

Hannover

Albert-Einstein-Institut Hannover

Institut für Gravitationsphysik, Leibniz Universität Hannover
und
Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut)

Callinstr. 38, 30167 Hannover
Tel. (0511) 762-2229, Telefax: (0511) 762-2784
E-Mail: office-hannover@aei.mpg.de
WWW: <http://www.aei-hannover.de>

0 Allgemeines

Am 1. April 2005 wurde aus den bisherigen Fachbereichen Physik und Mathematik der Leibniz Universität Hannover (LUH) die Fakultät für Physik und Mathematik. Im Rahmen dieser Neugründung wurde das bisherige Institut für Atom- und Molekülphysik in Institut für Gravitationsphysik umbenannt. Seit 1. April 1993 ist Prof. Dr. Karsten Danzmann der Leiter des Instituts. In enger Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching erfolgte seit 1995 der Aufbau des laserinterferometrischen Gravitationswellenobservatoriums GEO600. Der Betrieb wurde Ende 2001 aufgenommen.

Am 1. Januar 2002 wurde in Hannover in Kooperation mit der LUH ein Teilinstitut des in Potsdam-Golm befindlichen Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut, AEI) eingerichtet. Prof. Dr. Karsten Danzmann ist Leiter des AEI und Direktor der Abteilung „Laserinterferometrie und Gravitationswellennachweis“. Seit 2007 ist Prof. Dr. Bruce Allen Direktor der neu eingerichteten zweiten Abteilung „Experimentelle Relativität und Kosmologie“.

1 Personal und Ausstattung

1.1 Personalstand

Direktoren und Professoren:

Prof. Dr. Bruce Allen [-17148], Prof. Dr. Karsten Danzmann [-2356], Prof. Dr. Klemens Hammerer [-17056], PD Dr. Gerhard Heinzl [-17123], Jun.-Prof. Dr. Michèle Heurs [-17037], em. Prof. Dr. Manfred Kock [-2798], Prof. Dr. Roman Schnabel [-19169], PD Dr. Benno Willke [-2360].

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dr. Peter Aufmuth, Dr. Carsten Aulbert, Oliver Bock, Dr. Christina Bogan, Dr. Johanna Bogenstahl, Dr. Michael Born, Dr. Thomas Dent, Dr. Irene Di Palma, Dr. Kate Dooley, Heinz-Bernd Eggenstein, Dr. Henning Fehrmann, Dr. Tobin Fricke, Dr. Evan Goetz, Dr. Stefan Gößler, Dr. Hartmut Grote, Dr. Martin Hewitson, Dr. Fumiko Kawazoe, Dr. Drew Keppel, Dr. Alexander Khalaidovski, Dr. Benjamin Knispel, Dr. Badri Krishnan, Dr. Gerrit Kühn, Dr. Joachim Kullmann, Dr. Paola Leaci, Dr. Jonathan Leong, Dr. Harald Lück, Dr. Andrew Lundgren, Bernd Machenschalk, Dr. Gian Mario Manca, Dr. Moritz Mehmet, Dr. Conor Malcolm Mow-Lowry, Dr. Alex Nielsen, Dr. Maria Alessandra Papa, Dr. Holger Pletsch, Alexander Post, Dr. Reinhard Prix, Dr. Jens Reiche, Dr. Francesco Salemi, Dr. Aiko Sambrowski, Dr. Benjamin Sheard,

Dr. Sascha Skorupka, Dr. Jacob Slutsky, Dr. Jessica Steinlechner, Dr. Daniel Steinmeyer, Dr. Sergey Tarabrin, Dr. Michael Tröbs, Dr. Henning Vahlbruch, Dr. Rutger van Haasteren, Dr. Denis Vasilyev, Dr. Gudrun Wanner, Dr. Michal Was, Dr. Karl Wette, Karsten Wiesner.

Doktoranden:

Christoph Affeldt, Stefan Ast, Heather Audley, Robin Bähre, Simon Barke, Jöran Bauchrowitz, Christoph Baune, Berit Behnke, Nils Brause, Katrin Dahl, Tito Dal Canton, Timo Denker, Tobias Eberle, Oliver Gerberding, Christian Gräf, Vitus Händchen, Manuela Hanke, Henning Käufer, David Keitel, Lisa Kleybolte, Evgenia Kochkina, Sina Köhlenbeck, Natalia Korsakova, Christoph Krüger, Maïke Lieser, Niels Lörch, Christoph Mahrtdt, Giulio Mazzolo, Patrick Oppermann, Markus Otto, Jan Hendrik Pödl, Mirko Prijatelj, Pablo Antonio Rosado Gonzalez, Andreas Sawadsky, Emil Schreiber, Daniela Schulze, Dirk Schütte, Daniel Schütze, Miroslav Shaltev, Dmitry Simakov, Gunnar Stede, Sebastian Steinlechner, Gunnar Tackmann, Christina Vollmer, Yan Wang, Alexander Wanner, Tobias Westphal, Maximilian Wimmer, Holger Wittel.

Diplomanden, Bachelor- und Masterstudenten:

Miriam Cabero Müller, Jonathan Cripe, Daniel Edler, Jan Gniesmer, Alexander Görth, Jan-Simon Hennig, Steffen Käufer, Vitali Müller, Ramon Moghadas Nia, Sarah Paczkowski, Amrit Pal-Singh, Axel Schönbeck, Andreas Schreiber, Kai Voges, Andreas Wittchen.

Sekretariat und Verwaltung:

Karina Beïman [-17052], Brigitte Gehrman [-17163], Birgit Gemmeke [-17072], Gina Gerlach [-17052], Heidi Kruppa [-3543], Kirsten Labove [-2229], Dr. Kasem Mossavi [-4780], Sabine Rehmert [-17164], Karin Salatti-Tara [-17145].

Technische Mitarbeiter:

Stefan Bertram, Marc Brinkmann, Iouri Bykov, Guido Conrad, Jan Diedrich, Ingo Diepholz, Claus Ebert, Walter Graß, Klaus-Dieter Haupt, Christa Hausmann-Jamin, Stephan Herdam, Hans-Jörg Hochecker, Philipp Kormann, Volker Kringel, Hans-Joachim Melching, Konrad Mors, Heiko zur Mühlen, Michaela Pickenpack, Christian Pfennig, Philipp Schauzu, Mathias Schlenk, Andreas Weidner, Michael Weinert, Karl-Heinz Zwick-Meinheit.

Studentische Mitarbeiter:

Sebastian Gleicher, Robin Hothan, Jonas Matthias, Holger Petzholdt.

1.2 Instrumente und Rechenanlagen

Das Gravitationswellenobservatorium GEO600 ist ein Laserinterferometer in Michelson-Anordnung mit 600 Meter langen Armen. Es hat Ende 2001 den Betrieb aufgenommen und 2005 die ursprünglich geplante Empfindlichkeit erreicht. GEO600 wird aber noch laufend verbessert; hier ist auch die Technik für die zweite Generation von Gravitationswellendetektoren entwickelt worden: Signal-Recycling, monolithische Aufhängung der Spiegel, stabile Hochleistungslaser. GEO600 ist momentan der einzige Detektor, der gequetschtes Licht standardmäßig einsetzt.

In Zusammenarbeit mit der ESA wird das Weltraumprojekt LISA („Laser Interferometer Space Antenna“) vorbereitet, ein satellitengestützter Gravitationswellendetektor im All mit fünf Millionen km langen Meßstrecken. Zunächst soll 2015 eine Probemission („LISA Pathfinder“) gestartet werden. Während GEO600 oberhalb von 40 Hertz nach Gravitationswellen sucht, ist LISA für den Millihertz-Bereich zuständig.

Zur Auswertung der Messdaten wurde der Computer-Cluster ATLAS aufgebaut und im Mai 2008 in Betrieb genommen. Er umfasst in der gegenwärtigen Ausbaustufe 1680 Rechnerknoten mit jeweils vier CPU-Kernen, die mit 2,4 GHz getaktet sind, 2,4 Petabyte Festplattenplatz und 4,5 Petabyte Bandspeicherplatz zur Archivierung. Atlas erreicht eine extrapolierte effektive Rechenleistung von etwa 40 Teraflops pro Sekunde. Die einzelnen Komponenten sind mit insgesamt rund sechs Kilometer handelsüblicher Ethernet-Kabel verbunden.

Das AEI ist maßgeblich an der Entwicklung von Einstein@Home beteiligt. Hierbei stellen Freiwillige die ungenutzte Rechenleistung ihrer Heim- oder Bürocomputer für die Datenanalyse zur Verfügung. Einstein@Home ist eines der weltweit größten Projekte dieser Art mit mehr als 340 000 Teilnehmern. Zum einen werden die Daten der erdgebundenen Gravitationswellendetektoren nach Signalen von Gravitationswellen schnell rotierender Neutronensterne durchsucht und obere Grenzen für deren Gravitationswellenemission gesetzt. Ein Teil der verfügbaren Rechenleistung wird ande-

rerseits verwendet, um Daten großer Radioteleskope (Arecibo, Puerto Rico und Parkes, Australien) zu durchsuchen. Hierbei wurden insgesamt bereits 47 neue Radiopulsare entdeckt. Ferner wird seit August 2011 auch in den Daten des „Large Area Telescope“ auf dem NASA-Satelliten Fermi nach Gamma-Pulsaren gesucht. – Anmeldung bei Einstein@Home unter: <http://einstein.phys.uwm.edu/>

1.3 Gebäude und Bibliothek

Die Zunahme der Mitarbeiterzahl in den letzten Jahren hat zu einem erheblichen Raumbedarf geführt. Zwei Arbeitsgruppen („Prototyp“ und „Theorie“) sind in einer Etage des Gebäudes Appelstr. 11A untergebracht; die Arbeitsgruppe „LISA“ befindet sich im Gebäude Appelstr. 36.

2 Lehrtätigkeit, Prüfungen und Gremientätigkeit

2.1 Lehrtätigkeiten

Prof. K. Danzmann hielt im WS 2011/12 die Vorlesung „Physik mit Experimenten I: Mechanik und Relativität“, im SS 2012 „Gravitationsphysik“ und im WS 2012/13 „Gravitationsphysik II“.

Prof. R. Schnabel hielt jeweils zusammen mit Jun.-Prof. M. Heurs im WS 2011/12 die Vorlesung „Laserinterferometrie“, im SS 2012 „Nichtklassisches Licht“ und im WS 2012/13 „Nichtklassische Laserinterferometrie“.

PD Benno Willke hielt im SS 2012 und im WS 2012/13 die Vorlesung „Laserstabilisierung und Kontrolle optischer Elemente“.

Das Institut bot folgende Seminare zum Scheinerwerb an: WS 2011/12 „Aktueller Fokus: Einstein im Experiment! – Vom Michelson-Morley-Experiment über die Relativitätstheorie zur Gravitationswellendetektion“ und im SS 2012 „Meilensteine im Weltraum - Die wichtigsten wissenschaftlichen Satellitenmissionen“.

3 Wissenschaftliche Arbeiten

Das Auftreten von Gravitationswellen ist eine bislang nur indirekt bestätigte Voraussage der Allgemeinen Relativitätstheorie. Gravitationswellen entstehen, wenn große, mit einem Quadrupolmoment versehene Massen sich beschleunigt bewegen. Sie bewirken eine geringe Abstandsänderung zwischen zwei entfernten Punkten der Raumzeit. Wellen beobachtbarer Stärke erwartet man von astrophysikalischen Objekten (Pulsare, Binärsysteme aus Neutronensternen und/oder Schwarzen Löchern) oder Ereignissen (Supernovae, Urknall). Die erfolgreiche Beobachtung von Gravitationswellen wird einen völlig neuen Zweig der Astronomie eröffnen und uns grundlegend neue Erkenntnisse über Entstehung, Aufbau und Entwicklung des Universums liefern.

Ziel der Forschung am AEI sind die Entwicklung und der Betrieb von erdgebundenen sowie satellitengestützten laserinterferometrischen Detektoren für Gravitationswellen. GEO600 wurde von September 1995 bis Ende 2001 in Ruthe bei Hannover gebaut. Im Jahr 2002 begann die Erprobungsphase; seitdem konnte die Empfindlichkeit der Anlage stetig gesteigert werden. GEO600 hat derzeit eine relative Längenänderungsempfindlichkeit von $2 \cdot 10^{-22} / \sqrt{\text{Hz}}$. Die Anlage war 2012 rund zwei Drittel des Jahres im wissenschaftlichen Messbetrieb, davon 90% mit Quetschlichttechnik. Bei GEO600 handelt es sich um eine deutsch-britische Zusammenarbeit. GEO600 arbeitet im Rahmen der LIGO-Virgo Scientific Collaboration mit den US-amerikanischen Detektoren (LIGO) und dem französisch-italienischen Detektor (Virgo) eng zusammen.

Das AEI ist ebenfalls an der internationalen Studiengruppe für LISA, einem Gravitationswellendetektor im All, federführend beteiligt. Seit dem kostenbedingten Rückzug der NASA aus dem LISA-Projekt im Frühjahr 2011 erarbeitet das LISA-Team eine Version, die in den Budget-Rahmen der ESA für ihre *Large Missions* paßt („evolved LISA“). Mit einer Armlänge von „nur“ 1 Million km und nur zwei aktiven Armen wird eLISA dennoch einen Großteil der für LISA erwarteten wissenschaftlichen Erträge einbringen können. Zur Zeit bereiten Wissenschaftler des AEI in enger Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Partnern und der Industrie „LISA Pathfinder“ vor, eine Probemission für LISA, die Mitte 2015 starten soll.

LISA Pathfinder ist eine Weltraummission, die im Jahr 2015 im Rahmen von ESAs „Cosmic Vision“-Programm starten soll und an deren Entwicklung das AEI beteiligt ist. Die Mission testet einen Laserarm des eLISA-Weltraum-Interferometers, dessen Länge von einer Million Kilometer

auf rund 38 Zentimeter verkürzt wurde, so dass zwei Testmassen in einen Satelliten passen. LISA Pathfinder wird die für die eLISA-Mission benötigten Techniken erstmals im Weltraum demonstrieren. Dazu zählen: die „Drag-Free Control“, den „Gravity Reference Sensor“ zum Auslesen der Testmassenbewegung und die Laserinterferometrie mit der für eLISA erforderlichen Genauigkeit.

Das Institut ist an der Mission GRACE Follow-On beteiligt. Dies ist eine Satellitenmission der NASA und des GFZ, die 2017 starten soll. Sie wird die erfolgreiche Arbeit des Satellitenpaares GRACE fortführen, das seit 2002 wichtige Beiträge zur Klimaforschung liefert. Die Satelliten beobachten das Gravitationsfeld der Erde mit einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung und können so beispielsweise direkt das Abschmelzen von Eiskappen, Veränderungen im Grundwasserspiegel, oder Ozeanströmungen abbilden. Dazu messen die beiden Satelliten kontinuierlich den gegenseitigen Abstand mittels Mikrowellen. GRACE Follow-On soll neben dem Mikrowelleninstrument ein experimentelles Laserinterferometer als Technologie-Demonstrator an Bord haben, das parallel die gleichen Messungen mit niedrigerem Rauschen durchführt und so einen direkten Vergleich beider Techniken und einen ersten Test der Laserinterferometrie mit großer Basislänge im Weltall ermöglicht.

Die Forschungsarbeit des Instituts befaßt sich mit der Suche nach neuen Techniken zur Vorbereitung der nächsten Generation von zehnmal empfindlicheren Gravitationswellendetektoren. Die Schwerpunkte liegen auf dem Gebiet der Quantenoptik (Einsatz von gequetschtem Licht, Verschränkung makroskopischer Spiegel), der Laserentwicklung und der nichtklassischen Interferometrie (Einsatz von nichtdurchstrahlter Optik). Zur Erprobung neuer Techniken dient der Prototyp eines interferometrischen Gravitationswellendetektors in Michelson-Anordnung mit einer Armlänge von 10 Metern.

Die Analyse der Daten des internationalen Netzwerks erdgebundener Gravitationswellendetektoren ist ein weiteres zentrales Forschungsthema des Instituts. Dazu werden neue mathematische Methoden entwickelt, um Gravitationswellensignale unterschiedlicher astrophysikalischer Quellen zu identifizieren. Diese Methoden werden zudem innovativ auf verwandte astrophysikalischen Disziplinen angewandt. So wurden neue effiziente Analysemethoden zur Auswertung der Daten großer Radioteleskope und des Weltraumteleskops Fermi entwickelt. In beiden Fällen wurden mit Hilfe der neuen Methoden astronomische Entdeckungen gemacht. Unerlässlich für diese Suche und die Anwendung neuer anspruchsvoller Methoden sind leistungsfähige Computer. Am AEI wird daher der maßgeschneiderte Computercluster Atlas mit mehr als 6000 CPU-Kernen betrieben.

4 Akademische Abschlussarbeiten

4.1 Diplomarbeiten

Abgeschlossen:

Kaune, Brigitte: Charakterisierung von Piezo betriebenen Aktuatoren, 2012

Meier, Alexander: Implementierung und Charakterisierung einer InGaAs Kamera zur Satellitenausrichtung bei LISA, 2012

Sawadsky, Andreas: Das Michelson-Sagnac-Interferometer mit SiN-Membran und Signal-Recycling, 2012

4.2 Dissertationen

Abgeschlossen:

Fleddermann, Roland: Interferometry for a space-based gravitational wave observatory - Reciprocity of an optical fiber, 2012

Mehmet, Moritz: Squeezed light at 1064 nm and 1550 nm with a nonclassical noise suppression beyond 10 dB, 2012

Sambrowski, Aiko: State Preparation for Quantum Information Science and Metrology, 2012

Di Palma, Irene: A First Search for coincident Gravitational Waves and High Energy Neutrinos, 2012

Prijatelj, Mirko: Gravitational wave detection with refined light - The implementation of an output mode cleaner at GEO600, 2012

Dehne, Marina: Construction and noise behaviour of ultra-stable optical systems for space inter-

ferometers, 2012

5 Tagungen, Projekte am Institut und Beobachtungszeiten

5.1 Tagungen und Veranstaltungen

GEO Meetings; November der Wissenschaft im AEI Hannover; Einstein-Mobil; Spring Meeting of the Sonderforschungsbereich Transregio 7, 14.-15. Februar 2012; 3rd ASPERA Computing and Astroparticle Physics Workshop, 3.-4. Mai 2012; Gravitational Wave Physics & Astronomy Workshop (GWPAW), 4.-7. Juni 2012; Workshop „Exploring New Horizons with Gravitational Waves“, 8. Juni 2012; Workshop „Physics of de Sitter Spacetime“, 11.-14. September 2012; 4th Einstein Telescope Symposium, 4.-5. Dezember 2012.

5.2 Projekte und Kooperationen mit anderen Instituten

GEO600: Am Aufbau und Betrieb von GEO600 sind folgende Institutionen beteiligt: Leibniz Universität Hannover; University of Glasgow; Cardiff University; Universität de les Illes Balears, Palma de Mallorca; Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching; Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), Potsdam-Golm; Rutherford Appleton Laboratory, Chilton; Laser Zentrum Hannover; Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig.

GRACE Follow-On: Das AEI ist der Co-Principal Investigator für das Laserinterferometer und hat das Konzept zusammen mit dem JPL entwickelt. Unser Institut koordiniert außerdem mit Partnern in der Industrie die technische Implementierung des Laserinterferometers und führt experimentelle Tests und Simulationen des Interferometers durch. Dabei arbeitet das AEI eng mit SpaceTech GmbH, Astrium GmbH und dem DLR in Bremen and Adlershof zusammen.

Fermi: Wissenschaftler des AEI kooperieren mit der „Fermi Gamma-ray Space Telescope Large Area Telescope Collaboration“ bei der Auswertung von Daten des NASA-Weltraumteleskops Fermi, das den Himmel im Bereich der Gammastrahlung beobachtet. Ziel ist die Entdeckung und Charakterisierung bislang unbekannter Neutronensterne anhand ihrer periodisch modulierten Gammastrahlenemission, sogenannter Gammapulsare. Das AEI entwickelt dabei neue effiziente Datenanalysemethoden und stellt die benötigte enorme Rechenleistung zur Verfügung. Im Rahmen dieser Kollaboration findet eine sehr enge Zusammenarbeit mit der Abteilung von Prof. Dr. Michael Kramer, Direktor des MPIfR in Bonn, statt. Bis dato wurden so mit Hilfe des Computerclusters Atlas elf bislang unbekannte Gammapulsare entdeckt, die mit konventionellen Methoden übersehen worden waren. Seit Mitte 2011 wird das verteilte Rechenprojekt Einstein@Home zur Analyse der Fermi-Daten genutzt.

LISA Pathfinder: Das Konzept und die Details des optischen Systems von LISA Pathfinder wurden am AEI entwickelt. Prof. Dr. Karsten Danzmann ist außerdem Co-Principal Investigator der Mission. Die zur Datenanalyse verwendete LISA Pathfinder Data Analysis (LTPDA) Toolbox wurde ebenfalls am AEI entwickelt, das mit Dr. Martin Hewitson auch den Leiter des Datenanalyse-Teams stellt. An der Mission sind außerdem europäische Raumfahrtunternehmen, Forschungseinrichtungen aus Frankreich, Deutschland, Italien, den Niederlanden, Spanien, der Schweiz, und Großbritannien sowie die amerikanische Luft- und Raumfahrtagentur NASA beteiligt.

LISA: LISA ist ein Gemeinschaftsprojekt mit: Leibniz Universität Hannover; University of Glasgow; Cardiff University; Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching; Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), Potsdam-Golm; Rutherford Appleton Laboratory, Chilton; Imperial College, London; Università di Trento; University of Colorado, Boulder; Jet Propulsion Laboratory, Pasadena; CNRS, Nice; ONERA, Chatillon; CNR, Frascati; ESA-ESTEC, Noordwijk; NASA, Washington.

PALFA: AEI-Wissenschaftler kooperieren im Rahmen des „PALFA Consortiums“ bei der Auswertung von Daten des Arecibo-Radioteleskops in Puerto Rico zur Entdeckung neuer Radiopulsare. Das Konsortium führt seit 2004 eine Durchmusterung des Himmels im Radiobereich durch, um bislang unbekannte Neutronensterne anhand ihrer gepulsten Radiowellenemission aufzuspüren. Seit Anfang 2009 werden die Arecibo-Daten auch mit Hilfe des verteilten Rechenprojekts Einstein@Home ausgewertet. Durch die große verfügbare Rechenzeit kann diese Suche Pulsare in Doppelsternsystemen mit sehr kurzen Bahnperioden finden, die für konventionelle Suchen unerreichbar sind. Seit der ersten Entdeckung im Juli 2010 wurden insgesamt 23 bislang unbekannte Radiopulsare in Daten des Arecibo-Radioteleskops entdeckt. Mitte 2013 wird Einstein@Home alle verfügbaren Daten der PALFA-Durchmusterung analysiert haben und zukünftige Beobachtungs-

daten kurz nach deren Gewinnung durchsuchen.

SFB/TR7: An dem Sonderforschungsbereich/Transregio „Gravitationswellenastronomie: Methoden – Quellen – Beobachtung“ sind beteiligt: das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) in Potsdam-Golm und Hannover, das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching, die Leibniz Universität Hannover, die Friedrich-Schiller-Universität Jena und die Eberhard Karls Universität Tübingen. Seine Aufgabe besteht in einer aufeinander abgestimmten Forschung der beteiligten Gruppen auf dem Gebiet der theoretischen und experimentellen Astrophysik. Die Weiterentwicklung von Theorie und Experiment zur Gravitationsstrahlung muss neue mathematische Methoden nutzbar machen, das Studium der kompakten astrophysikalischen Strahlungsquellen (Neutronensterne, Schwarze Löcher, Binärsysteme, kollabierende Materie) vorantreiben und die experimentelle Technik der Detektoren ständig verbessern. Im Rahmen dieses SFB sollen Design, Darstellung und Anwendung von effektiven Reflexionsoptiken zur Strahlteilung und Strahlsuperposition in unterschiedlichen Interferometertypen auf der Grundlage diffraktiver Strukturen untersucht werden, die mit Mikro- und Nanostrukturtechnik auf hochreflektierende Schichtsysteme aufgebracht wurden. Der Einsatz neuer Interferometer-Topologien (Signal-Recycling, Resonant-Sideband-Extraction, aktive Schwingungsisolation, Kühlung, gequetschtes Licht, QND-Techniken) wird die Empfindlichkeit und damit die Reichweite von Gravitationswellendetektoren wesentlich steigern.

QUEST: An der Leibniz Universität Hannover wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Albert-Einstein-Institut der Exzellenzcluster „Centre for Quantum Engineering and Space-Time Research“ (QUEST) entwickelt. In QUEST haben sich die führenden Institute auf den Gebieten der Forschung mit einzelnen Atomen, Atominterferometern, atomaren Quantensensoren, hochstabilen Lasern und Atomuhren sowie der Astronomie mit Gravitationswellen, der Erdbeobachtung und der Geodäsie zusammengetan. Ziel der beteiligten Wissenschaftler ist es, Quantenphysik und Relativitätstheorie in einem physikalischen Modell zu vereinen. Dabei können sie auf neu entwickelte Verfahren zur Präzisionsmessung von Länge, Zeit, Beschleunigung und Rotation zurückgreifen, die in den vergangenen Jahren durch neue Quanten-Technologien und Methoden des *Quanten Engineering* geschaffen worden sind. Hierzu zählen zum Beispiel Atomlaser oder Bose-Einstein-Kondensate. Die neuen Erkenntnisse werden wesentliche Informationen für Anwendungsbereiche wie die Satellitennavigationssysteme der nächsten Generation liefern. Hierzu gehören unter anderem das europäische Navigationssystem „Galileo“, neue Erdbeobachtungssatelliten oder erheblich genauere geodätische Referenzsysteme.

5.3 Beobachtungszeiten

Im Rahmen der „LIGO and Virgo Scientific Collaboration“ werden gemeinsame Meßzeiten der europäischen und amerikanischen Gravitationswellendetektoren vereinbart. LIGO und Virgo werden zur Zeit ausgebaut mit dem Ziel, die Empfindlichkeit um einen Faktor 10 zu erhöhen, und erst ca. 2015 wieder meßbereit sein. Um während dieser Umbauarbeiten kontinuierliche Himmelsüberwachung sicherzustellen, läuft GEO600 im „Astrowatch“-Programm neben den Verbesserungsarbeiten einen Großteil der Zeit im wissenschaftlichen Messbetrieb.

6 Veröffentlichungen

6.1 In Zeitschriften und Büchern

- Allen, B., Anderson, W. G., Brady, P. R., Brown, D. A., & Creighton, J. D. E.: FINDCHIRP: an algorithm for detection of gravitational waves from inspiraling compact binaries. *Phys. Rev. D*, **85** (2012), 122006
- Amaro-Seoane, P., Aoudia, S., Babak, S., Binetruy, P., Berti, E., Bohe, A., Caprini, C., Colpi, M., Cornish, N. J., Danzmann, K. et al.: Low-frequency gravitational-wave science with eLISA/NGO. *CQG*, **29(12)** (2012), 124016
- Antonucci, F., Armano, M., Audley, H. et al.: The LISA Pathfinder mission. *CQG*, **29(12)** (2012), 124014
- Ast, S., Sambrowski, A., Mehmet, M., Steinlechner, S., Eberle, T., & Schnabel, R.: Continuous-wave non-classical light with GHz squeezing bandwidth. *Opt. Letters*, **37**, (2012), 2367-2369
- Biswas, R., Brady, P. R., Burguet-Castell, J., Cannon, K., Clayton, J., Dietz, A., Fotopoulos, N., Goggin, L. M., Keppel, D., Pankow, C., Price, L. R., & Vaulin, R.: Likelihood-ratio ranking

- of gravitational-wave candidates in a non-Gaussian background. *Phys. Rev. D*, **85** (2012), 122009
- Biswas, R., Brady, P. R., Burguet-Castell, J., Cannon, K., Clayton, J., Dietz, A., Fotopoulos, N., Goggin, L. M., Keppel, D., Pankow, C., Price, L. R., & Vaulin, R.: Detecting transient gravitational waves in non-Gaussian noise with partially redundant analysis methods. *Phys. Rev. D*, **85** (2012), 122009
- Britzger, M., Khalaidovski, A., Hemb, B., Kley, E.-B., Brückner, F., Rinkleff, R.-H., Danzmann, K., & Schnabel, R.: External-cavity diode laser in second-order Littrow configuration. *Opt. Letters*, **37**(15) (2012), 3117-3119
- Britzger, M., Wimmer, M., Khalaidovski, A., Friedrich, D., Kroker, S., Brueckner, F., Kley, E.-B., Tuennermann, A., Danzmann, K., & Schnabel, R.: Michelson interferometer with diffractively-coupled arm resonators in second-order Littrow configuration. *Opt. Express*, **20**(23) (2012), 25400-25408
- Brown, D. A., Harry, I., Lundgren, A., & Nitz, A. H.: Detecting binary neutron star systems with spin in advanced gravitational-wave detectors. *Phys. Rev. D*, **86** (2012), 084017
- Brown, D. A., Lundgren, A., & O’Shaughnessy, R.: Nonspinning searches for spinning binaries in ground-based detector data: Amplitude and mismatch predictions in the constant precession cone approximation. *Phys. Rev. D* **86** (2012), 064020
- Cannon, K., Cariou, R., Chapman, A., Crispin-Ortuzar, M., Fotopoulos, N., Frei, M., Hanna, C., Kara, E., Keppel, D., Liao, L., Privitera, S., Searle, A., Singer, L., & Weinstein, A.: Toward Early-Warning Detection of Gravitational Waves from Compact Binary Coalescence. *ApJ* **748** (2012), 136
- Cannon, K., Hanna, C., & Keppel, D.: Interpolating compact binary waveforms using the singular value decomposition. *Phys. Rev. D* **85** (2012), 081504
- Crawford, F., Stovall, K., Lyne, A. G., Stappers, B. W., Nice, D. J., Stairs, I. H., Lazarus, P., Hessels, J. W. T., Freire, P. C. C., Allen, B., Bhat, N. D. R., Bogdanov, S., Brazier, A., Camilo, F., Champion, D. J., Chatterjee, S., Cognard, I., Cordes, J. M., Deneva, J. S., Desvignes, G., Jenet, F. A., Kaspi, V. M., Knispel, B., Kramer, M., van Leeuwen, J., Lorimer, D. R., Lynch, R., McLaughlin, M. A., Ransom, S. M., Scholz, P., Siemens, X., & Venkataraman, A.: Four Highly Dispersed Millisecond Pulsars Discovered in the Arecibo PALFA Galactic Plane Survey. *ApJ* **757** (2012), 90
- Dahl, K., Kranz, O., Heinzl, G., Willke, B., Strain, K. A., Gofler, S., & Danzmann, K.: Suspension platform interferometer for the AEI 10m prototype: concept, design and optical layout. *CQG* **29**(9) (2012), 095024.
- Dehne, M., Tröbs, M., Heinzl, G., & Danzmann, K.: Verification of polarising optics for the LISA optical bench *Opt. Express*, **20**(25) (2012), 27273-27287
- Deneva, J. S., Freire, P. C. C., Cordes, J. M., Lyne, A. G., Ransom, S. M., Cognard, I., Camilo, F., Nice, D. J., Stairs, I. H., Allen, B., Bhat, N. D. R., Bogdanov, S., Brazier, A., Champion, D. J., Chatterjee, S., Crawford, F., Desvignes, G., Hessels, J. W. T., Jenet, F. A., Kaspi, V. M., Knispel, B., Kramer, M., Lazarus, P., van Leeuwen, J., Lorimer, D. R., Lynch, R. S., McLaughlin, M. A., Scholz, P., Siemens, X., Stappers, B. W., Stovall, K., & Venkataraman, A.: Two Millisecond Pulsars Discovered by the PALFA Survey and a Shapiro Delay Measurement. *ApJ* **757** (2012), 89
- Evans, P. A. et al.: Swift follow-up observations of candidate gravitational-wave transient events. *ApJ Supplement Series* **203**(2) (2012), 28
- Gräf, C., Hild, S., Lück, H., Willke, B., Strain, K. A., Gofler, S., & Danzmann, K.: Optical layout for a 10m Fabry-Perot Michelson interferometer with tunable stability. *CQG* **29**(7) (2012), 075003
- Händchen, V., Eberle, T., Steinlechner, S., Sambrowski, A., Franz, T., Werner, R. F., & Schnabel, R.: Observation of one-way Einstein-Podolsky-Rosen steering. *Nature Photonics* **6** (2012), 596-599
- Kaufer, H., Sawadsky, A., Westphal, T., Friedrich, D., & Schnabel, R.: Tomographic readout of an opto-mechanical interferometer. *New J. of Phys.*, **14** (2012), 095018

- Keitel, D., Prix, R., Papa, M. A., & Siddiqi, M.: An F-statistic based multi-detector veto for detector artifacts in continuous-wave gravitational wave data. In: E. D. Feigelson, & G. J. Babu (Eds.), *Statistical Challenges in Modern Astronomy V* (pp. 511-513). Heidelberg u.a.: Springer.
- Khalaidovski, A., Vahlbruch, H., Lastzka, N., Graef, C., Danzmann, K., Grote, H., & Schnabel, R.: Long-term stable squeezed vacuum state of light for gravitational wave detectors. *CQG* **29(7)** (2012), 075001
- Otto, M., Heinzl, G., & Danzmann, K.: TDI and clock noise removal for the split interferometry configuration of LISA. *CQG*, **29(20)** (2012), 205003.
- Pletsch, H. J., Guillemot, L., Allen, B., Kramer, M., Aulbert, C., Fehrmann, H., Ray, P. S., Barr, E. D., Belfiore, A., Camilo, F., Caraveo, P. A., Celik, O., Champion, D. J., Dormody, M., Eatough, R. P., Ferrara, E. C., Freire, P. C. C., Hessels, J. W. T., Keith, M., Kerr, M., de Luca, A., Lyne, A. G., Marelli, M., McLaughlin, M. A., Parent, D., Ransom, S. M., Razzano, M., Reich, W., Parkinson, P. M. S., Stappers, B. W., & Wolff, M. T.: Discovery of Nine Gamma-Ray Pulsars in Fermi-LAT Data Using a New Blind Search Method. *The Astronomical Journal* **744(2)** (2012), 105
- Pletsch, H. J., Guillemot, L., Allen, B., Kramer, M., Aulbert, C., Fehrmann, H., Baring, M. G., Camilo, F., Caraveo, P. A., Grove, J. E., Kerr, M., Marelli, M., Ransom, S. M., Ray, P. S., & Parkinson, P. M. S.: PSR J1838-0537: Discovery of a young, energetic gamma-ray pulsar. *The ApJ Letters*, **755(1)** (2012), L20
- Pletsch, H. J., Guillemot, L., Fehrmann, H., Allen, B., Kramer, M., Aulbert, C., Ackermann, M., Ajello, M., de Angelis, A., Atwood, W. B., Baldini, L., Ballet, J., Barbiellini, G., Bastieri, D., Bechtol, K., Bellazzini, R., Borgland, A. W., Bottacini, E., Brandt, T. J., Bregeon, J., Brigida, M., Bruel, P., Buehler, R., Buson, S., Caliandro, G. A., Cameron, R. A., Caraveo, P. A., Casandjian, J. M., Cecchi, C., $\dot{\gamma}_{\frac{1}{2}}$ elik, $\ddot{\gamma}_{\frac{1}{2}}$, Charles, E., Chaves, R. C. G., Cheung, C. C., Chiang, J., Ciprini, S., Claus, R., Cohen-Tanugi et al.: Binary Millisecond Pulsar Discovery via Gamma-Ray Pulsations. *Science Magazine* **338** (2012), 1314-1317
- Prijatelj, M., Degallaix, J., Grote, H., Leong, J., Affeldt, C., Hild, S., Luck, H., Slutsky, J., Wittel, H., Strain, K. A., & Danzmann, K.: The output mode cleaner of GEO 600. *CQG* **29(5)** (2012), 055009
- Prix, R., & Shaltev, M.: Search for Continuous Gravitational Waves: Optimal StackSlide method at fixed computing cost. *Phys. Rev. D* **85(8)** (2012), 084010
- Qian, J., Clerk, A. A., Hammerer, K., & Marquardt, F.: Quantum Signatures of the Optomechanical Instability *Phys. Rev. Letters* **109** (2012), 253601
- Ray, P. S., Ransom, S. M., Cheung, C. C., Giroletti, M., Cognard, I., Camilo, F., Bhattacharyya, B., Roy, J., Romani, R. W., Ferrara, E. C., Guillemot, L., Johnston, S., Keith, M., Kerr, M., Kramer, M., Pletsch, H., Parkinson, P. M. S., & Wood, K. S.: Radio Detection of the Fermi LAT Blind Search Millisecond Pulsar J1311-3430. *ApJ* **763** (2012), L13
- Romani, R. W., Filippenko, A. V., Silverman, J. M., Cenko, S. B., Greiner, J., Rau, A., Elliott, J., & Pletsch, H. J.: PSR J1311-3430: a heavyweight neutron star with a flyweight helium companion. *The ApJ Letters* **760(2)** (2012), L36
- Rosado, P. A.: Gravitational wave background from rotating neutron stars. *Phys. Rev. D* **86(10)** (2012), 104007
- Sathyaprakash, B., Abernathy, M., Acernese, F., Ajith, P., Allen, B., Amaro-Seoane, P., Andersson, N., Aoudia, S., Arun, K., Astone, P., Krishnan, B., Barack, L., Barone, F., Barr, B., Barsuglia, M., Bassan, M., Bassiri, R., Beker, M., Beveridge, N., Bizouard, M., Bond, C., Bose, S., Bosi, L., Braccini, S., Bradaschia, C., Britzger, M., Brueckner, F., Bulik, T., Bulten, H. J., Burmeister, O., Calloni, E., Campsie, P., Carbone, L., Cella, G., Chalkley, E., Chassande-Mottin, E., Chelkowski, S., Chincarini, A., Cintio, A. D. et al.: Scientific Objectives of Einstein Telescope. *CQG* **29(12)** 124013
- Sheard, B., Heinzl, G., Danzmann, K., Shaddock, D. A., Klipstein, W. M., & Folkner, W. M.: Intersatellite laser ranging instrument for the GRACE follow-on mission. *J. of Geodesy* **86(12)** (2012), 1083-1095
- Stefszky, M. S., Mow-Lowry, C. M., Chua, S. S. Y., Shaddock, D. A., Buchler, B. C., Vahlbruch, H., Khalaidovski, A., Schnabel, R., Lam, P. K., & McClelland, D. E.: Balanced Homodyne

- Detection of Optical Quantum States at Audio-Band Frequencies and Below. *CQG* **29(14)** (2012), 145015
- Steinlechner, J., Jensen, L., Krüger, C., Lastzka, N., Steinlechner, S., & Schnabel, R.: Photothermal self-phase-modulation technique for absorption measurements on high-reflective coatings. *Appl. Opt.* **51(8)** (2012), 1156-1161
- Sutton, A. J., Gerberding, O., Heinzl, G., & Shaddock, D. A.: Digitally enhanced homodyne interferometry. *Opt. Express* **20(20)** (2012), 22195-22207
- The LIGO Scientific Collaboration & The Virgo Collaboration: The characterization of Virgo data and its impact on gravitational-wave searches. *CQG* **29(15)** (2012), 155002.
- The LIGO Scientific Collaboration & The Virgo Collaboration: All-sky Search for Periodic Gravitational Waves in the Full S5 LIGO Data. *Phys. Rev. D* **85(2)** (2012), 022001.
- The LIGO Scientific Collaboration & The Virgo Collaboration: Implications For The Origin Of GRB 051103 From LIGO Observations. *ApJ* **755(1)** (2012), 2
- The LIGO Scientific Collaboration & The Virgo Collaboration: Upper limits on a stochastic gravitational-wave background using LIGO and Virgo interferometers at 600-1000 Hz. *Phys. Rev. D* **85** (2012), 122001.
- The LIGO Scientific Collaboration & The Virgo Collaboration: First Low-Latency LIGO+Virgo Search for Binary Inspirals and their Electromagnetic Counterparts. *A&A* **541** (2012), A155.
- The LIGO Scientific Collaboration & The Virgo Collaboration: Search for Gravitational Waves from Low Mass Compact Binary Coalescence in LIGO's Sixth Science Run and Virgo's Science Runs 2 and 3. *Phys. Rev. D* **85** (2012), 082002.
- The LIGO Scientific Collaboration & The Virgo Collaboration: Implementation and testing of the first prompt search for electromagnetic counterparts to gravitational wave transients. *A&A* **539** (2012), A124.
- The LIGO Scientific Collaboration & The Virgo Collaboration All-sky search for gravitational-wave bursts in the second joint LIGO-Virgo run. *Phys. Rev. D* **85** (2012), 122007.
- The LIGO Scientific Collaboration & The Virgo Collaboration: Search for Gravitational Waves from Intermediate Mass Binary Black Holes. *Phys. Rev. D* **85** (2012), 102004.
- Vasilyev, D. V., Hammerer, K., Korolev, N., & Sørensen, A. S.: Quantum Noise for Faraday Light Matter Interfaces. *J. of Phys. B* **45** (2012), 124007
- Wade, L., Siemens, X., Kaplan, D. L., Knispel, B., & Allen, B.: Continuous Gravitational Waves from Isolated Galactic Neutron Stars in the Advanced Detector Era. *Phys. Rev. D* **86** (2012), 124011
- Wanner, A., Bergmann, G., Bertolini, A., Fricke, T., Lück, H., Mow-Lowry, C. M., Strain, K. A., Gößler, S., & Danzmann, K.: Seismic attenuation system for the AEI 10 meter Prototype. *CQG* **29(24)** (2012), 245007
- Wanner, G., Heinzl, G., Kochkina, E., Mahrtdt, C., Sheard, B., Schuster, S., & Danzmann, K.: Methods for simulating the readout of lengths and angles in laser interferometers with Gaussian beams. *Optics Comm.* **285(24)** (2012), 4831-4839
- Was, M., Sutton, P. J., Jones, G., & Leonor, I.: Performance of an externally triggered gravitational-wave burst search. *Phys. Rev. D* **86** (2012), 022003.
- Westphal, T., Bergmann, G., Bertolini, A., Born, M., Chen, Y., Cumming, A. V., Cunningham, L., Dahl, K., Gräf, C., Hammond, G., Heinzl, G., Hild, S., Huttner, S., Jones, R., Kawazoe, F., Köhlenbeck, S., Kuehn, G., Lück, H., Mossavi, K., Pöld, J. H., Somiya, K., van Veggel, A. M., Wanner, A., Willke, B., Strain, K. A., Gößler, S., & Danzmann, K.: Design of the 10 m AEI prototype facility for interferometry studies. *Appl. Phys. B: Lasers and Optics*, **106(3)** (2012), 551-557
- Westphal, T., Friedrich, D., Kaufer, H., Yamamoto, K., Gossler, S., Mueller-Ebhardt, H., Danilishin, S. L., Khalili, F. Y., Danzmann, K., & Schnabel, R.: Interferometer readout-noise below the Standard Quantum Limit of a membrane. *Phys. Rev. A*, **85** (2012), 063806
- Wette, K.: Estimating the sensitivity of wide-parameter-space searches for gravitational-wave pulsars. *Phys. Rev. D* **85(4)** (2012), 042003

Xuereb, A., Usami, K., Naesby, A., Polzik, E. S., & Hammerer, K.: Exciton-mediated photothermal cooling in GaAs membranes. *New J. of Phys.* **14** (2012), 085024

6.2 Konferenzbeiträge

Baret, B., Bartos, I., Bouhou, B., Chassande-Mottin, E., Corsi, A., Di Palma, I., Donzaud, C., Drago, M., Finley, C., Jones, G., Klimenko, S., Kouchner, A., Mićić, S., Mićić, Z., Moscoso, L., Papa, M. A., Pradier, T., Prodi, G., Raffai, P., Re, V., Rollins, J., Salemi, F., Sutton, P., Tse, M., Van Elewyck, V., & Vedovato, G.: Multimessenger Sources of Gravitational Waves and High-energy Neutrinos: Science Reach and Analysis Method. In: *Journal of Physics: Conference Series*, **363(1)** (2012) 012022.

Di Palma, I., ANTARES Collaboration, LIGO Scientific Collaboration, & Virgo Collaboration: First joint analysis between Gravitational Waves and High Energy Neutrinos using LIGO, Virgo and ANTARES data. In: *Journal of Physics: Conference Series* **375** (2012), 062002.

Gerberding, O., Barke, S., Bykov, I., Danzmann, K., Enggaard, A., Esteban, J. J., Gianolio, A., Hansen, T. V., Heinzl, G., Hornstrup, A., Jennrich, O., Kullmann, J., Pedersen, S. M., Rasmussen, T., Reiche, J., Sodnik, Z., & Suess, M.: Breadboard model of the LISA phasemeter. In: *Proceedings of 9th International LISA Symposium 2012 (ASP Conference Series)* **467** (2012), 271-276

Hooper, S., Wen, L., Hanna, C., Cannon, K., Keppel, D., Blair, D., Chung, S.-K., Singer, L., & Chen, Y.: Progress on the Low-Latency Inspiral Gravitational Wave Detection algorithm known as SPIIR. In: *Journal of Physics: Conference Series* **363** (2012), 012027

Kawazoe, F., Bergmann, G., Bertolini, A., Born, M., Chen, Y., Cummings, A. V., Cunningham, L., Dahl, K., Gräf, C., Hammond, G., Heinzl, G., Hild, S., Huttner, S. H., Jones, R., Köhlerbeck, S., Kühn, G., Lück, H., Mossavi, K., Pödl, J. H., Somiya, K., van Veggel, A. M., Wanner, A., Westphal, T., Willke, B., Strain, K. A., Gokler, S., & Danzmann, K.: The AEI 10 m Prototype Interferometer frequency control using the reference cavity and its angular control. In: *Journal of Physics: Conference Series* **363** (2012), 012012.

Khalaidovski, A., Vahlbruch, H., Lastzka, N., Gräf, C., Danzmann, K., & Schnabel, R.: A Squeezed Light Source for the Gravitational Wave Detector GEO600. In: T. Damour, & R. T. Jantzen (Eds.), *The Twelfth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics and Relativistic Field Theories: proceedings of the MG12 Meeting on General Relativity* (2012), 1729-1731

Khalaidovski, A., Vahlbruch, H., Lastzka, N., Gräf, C., Lueck, H., Danzmann, K., Grote, H., & Schnabel, R.: Status of the GEO 600 squeezed-light laser. In: *Journal of Physics: Conference Series* **363** (2012), 012013

Kochkina, E., Heinzl, G., Wanner, G., Müller, V., Mahrtdt, C., Sheard, B., Schuster, S., & Danzmann, K.: Simulating and Optimizing Laser Interferometers. In: *Proceedings of 9th International LISA Symposium 2012 (ASP Conference Series)* **467** (2012), 291-292

Leaci, P.: Searching for continuous gravitational wave signals using LIGO and Virgo detectors. In: *Journal of Physics: Conference Series* **354** (2012), 012010

Lück, H.: The Einstein Telescope ET. In: T. Damour, R. T. Jantzen, & R. Ruffini (Eds.), *The Twelfth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics and Relativistic Field Theories: proceedings of the MG12 Meeting on General Relativity* (2012), 1673-1675

Lück, H.: The Upgrade of GEO 600. In: T. Damour, R. T. Jantzen, & R. Ruffini (Eds.), *The Twelfth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics and Relativistic Field Theories: proceedings of the MG12 Meeting on General Relativity* (2012), 1726-1728

Nofrarias, M., Ferraioli, L., Congedo, G., Hueller, M., Armano, M., Diaz-Aguilo, M., Grynagier, A., Hewitson, M., & Vitale, S.: Parameter estimation in LISA Pathfinder operational exercises. In: *Journal of Physics: Conference Series* **363** (2012), 012053

Shaltev, M.: Coherent follow-up of Continuous Gravitational Wave candidates: minimal required observation time. *Journal of Physics: Conference Series* **363** (2012), 012043

6.3 Populärwissenschaftliche und sonstige Veröffentlichungen

- Knispel, B.: Tausend neue Welten?. In: SuW, **5/2012**, 24
 Knispel, B.: Rätsel um OPERAs Neutrinomessungen gelöst. In: SuW, **6/2012**, 24
 Knispel, B.: Vulkanische Spiralen auf dem roten Planeten. In: SuW, **8/2012**, 20
 Knispel, B.: Kometenkollisionen und Schäferhundplaneten. In: SuW, **8/2012**, 23
 Knispel, B.: Ein Exoplanet kommt ins Schwitzen. In: SuW, **10/2012**, 24
 Knispel, B.: Gas und Staub im frühen Universum. In: SuW, **10/2012**, 27
 Knispel, B.: Ein Pulsar verschluckt sich. In: SuW, **11/2012**, 24

7 Sonstiges

Adressen der Webseiten unserer Projekte:

GEO600: <http://geo600.aei.mpg.de>
 eLISA: <http://www.elisascience.org/>
 Prototyp: <http://10m-prototype.aei.uni-hannover.de>
 SFB/TR7: <http://www.sfb.tpi.uni-jena.de>
 QUEST: <http://www.quest.uni-hannover.de>
 Einstein@Home: <http://einstein.phys.uwm.edu>

8 Abkürzungsverzeichnis

ALFA: Arecibo L-Band Feed Array
 CNR: Consiglio Nazionale delle Ricerche
 CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique
 DLR: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
 eLISA: evolved LISA
 ESA: European Space Agency
 ESTEC: European Space Research and Technology Centre
 GFZ: Deutsches GeoForschungsZentrum
 JPL: Jet Propulsion Laboratory
 LIGO: Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory
 LISA: Laser Interferometer Space Antenna
 NASA: National Aeronautics and Space Administration
 ONERA: Office National d'Études et de Recherches Aéropaciales
 PALFA: Pulsars with ALFA
 QUEST: Centre for Quantum Engineering and Space-Time Research.

Benjamin Knispel, Referent für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit