die Vorträge wurde ausführlich und lebhaft diskutiert, was sich oft bis in die Abendstunden fortsetzte.

Im Rahmen des Seminars ergaben sich viele gemeinsame Interessen und Anknüpfungspunkte. Die Portabilität von HPC-Software hat größte Bedeutung, was auch im Kontext der zunehmenden Nutzung von Spezialprozessoren zu sehen ist. In vielen Bereichen ist die Unterstützung zum (Neu)Entwickeln effizienter Software immer noch viel zu gering. Ein Lösungsansatz wäre die Einrichtung von Kompetenzzentren, die ganze Forschungsbereiche unterstützen könnten. Energieeffizienz wird im Kontext des steigenden Energiebedarfs und deren Kosten immer bedeutsamer und geht mit der Programmeffizienz einher.

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die exzellente Organisation und die finanzielle Unterstützung.

Volker Lindenstruth, Thomas Lippert und Alexander Reinefeld

⁸⁾ Linktipps zur Fortbildung: www.physik.uni-jena.de/didaktik_download_SRT.html, www.thphys.uni-heidelberg.de/~wolschin/grav-wave.html, <http://planck.cf.ac.uk/education/model>

Ralf Kießwetter, Städtisches Gymnasium Wermelskirchen

Prof. Dr. Werner Becker; LMU München; Dr. Axel Jessner, MPI für Radioastronomie, Bonn

Prof. Dr. Volker Lindenstruth, Universität Frankfurt; Prof. Dr. Thomas Lippert, FZ Jülich; Prof. Dr. Alexander Reinefeld, Zuse-Institut Berlin