

# 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](mailto:office-hannover@aei.mpg.de)  
WWW: <http://www.aei-hannover.de>

## 1 Einleitung

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 „Beobachtungsbasierte Relativität und Kosmologie“.

## 2 Personal und Ausstattung

### 2.1 Personalstand

#### *Direktoren und Professoren:*

Prof. Dr. Bruce Allen [-17148], Prof. Dr. Karsten Danzmann [-2356],

#### *Professoren:*

Prof. Dr. Klemens Hammerer [-17056], PD Dr. Gerhard Heinzel [-17123], Jun.-Prof. Dr. Michèle Heurs [-17037], em. Prof. Dr. Manfred Kock [-2798], Prof. Dr. Roman Schnabel [-19169], Prof. Ken Strain, Apl. Prof. Dr. Benno Willke [-2360].

#### *Wissenschaftliche Mitarbeiter:*

Dr. Christoph Affeldt, Dr. Stefan Ast, Dr. Heather Audley, Dr. Carsten Aulbert, Dr. Berit Behnke, Oliver Bock, Dr. Christina Bogan, Dr. Michael Born, Dr. Collin Capano, Dr. Neda Darbeheshti, Dr. Irene Di Palma, Dr. Thomas Dent, Dr. Kate Dooley, Dr. Marco Drago,

Heinz-Bernd Eggenstein, Dr. Juan Jose Esteban Delgado, Dr. Henning Fehrmann, Dr. Tobin Fricke, Dr. Oliver Gerberding, Dr. Evan Goetz, Dr. Nikolaos Karnesis, Dr. Fumiko Kawazoe, Dr. David Keitel, Dr. Benjamin Knispel, Dr. Alexander Khalaidovski, Dr. Badri Krishnan, Dr. Gerrit Kühn, Dr. Paola Leaci, Dr. Jonathan Leong, Dr. James Lough, Dr. Andrew Lundgren, Bernd Machenschalk, Dr. Christoph Mahrtdt, Dr. Giulio Mazzolo, Dr. Moritz Mehmet, Dr. Alex Nielsen, Alexander Post, Dr. Jan Hendrik Pöld: Dr. Reinhard Prix, Dr. Pablo Antonio Rosado Gonzalez, Albrecht Rüdiger, Dr. Francesco Salemi, Dr. Aiko Sambrowski, Roland Schilling, Axel Schnitger, Dr. Daniel Schütze, Dr. Miroslav Shaltev, Dr. Benjamin Sheard, Dr. Dmitry Simakov, Dr. Sergey Tarabrin, Thomas Theeg, Dr. Michael Tröbs, Dr. Henning Vahlbruch, Dr. Denis Vasilyev, Dr. Christina Vollmer, Dr. Yan Wang, Dr. Gudrun Wanner, Dr. Karl Wette, Dr. Walter Winkler

#### *Bachelorstudenten*

Nina Bode, Felix Bosco, Daniel Edler, Felix Frost, Björn Erik Haase, Lisa Kakuschke, Robin Kirchhoff, Philip Koch, Johannes Lehmann, Sebastian Paschel, Dennis Schmelzer, Sebastian Schreiber, Morten Steinecke, Fabian Thies, Hendrik Weißbrich, Michael Winter, Max Zwetz

#### *Masterstudenten*

Jan Bischoff, Jan-Simon Hennig, Philip Koch, Neda Meshksar, Lars Nieder, Axel Schönbeck, Bernd Schulte, Björn Siebrands, Mareike Syllwasschy, Petrisa Zell

#### *Doktoranden:*

Vaishali Adya, Robin Bähre, Simon Barke, Gerald Bergmann, Aparna Bisht, Nils Brause, Colin Clark, Tito Dal Canton, Ondrej Cernotik, Timo Denker, Germán Fernández Barranco, Jan Gniesmer, Alexander Görth, Vitus Händchen, Manuela Hanke, Jason Hoelscher-Obermaier, Nathaniel Indik, Katharina-Sophie Isleif, Nikolaos Karnesis, Steffen Kaufer, Brigitte Kaune, Lisa Kleybolte, Sina Köhlenbeck, Mikhail Korobko, Natalia Korsakova, Christoph Krüger, Jonas Lammers, Yong Lee, Maike Lieser, Niels Lörch, Jing Ming, Ramon Moghadas Nia, Miriam Cabero Müller, Vitali Müller, Patrick Oppermann, Markus Otto, Sarah Paczkowski, Alexander Roth, Andreas Sawadsky, Justus Schmidt, Andreas Schreiber, Emil Schreiber, Daniela Schulze, Sönke Schuster, Dirk Schütte, Thomas Schwarze, Avneet Singh, Gunnar Stede, Daniel Steinmeyer, Tobias Westphal, Maximilian Wimmer, Andreas Wittchen, Holger Wittel

#### *Sekretariat und Verwaltung:*

Sandra Bruns, Julia Bornemann, Birgit Gemmeke, Gina Gerlach, Oksana Levkivska, Heidi Kruppa, Kirsten Labove, Richard Mann, Dr. Kasem Mossavi, Sabine Rehmert, Karin Salatti-Tara, Doris Stubenrauch

#### *Technische Mitarbeiter*

Felix Barthel, Stefan Bertram, Marc Brinkmann, Iouri Bykov, Guido Conrad, Jan Diedrich, Ingo Diepholz, Claus Ebert, Joachim Fritzsche, 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, Philipp Schauzu, Mathias Schlenk, Andreas Weidner, Michael Weinert, Karl-Heinz Zwick-Meinheit

#### *Studentische Mitarbeiter:*

Firoz Kabir, Rajib Das

## 2.2 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- und Leistungsüberhöhung, monolithische Aufhängung der Spiegel, stabile Hochleistungslaser. GEO600 ist momentan der einzige Detektor, der gequatschtes Licht standardmäßig einsetzt.

In Zusammenarbeit mit der ESA wird das Weltraumprojekt eLISA („evolved Laser Interferometer Space Antenna“) vorbereitet, ein satellitengestützter Gravitationswellendetektor im All mit Millionen km langen Meßstrecken. Zunächst soll Ende 2015 die Mission „LISA Pathfinder“ zur Demonstration der Kerntechnologien für eLISA gestartet werden. Die ESA wird mit ihrer L3-Mission (Starttermin im Jahr 2034) das wissenschaftliche Thema „Gravitationswellendetektion im All“ abdecken. 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 mehr als 3300 Rechnerknoten mit jeweils mindestens vier CPU-Kernen und 850 GPUs. Insgesamt besitzt der Cluster mehr als 5 Petabyte Festplattenkapazität und 4,5 Petabyte Bandspeicherplatz zur Archivierung. Atlas erreicht eine extrapolierte effektive Rechenleistung von etwa 400 Teraflops pro Sekunde (Billionen Berechnungen pro Sekunde). Um alle Rechner zu verbinden, wurden insgesamt etwa 15 km handelsübliche Ethernet-Kabel verwendet. Die Gesamtkapazität des Netzwerkes liegt bei etwa 30 Terabit pro Sekunde; dieses entspricht in etwa der Geschwindigkeit von 300.000 schnellen VDSL Anschlüssen. Atlas hat eine Stromaufnahme von rund 750 kW.

Das AEI ist maßgeblich an der Entwicklung von Einstein@Home beteiligt. Hierbei stellen Freiwillige die ungenutzte Rechenleistung ihrer Heim- oder Bürocomputer und seit neuestem auch Smartphones für die Datenanalyse zur Verfügung. Einstein@Home ist eines der weltweit größten Projekte dieser Art mit fast 400 000 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 andererseits verwendet, um Daten großer Radioteleskope (Arecibo, Puerto Rico und Parkes, Australien) zu durchsuchen. Hierbei wurden insgesamt bereits 51 neue Radiopulsare entdeckt. Seit August 2011 wird auch in den Daten des „Large Area Telescope“ auf dem NASA-Satelliten Fermi nach Gamma-Pulsaren gesucht. Im Jahr 2013 wurden die ersten vier Gammapulsare in Fermi-LAT-Daten mit Einstein@Home entdeckt und mit der Optimierung der Suchmethoden sind weitere Entdeckungen sehr wahrscheinlich.

### 2.3 Gebäude und Bibliothek

Die Zunahme der Mitarbeiterzahl in den letzten Jahren hat zu einem erheblichen Raumbedarf geführt. Das Hauptgebäude in der Callinstr. 38 beherbergt Mitglieder der beiden Hauptabteilungen, der Verwaltung und die Werkstätten. Zwei Arbeitsgruppen („10-Meter-Prototyp“ und „Theorie“) sind in einer Etage des Gebäudes Appelstr. 11A untergebracht; die Arbeitsgruppe „Weltrauminterferometrie“ befindet sich im Gebäude Appelstr. 36.

## 3 Lehrtätigkeit, Prüfungen und Gremientätigkeit

### 3.1 Lehrtätigkeiten

Prof. K. Danzmann hielt im WS 2013/14 die Vorlesung *Physik I: Mechanik und Relativität*, im SS 2014 *Elektrizität – Physik II (mit Experimenten)* und im WS 2014/15 *Gravitationsphysik* (gemeinsam mit PD Dr. Gerhard Heinzel).

PD Dr. Gerhard Heinzel hielt im WS 2013/14 die Vorlesung *Laserinterferometrie* (gemeinsam mit Jun.-Prof. Michèle Heurs), im SS 2014 *Laserinterferometrie* und im WS 2014/15 *Laserinterferometrie*.

Jun.-Prof. Michèle Heurs hielt im SS 2014 die Vorlesung *Gravitationsphysik* (gemeinsam

mit PD Dr. Gerhard Heinzel und Prof. K. Danzmann) und im WS 2014/15 *Nichtklassisches Licht*.

Prof. R. Schnabel hielt im WS 2013/2014 die Vorlesung *Nichtklassische Laserinterferometrie* und im SS 2014 *Nichtklassische Laserinterferometrie*.

Apl. Prof. Dr. Benno Willke hielt im SS 2014 die Vorlesung *Laserstabilisierung und Kontrolle optischer Elemente*.

Das Institut bot jedes Semester Seminare zum Scheinerwerb an, die Themen der Gravitationsphysik und der Astronomie behandelten.

#### 4 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 2014 rund 75% 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 gemeinsam mit deutschen Partnern (unter Federführung des GFZ), die 2017 starten soll. Sie wird die erfolgreiche Arbeit des Satellitenpaars 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 Interferometrie. 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. Zu den am AEI untersuchten Quellen zählen verschmelzende schwarze Löcher und Neutronensterne, schnell rotierende Neutronensterne und verschiedene Quellen, die Ausbrüche (*bursts*) von Gravitationswellen erzeugen. Unerlässlich für diese Suche und die Anwendung neuer anspruchsvoller Methoden sind leistungsfähige Computer. Am AEI wird daher der maßgeschneiderte Computercluster Atlas mit mehr als 13.000 CPU- und 250.000 GPU-Rechenkernen betrieben. Atlas ist der weltweit leistungsfähigste Computer für die Gravitationswellen-Datenanalyse

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.

Seit April 2014 wird die unabhängige Forschungsgruppe „Gravitationswellen- und Gammapulsare“ unter Leitung von Dr. Holger Pletsch im Rahmen des Emmy Noether-Programms der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Zentrales Forschungsthema der Gruppe sind rechenaufwändige Suchen nach und Studien von Pulsaren – schnell rotierenden Neutronensternen – in Daten von Gammastrahlen-Teleskopen (wie Fermi) und Gravitationswellen-Detektoren (wie LIGO). Dabei werden die Untersuchungen dank innovativer und recheneffizienter Methoden auf zuvor unzugängliche und wissenschaftliche besonders interessante Parameterbereiche ausgedehnt. Zur Realisierung kommen dabei große Computercluster (Atlas) und das verteilte Rechenprojekt Einstein@Home zum Einsatz.

## 5 Akademische Abschlussarbeiten

### 5.1 Bachelorarbeiten

#### *Abgeschlossen*

Felix Bosco: Quantitative Charakterisierung und Entkopplung der Bewegungsfreiheitsgrade aufgehängter Testmassen für die Gravitationswellen-Detektion, Bachelorarbeit, 2014

Felix Frost: Vergleichende Untersuchungen an hochfrequenten Homodyndetektoren für die Präzisionsmetrologie, Bachelorarbeit, 2014

Fabian Thies: Leistungsstabilisierung eines Faserlasers, Bachelorarbeit, 2014

Daniel Edler: Measurement and Modelling of USO Clock Noise in space based applications, Bachelorarbeit, Bachelorarbeit, 2014

Björn Erik Haase: Characterisation and development of stable fibre couplers, Bachelorarbeit, 2014

Sebastian Schreiber: Implementation and characterization of an acquisition sensor for LISA, Bachelorarbeit, 2014

Max Zwetz: Setup and characterization of a measurement system for the LISA OB, Bachelorarbeit, 2014

Michael Winter: Zusammenbau und Test der Sensoren für die Seismische Isolationsplattform des AEI 10m-Prototypen (AEI-SAS), Bachelorarbeit, 2014

Johannes Lehmann: Aufbau und Test der Dreifach-Aufhängungen für das SQL Interferometer am AEI, Bachelorarbeit, 2014

Philip Koch: Kartographierung von Transmission und Reflektion optischer Oberflächen, Bachelorarbeit, 2014

Robin Kirchhoff: Aufbau und Test der Seismischen Isolationsplattform (AEI-SAS), Bachelorarbeit, 2014

Sebastian Paschel: Messung der optischen Absorption und des thermo-optischen Koeffizienten von Saphir, Bachelorarbeit, 2014

Morten Steinecke: Entwurf und Aufbau eines monolithischen Michelson-Sagnac-Interferometers, Bachelorarbeit, 2014

Hendrik Weißbrich: Charakterisierung von Photodioden für effiziente Homodyndetektion bei 532 nm, Bachelorarbeit, 2014

## 5.2 Masterarbeiten

### *Abgeschlossen*

Axel Schönbeck: Hochkonversion von einzelnen Photonen im nichtklassischen Regime, Masterarbeit, 2014

Jan Gniesmer, Masterarbeit: Verteilung nicht-klassischer Zustände des Lichts über eine Glasfaser von 1 km Länge, Masterarbeit, 2014

Petrissa Zell: Verschränkung zwischen sichtbarem und nah-infrarotem Licht durch Frequenzhochkonversion, Masterarbeit, 2014

Daniel Steinmeyer: Towards Coherent Quantum Noise Cancellation, Masterarbeit, 2014

## 5.3 Dissertationen

### *Abgeschlossen:*

Christoph Affeldt: Laser power increase for GEO 600: commissioning aspects towards an operation of GEO 600 at high laser power, Dissertation, 2014

Heather E. Audley: Preparing for LISA pathfinder operations : characterisation of the optical metrology system, Dissertation, 2014

Oliver Gerberding: Phase readout for satellite interferometry, Dissertation, 2014

David Keitel: Improving robustness of continuous-gravitational-wave searches against signal-like instrumental artefacts and a concept for an octahedral gravitational-wave detector in space, Dissertation, 2014

Jan Hendrik Pöld: Design, implementation and characterization of the advanced LIGO 200 W laser system, Dissertation, 2014

Dmitry Simakov: Dynamical tuning of a signal recycled gravitational wave detector: dynamical effects and sensitivity gain of dynamical tuning during detection of a chirp signal from compact binary coalescences, Dissertation, 2014

Daniel Schütze: Intersatellite laser interferometry : test environments for GRACE follow-on  
Christina E. Vollmer: Non-classical state engineering for quantum networks, Dissertation,

2014

Yan Wang: On inter-satellite laser ranging, clock synchronization and gravitational wave data analysis, Dissertation, 2014

## 6 Tagungen, Projekte am Institut und Beobachtungszeiten

### 6.1 Tagungen und Veranstaltungen

### 6.2 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; Universitat 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, dabei wurden vier bislang unbekannte Gammapulsare entdeckt.

**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 hatte Einstein@Home alle bis dahin verfügbaren Daten der PALFA-Durchmusterung analysiert und durchsucht derzeit neu anfallende Beobachtungsdaten kurz nach deren Gewinnung.

**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 Schwingungsisolierung, 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.

### 6.3 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.

## 7 Veröffentlichungen

### 7.1 In Zeitschriften und Büchern

- Aartsen, M. G., et al. (The IceCube Collaboration, The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Multimessenger Search for Sources of Gravitational Waves and High-Energy Neutrinos: Results for Initial LIGO-Virgo and IceCube. *Physical Review D*, **90** (2014) 102002.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Methods and results of a search for gravitational waves associated with gamma-ray bursts using the GEO600, LIGO, and Virgo detectors. *Physical Review D*, **89** (2014) 122004.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): First Searches for Optical Counterparts to Gravitational-wave Candidate Events. *The Astrophysical Journal. Supplement series*, 211, **1** (2014) 7.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Gravitational-waves from known pulsars: results from the initial detector era. *Astrophysical Journal*, 785, **2** (2014) 119.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): The NINJA-2 project: Detecting and characterizing gravitational waveforms modelled using numerical binary black hole simulations. *Classical and quantum gravity*, **31** (2014) 115004.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Search for gravitational wave ringdowns from perturbed intermediate mass black holes in LIGO-Virgo data from 2005-2010. *Physical Review D*, **89** (2014) 102006.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Application of a Hough search for continuous gravitational waves on data from the 5th LIGO science run. *Classical and quantum gravity*, 31, **8** (2014) 085014.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Constraints on cosmic strings from the LIGO-Virgo gravitational-wave detectors. *Physical Review Letters*, **112** (2014) 131101.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Search for gravitational radiation from intermediate mass black hole binaries in data from the second LIGO-Virgo joint science run. *Physical Review. D* **89** (2014) 122003.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Search for gravitational waves associated with gamma-ray bursts detected by the InterPlanetary Network. *Physical Review Letters*, **113** (2014) 011102.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): First all-sky search for continuous gravitational waves from unknown sources in binary systems. *Physical Review D*, 90, **6** (2014) 062010.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Improved Upper Limits on the Stochastic Gravitational-Wave Background from 2009-2010 LIGO and Virgo Data. *Physical Review Letters*, **113** (2014) 231101.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Implementation of an F-statistic all-sky search for continuous gravitational waves in Virgo VSR1 data. *Classical and quantum gravity*, 31, **16** (2014) 165014.
- Aasi, J., et al. (The LIGO Scientific Collaboration, & The Virgo Collaboration): Search for gravitational radiation from intermediate mass black hole binaries in data from the second LIGO-Virgo joint science run. *Physical Review D*, 89, **12** (2014) 122003.
- Affeldt, C., Danzmann, K., Dooley, K., Grote, H., Hewitson, M., Hild, S., Hough, J., Leong, J., Lück, H., Prijatelj, M., Rowan, S., Rüdiger, A., Schilling, R., Schnabel, R.,

- Schreiber, E., Sorazu, B., Strain, K. A., Vahlbruch, H., Willke, B., Winkler, W., & Wittel, H.: Advanced techniques in GEO 600. *Classical and quantum gravity*, **31**, **22** (2014) 224002.
- Angéilil, R., Saha, P., Bondarescu, R., Jetzer, P., Schärer, A., & Lundgren, A.: Spacecraft Clocks and Relativity: Prospects for Future Satellite Missions. *Physical Review D*, **89** (2014) 064067.
- Baune, C., Schönbeck, A., Samblowski, A., Fiurasek, J., & Schnabel, R.: Quantum non-Gaussianity of frequency up-converted single photons. *Optics Express*, **22**, **19** (2014) 22808-22816.
- Bergner, A., Scharf, F. H., Kühn, G., Ruhrmann, C., Hoebing, T., Awakowicz, P., & Mentel, J.: Simulation of the hot core mode of arc attachment at a thoriated tungsten cathode by an emitter spot model. *Plasma Sources Science and Technology*, **23**, **5** (2014) 054005.
- Canton, T. D., Bhagwat, S., Dhurandhar, S. V., & Lundgren, A.: Effect of sine-Gaussian glitches on searches for binary coalescence. *Classical and quantum gravity*, **31** (2014) 015016.
- Cao, Z., Li, L.-F., & Wang, Y.: Gravitational lensing effects on parameter estimation in gravitational wave detection with advanced detectors. *Physical Review D*, **90** (2014) 062003.
- Chua, S. S. Y., Dwyer, S., Barsotti, L., Sigg, D., Schofield, R. M. S., Frolov, V. V., Kawabe, K., Evans, M., Meadors, G. D., Factourovich, M., Gustafson, R., Smith-Lefebvre, N., Vorvick, C., Landry, M., Khalaidovski, A., Stefszky, M. S., Mow-Lowry, C. M., Buchler, B. C., Shaddock, D. A., Lam, P. K., Schnabel, R., Mavalvala, N., & McClelland, D. E.: Impact of backscattered light in a squeezing-enhanced interferometric gravitational-wave detector. *Classical and quantum gravity*, **31** (2014) 035017.
- Cole, G. D., Yu, P.-L., Gärtner, C., Siquans, K., Nia, R. M., Schmöle, J., Hoelscher-Obermaier, J., Purdy, T. P., Wiczeorek, W., Regal, C. A., & Aspelmeyer, M.: Tensile strained In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>P membranes for cavity optomechanics. *Applied Physics Letters*, **104**, **20** (2014) 201908.
- Dal Canton, T., Nitz, A. H., Lundgren, A., Nielsen, A. B., Brown, D. A., Dent, T., Harry, I. W., Krishnan, B., Miller, A. J., Wette, K., Wiesner, K., & Willis, J. L.: Implementing a search for aligned-spin neutron star-black hole systems with advanced ground based gravitational wave detectors. *Physical Review D*, **90** (2014) 082004.
- Di Palma, I., ANTARES Collaboration, LIGO Sci Collaboration, & VIRGO Collaboration: Multimessenger astrophysics: When gravitational waves meet high energy neutrinos. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, **742** (2014) 124-129.
- Fehrmann, H., & Pletsch, H.: Efficient generation and optimization of stochastic template banks by a neighboring cell algorithm. *Physical Review D*, **90**, **12** (2014) 124049, pp. 4049-4049.
- Fleddermann, R., Ward, R. L., Elliot, M., Wuchenich, D. M., Gilles, F., Herding, M., Nicklaus, K., Brown, J., Burke, J., Dligatch, S., Farrant, D. I., Green, K. L., Seckold, J. A., Blundell, M., Brister, R., Smith, C., Sheard, B., Heinzl, G., Danzmann, K., Klipstein, B., McClelland, D. E., & Shaddock, D. A.: Testing the GRACE follow-on triple mirror assembly. *Classical and Quantum Gravity*, **31**, **19** (2014) 195004.
- Gräf, C., Barr, B. W., Bell, A. S., Campbell, F., Cumming, A. V., Danilishin, S. L., Gordon, N. A., Hammond, G. D., Hennig, J., Houston, E. A., Huttner, S. H., Jones, R. A., Leavey, S. S., Luck, H., Macarthur, J., Marwick, M., Rigby, S., Schilling, R., Sorazu, B., Spencer, A., Steinlechner, S., Strain, K. A., & Hild, S.: Design of a speed meter interferometer proof-of-principle experiment. *Classical and quantum gravity*, **31**, **21** (2014) 215009.

- Hammerer, K., Genes, C., Vitali, D., Tombesi, P., Milburn, G., Simon, C., & Bouwmeester, D.: Nonclassical States of Light and Mechanics. In: M. Aspelmeyer (Ed.), *Cavity Optomechanics, Quantum Science and Technology* (pp. 25-56 ). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag (2014).
- Heinert, D., Craig, K., Grote, H., Hild, S., Luck, H., Nawrodt, R., Simakov, D., Vasilyev, D., Vyatchanin, S., & Wittel, H.: Thermal noise of folding mirrors. *Physical Review D*, **90**, 4 (2014) 042001.
- Isleif, K.-S., Gerberding, O., Köhlenbeck, S., Sutton, A., Sheard, B., Goßler, S., Shaddock, D., Heinzl, G., & Danzmann, K.: Highspeed multiplexed heterodyne interferometry. *Optics Express*, **22**, **20** (2014) 24689-24696.
- Keitel, D., Prix, R., Papa, M. A., Leaci, P., & Siddiqi, M.: Search for continuous gravitational waves: improving robustness versus instrumental artifacts. *Physical Review D*, **89** (2014) 064023.
- Korsakova, N., Messenger, C., Pannarale, F., Hewitson, M., & Armano, M.: Data Analysis Methods for Testing Alternative Theories of Gravity with LISA Pathfinder. *Physical Review D*, **89** (2014) 123511.
- Lentati, L., Alexander, P., Hobson, M. P., Feroz, F., van Haasteren, R., Lee, K., & Shannon, R. M.: TempoNest: A Bayesian approach to pulsar timing analysis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **437**, **3** (2014) 3004-3023.
- Mazzolo, G., Salemi, F., Drago, M., Necula, V., Pankow, C., Prodi, G. A., Re, V., Tiwari, V., Vedovato, G., Yakushin, I., & Klimenko, S.: Prospects for intermediate mass black hole binary searches with advanced gravitational-wave detectors. *Physical Review D*, **90** (2014) 063002.
- Nimmrichter, S., Hornberger, K., & Hammerer, K.: Optomechanical sensing of spontaneous wave-function collapse. *Physical Review Letters*, **113** (2014) 020405.
- Pletsch, H. J., & Clark, C. J.: Optimized Blind Gamma-ray Pulsar Searches at Fixed Computing Budget. *Astrophysical Journal*, **795** (2014) 75.
- Rosado, P. A., & Sesana, A.: Targeting supermassive black hole binaries and gravitational wave sources for the pulsar timing array. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **439**, **4** (2014) 3986-4010.
- Sambrowski, A., Vollmer, C. E., Baune, C., Fiurasek, J., & Schnabel, R.: Weak-signal conversion from 1550nm to 532nm with 84% efficiency. *Optics Letters*, **39**, **10** (2014) 2979-2981.
- Schärer, A., Angéilil, R., Bondarescu, R., Jetzer, P., & Lundgren, A.: Testing scalar-tensor theories and parametrized post-Newtonian parameters in Earth orbit. *Physical Review D*, **90** (2014) 123005.
- Schütze, D., Farrant, D., Shaddock, D., Sheard, B., Heinzl, G., & Danzmann, K.: Measuring coalignment of retroreflectors with large lateral incoming-outgoing beam offset. *Review of Scientific Instruments*, **85** (2014) 035103.
- Schütze, D., Müller, V., Stede, G., Sheard, B., Heinzl, G., Danzmann, K., Sutton, A., & Shaddock, D.: Retroreflector for GRACE follow-on: Vertex vs. point of minimal coupling. *Optics Express*, **22**, **8** (2014) 9324.
- Schütze, D., Stede, G., Müller, V., Gerberding, O., Bandikova, T., Sheard, B., Heinzl, G., & Danzmann, K.: Laser beam steering for GRACE Follow-On intersatellite interferometry. *Optics Express*, **22**, **20** (2014) 24117-24132.
- Schütze, D., Müller, V., Stede, G., Sheard, B., Heinzl, G., Danzmann, K., Sutton, A. J., & Shaddock, D. A.: Retroreflector for GRACE follow-on: Vertex vs. point of minimal coupling. *Optics Express*, **22**, **8** (2014) 9324-9333.

- Schütze, D., Müller, V., & Heinzl, G.: Precision absolute measurement and alignment of laser beam direction and position. *Applied Optics*, **53** (2014) 6503-6507.
- Schwarze, T. S., Gerberding, O., Guzman Cervantes, F., Heinzl, G., & Danzmann, K.: Advanced phasemeter for deep phase modulation interferometry. *Optics Express*, **22**, **15** (2014) 018214, pp. 18214-18223.
- Shaltev, M., Leaci, P., Papa, M. A., & Prix, R.: Fully coherent follow-up of continuous gravitational-wave candidates: an application to Einstein@Home results. *Physical Review D*, **89** (2014) 124030.
- Sidery, T., Aylott, B., Christensen, N., Farr, B., Farr, W., Feroz, F., Gair, J., Grover, K., Graff, P., Hanna, C., Kalogera, V., Mandel, I., O'Shaughnessy, R., Pitkin, M., Price, L., Raymond, V., Roeber, C., Singer, L., Van der Sluys, M., Smith, R. J. E., Vecchio, A., Veitch, J., & Vitale, S.: Reconstructing the sky location of gravitational-wave detected compact binary systems: methodology for testing and comparison. *Physical Review D*, **89** (2014) 084060.
- Simakov, D.: Time-domain analysis of a dynamically tuned signal recycled interferometer for the detection of chirp gravitational waves from coalescing compact binaries. *Physical Review D*, **90** (2014) 102003.
- Song, H., Yonezawa, H., Kuntz, K. B., Heurs, M., & Huntington, E. H.: Quantum teleportation in space and frequency using entangled pairs of photons from a frequency comb. *Physical Review A: Atomic, Molecular, and Optical Physics*, **90** (2014) 042337.
- Spitler, L. G., Cordes, J. M., Hessels, J. W. T., Lorimer, D. R., McLaughlin, M. A., Chatterjee, S., Crawford, F., Deneva, J. S., Kaspi, V. M., Wharton, R. S., Allen, B., Bogdanov, S., Brazier, A., Camilo, F., Freire, P. C. C., Jenet, F. A., Karako-Argaman, C., Knispel, B., Lazarus, P., Lee, K. J., van Leeuwen, J., Lynch, R., Lyne, A. G., Ransom, S. M., Scholz, P., Siemens, X., Stairs, I. H., Stovall, K., Swiggum, J. K., Venkataraman, A., Zhu, W. W., Aulbert, C., & Fehrmann, H.: Fast Radio Burst Discovered in the Arecibo Pulsar ALFA Survey. *Astrophysical Journal*, **790**, **2** (2014) 101.
- Steinlechner, J., Khalaidovski, A., & Schnabel, R.: Optical Absorption Measurement at 1550 nm on a Highly-Reflective Si/SiO<sub>2</sub> Coating Stack. *Classical and quantum gravity*, **31**, **10** (2014) 105005.
- Swiggum, J. K., Lorimer, D. R., McLaughlin, M. A., Bates, S. D., Champion, D. J., Ransom, S. M., Lazarus, P., Brazier, A., Hessels, J. W. T., Nice, D. J., Ellis, J., Senty, T. R., Allen, B., Bhat, N. D. R., Bogdanov, S., Camilo, F., Chatterjee, S., Cordes, J. M., Crawford, F., Deneva, J. S., Freire, P. C. C., Jenet, F. A., Karako-Argaman, C., Kaspi, V. M., Knispel, B., Lee, K. J., Van Leeuwen, J., Lynch, R., Lyne, A. G., Scholz, P., Siemens, X., Stairs, I. H., Stappers, B. W., Stovall, K., Venkataraman, A., & Zhu, W. W.: Arecibo Pulsar Survey Using ALFA. III. Precursor Survey and Population Synthesis. *The Astrophysical Journal*, **787**, **2** (2014) 137.
- Treutlein, P., Genes, C., Hammerer, K., Poggio, M., & Rabl, P.: Hybrid Mechanical Systems. In M. Aspelmeyer (Ed.), *Cavity Optomechanics, Quantum Science and Technology*, 327 (pp. 327-351). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag (2014).
- Vitale, S., Congedo, G., Dolesi, R., Ferroni, V., Hueller, M., Vetrugno, D., Weber, W. J., Audley, H., Danzmann, K., Diepholz, I., Hewitson, M., Korsakova, N., Ferraioli, L., Gibert, F., Karnesis, N., Nofrarias, M., Inchauspe, H., Plagnol, E., Jennrich, O., McNamara, P. W., Armano, M., Thorpe, J. I., & Wass, P.: Data series subtraction with unknown and unmodeled background noise. *Physical Review D*, **90** (2014) 042003.
- Wang, Y., Heinzl, G., & Danzmann, K.: First stage of LISA data processing: Clock synchronization and arm-length determination via a hybrid-extended Kalman filter. *Physical Review D*, **90** (2014) 064016.

- Wanner, G., & Heinzel, G.: Analytical description of interference between two misaligned and mismatched complete Gaussian beams. *Applied Optics*, 53, **14** (2014) 3043-3048.
- Ward, R., Fleddermann, R., Francis, S., Mow-Lowry, C., Wuchenich, D., Elliot, M., Gilles, F., Herding, M., Nicklaus, K., Brown, J., Burke, J., Dligatch, S., Farrant, D., Green, K., Seckold, J., Blundell, M., Brister, R., Smith, C., Danzmann, K., Heinzel, G., Schütze, D., Sheard, B., Klipstein, W., McClelland, D., & Shaddock, D.: The design and construction of a prototype lateral-transfer retro-reflector for inter-satellite laser ranging. *Classical and quantum gravity*, **31** (2014) 095015.
- Was, M., Kalmus, P., Leong, J. R., Adams, T., Leroy, N., Macleod, D. M., Pankow, C., & Robinet, F.: A fixed false alarm probability figure of merit for gravitational wave detectors. *Classical and quantum gravity*, 31, **8** (2014) 085004.
- Wette, K.: Lattice template placement for coherent all-sky searches for gravitational-wave pulsars. *Physical Review D*, **90** (2014) 122010.
- Whelan, J. T., Prix, R., Cutler, C. J., & Willis, J. L.: New Coordinates for the Amplitude Parameter Space of Continuous Gravitational Waves. *Classical and quantum gravity*, 31, **6** (2014) 065002.
- Wimmer, M., Steinmeyer, D., Hammerer, K., & Heurs, M.: Coherent Cancellation of Backaction Noise in optomechanical Force Measurements. *Physical Review A*, **89** (2014) 053836.
- Wittel, H., Lück, H., Affeldt, C., Dooley, K., Grote, H., Leong, J., Prijatelj, M., Schreiber, E., Slutsky, J., Strain, K. A., Was, M., Willke, B., & Danzmann, K.: Thermal Correction of Astigmatism in the Gravitational Wave Observatory GEO 600. *Classical and quantum gravity*, 31, **6** (2014) 065008.
- Wuchenich, D. M. R., Mahrardt, C., Sheard, B., Francis, S. P., Spero, R. E., Miller, J., Mow-Lowry, C. M., Ward, R. L., Klipstein, W. M., Heinzel, G., Danzmann, K., McClelland, D. E., & Shaddock, D. A.: Laser link acquisition demonstration for the GRACE Follow-On mission. *Optics Express*, 22, **9** (2014) 11351-11366.
- Zhu, W. W., Berndsen, A., Madsen, E. C., Tan, M., Stairs, I. H., Brazier, A., Lazarus, P., Lynch, R., Scholz, P., Stovall, K., Ransom, S. M., Banaszak, S., Biwer, C. M., Cohen, S., Dartez, L. P., Flanigan, J., Lunsford, G., Martinez, J. G., Mata, A., Rohr, M., Walker, A., Allen, B., Bhat, N. D. R., Bogdanov, S., Camilo, F., Chatterjee, S., Cordes, J. M., Crawford, F., Deneva, J. S., Desvignes, G., Ferdman, R. D., Freire, P. C. C., Hessels, J. W. T., Jenet, F. A., Kaplan, D., Kaspi, V. M., Knispel, B., Lee, K. J., van Leeuwen, J., Lyne, A. G., McLaughlin, M. A., Siemens, X., Spitler, L. G., & Verkataraman, A.: Searching for pulsars using image pattern recognition. *The Astrophysical Journal*, **781** (2014) 117.

## 7.2 Konferenzbeiträge

- Acernese, F., Barone, F., Bell, A. S., Bergmann, G., Blair, D., Born, M., Brown, D., Chen, X., Danilishin, S. L., Degallaix, J., Denker, T., Virgilio, A. D., Frajuca, C., Friedrich, D., Fulda, P., Grote, H., Huttner, S. H., Kato, J., Köhlerbeck, S., Leavey, S., Lück, H., Nakano, M., Palmer, R. N., Punturo, M., Raffai, P., Schuette, D., Simakov, D., Slagmolen, B. J. J., Somiya, K., Steinlechner, J., Steinlechner, S., Tarabrin, S., Wade, A. R., Wang, M., Westphal, T., Zhao, C., Adhikari, R. X., Adier, M., Agatsuma, K., Barr, B. W., Bassiri, R., Bauchrowitz, J., Blair, C., Bond, C., Bongs, K., Bortoli, F. S., Cagnoli, G., Calia, P., Canonico, R., Carbone, L., Chua, S. S. Y., Coccia, E., Cripe, J., Cunningham, L., Danzmann, K., Rosa, R. D., Fafone, V., Fejer, M. M., Flaminio, R., Fontaine, J. P., Forest, D., Freise, A., Furusawa, A., Garufi, F. S., Giordano, G., Gondán, L., Gordon, N., Gößler, S., Gräf, C., Granata, M., Hammerer, K., Heng, I. S., Heurs, M., Hild, S., Hirobayashi, S., Hough, J., Ju, L., Kaufer, H., Kawamura, H., Kawamura, S., Kelecsényi, N., Khalaidovski, A., Khalili, F. Y., Kuroda, K., Loddo, G., Logue, J., Ma, Y., Macarthur, J., Magalhaes, N. S., Majorana, E., Malvezzi, V.,

- Márka, S., Márka, Z., Martin, I., McClelland, D. E., Meinders, M., Michel, C., Miller, J., Morgado, N., Müller-Ebhardt, H., Naticchioni, L., Nguyen, T.-T.-H., Perciballi, M., Pinard, L., Puppo, P., Rapagnani, P., Ricci, F., Risson, P., Rocchi, A., Rocco, E., Romano, R., Route, R. K., Rowan, S., Sakata, S., Schnabel, R., Shaddock, D. A., Sorazu, B., Stefszky, M. S., Steinmeyer, D., Strain, K. A., Voronchev, N. V., Ward, R. L., & Wimmer, M. H.: Concepts and research for future detectors: Summary of the Amaldi 10 C4 session. *General Relativity and Gravitation*, **46** (2014) 1700.
- Acernese, F., Barone, F., Bell, A. S., Bergmann, G., Blair, D., Born, M., Brown, D., Chen, X., Danilishin, S. L., Degallaix, J., Denker, T., Virgilio, A. D., Frajuca, C., Friedrich, D., Fulda, P., Grote, H., Huttner, S. H., Kato, J., Köhlerbeck, S., Leavey, S., Luck, H., Nakano, M., Palmer, R. N., Punturo, M., Raffai, P., Schuette, D., Simakov, D., Slagmolen, B. J. J., Somiya, K., Steinlechner, S., Steinlechner, J., Tarabrin, S., Wade, A. R., Wang, M., Westphal, T., Zhao, C., Adhikari, R. X., Adier, M., Agatsuma, K., Barr, B. W., Bassiri, R., Bauchrowitz, J., Blair, C., Bond, C., Bongs, K., Bortoli, F. S., Cagnoli, G., Calia, P., Canonico, R., Carbone, L., Chua, S. S. Y., Coccia, E., Cripe, J., Cunningham, L., Danzmann, K., Rosa, R. D., Fafone, V., Fejer, M. M., Flaminio, R., Fontaine, J. P., Forest, D., Freise, A., Furusawa, A., Garufi, F. S., Giordano, G., Gondán, L., Gordon, N., Goßler, S., Gräf, C., Granata, M., Hammerer, K., Heng, I. S., Heurs, M., Hild, S., Hirobayashi, S., Hough, J., Ju, L., Kaufer, H., Kawamura, H., Kawamura, S., Kelecsényi, N., Khalaidovski, A., Khalili, F. Y., Kuroda, K., Loddo, G., Logue, J., Ma, Y., Macarthur, J., Magalhaes, N. S., Majorana, E., Malvezzi, V., Márka, S., Márka, Z., Martin, I., McClelland, D. E., Meinders, M., Michel, C., Miller, J., Morgado, N., Müller-Ebhardt, H., Naticchioni, L., Nguyen, T.-T.-H., Perciballi, M., Pinard, L., Puppo, P., Rapagnani, P., Ricci, F., Risson, P., Rocchi, A., Rocco, E., Romano, R., Route, R. K., Rowan, S., Sakata, S., Schnabel, R., Shaddock, D. A., Sorazu, B., Stefszky, M. S., Steinmeyer, D., Strain, K. A., Voronchev, N. V., Ward, R. L., & Wimmer, M.: Concepts and research for future detectors. *General Relativity and Gravitation*, **46** (2014) 1700.
- Adier, M., Aguilar, F., Akutsu, T., Arain, M. A., Ando, M., Anghinolfi, L., Antonini, P., Aso, Y., Barr, B. W., Barsotti, L., Beker, M. G., Bell, A. S., Bellon, L., Bertolini, A., Blair, C., Blom, M. R., Bogan, C., Bond, C., Bortoli, F. S., Brown, D., Buchler, B. C., Bulten, H. J., Cagnoli, G., Canepa, M., Carbone, L., Cesarini, E., Champagnon, B., Chen, D., Chincarini, A., Chtanov, A., Chua, S. S. Y., Ciani, G., Coccia, E., Conte, A., Cortese, M., Dalaisio, M., Damjanic, M., Day, R. A., Ligny, D. D., Degallaix, J., Doets, M., Dolique, V., Dooley, K., Dwyer, S., Evans, M., Factourovich, M., Fafone, V., Farinon, S., Feldbaum, D., Flaminio, R., Forest, D., Frajuca, C., Frede, M., Freise, A., Fricke, T., Friedrich, D., Fritschel, P., Frolov, V. V., Fulda, P., Geitner, M., Gemme, G., Gleason, J., Goßler, S., Gordon, N., Gräf, C., Granata, M., Gras, S., Gross, M., Grote, H., Gustafson, R., Hanke, M., Heintze, M., Hennes, E., Hild, S., Huttner, S. H., Ishidoshiro, K., Izumi, K., Kawabe, K., Kawamura, S., Kawazoe, F., Kasprzack, M., Khalaidovski, A., Kimura, N., Koike, S., Kume, T., Kumeta, A., Kuroda, K., Kwee, P., Lagrange, B., Lam, P. K., Landry, M., Leavey, S., Leonardi, M., Li, T., Liu, Z., Lorenzini, M., Losurdo, G., Lumaca, D., Macarthur, J., Magalhaes, N. S., Majorana, E., Malvezzi, V., Mangano, V., Mansell, G., Marque, J., Martin, R., Martynov, D., Mavalvala, N., McClelland, D. E., Meadors, G. D., Meier, T., Mermet, A., Michel, C., Minenkov, Y., Mow-Lowry, C. M., Mudadu, L., Mueller, C. L., Mueller, G., Mul, F., Kumar, D. N., Nardecchia, I., Naticchioni, L., Neri, M., Niwa, Y., Ohashi, M., Okada, K., Oppermann, P., Pinard, L., Poeld, J. H., Prato, M., Prodi, G. A., Puncken, O., Puppo, P., Quetschke, V., Reitze, D. H., Risson, P., Rocchi, A., Saito, N., Saito, Y., Sakakibara, Y., Sassolas, B., Schimmel, A., Schnabel, R., Schofield, R. M. S., Schreiber, E., Sequino, V., Serra, E., Shaddock, D. A., Shoda, A., Shoemaker, D. H., Shibata, K., Sigg, D., Smith-Lefebvre, N., Somiya, K., Sorazu, B., Stefszky, M. S., Strain, K. A., Straniero, N., Suzuki, T., Takahashi, R., Tanner, D. B., Tellez, G., Theeg, T., Tokoku, C., Tsubono, K., Uchiyama, T., Ueda, S., Vahlbruch, H., Vajente, G., Vorvick, C., van den Brand, J. F. J., Wade, A., Ward, R., Wessels, P., Williams, L., Willke, B.,

- Winkelmann, L., Yamamoto, K., & Zendri, J.-P.: Progress and challenges in advanced ground-based gravitational-wave detectors. *General Relativity and Gravitation*, **46**, 8 (2014) 1749.
- Branchesi, M., Woan, G., Astone, P., Bartos, I., Colla, A., Covino, S., Drago, M., Fan, X., Frasca, S., Hanna, C., Haskell, B., Hazboun, J. S., Heng, I. S., Holz, D. E., Johnson-McDaniel, N. K., Jones, I. D., Keer, L., Klimenko, S., Kostas, G., Larson, S. L., Mandel, I., Mapelli, M., Messenger, C., Mazzolo, G., Melatos, A., Mohanty, S., Necula, V., Normandin, M., Obara, L., Opiela, R., Owen, B., Palomba, C., Prodi, G. A., Re, V., Salemi, F., Sidery, T. L., Sokolowski, M., Schwenzer, K., Tiwari, V., Tringali, M. C., Vedovato, G., Voudsen, W., Yakushin, I., Zadrozny, A., & Ziosi, B. M.: C7 multi-messenger astronomy of GW sources. *General Relativity and Gravitation*, **46** (2014) 1771.
- Hendry, M., Bradaschia, C., Audley, H., Barke, S., Blair, D. G., Christensen, N., Danzmann, K., Freise, A., Gerberding, O., Knispel, B., Lieser, M., Mandel, I., Moore, T., Stuver, A., & Whiting, B.: Education and public outreach on gravitational-wave astronomy. *General Relativity and Gravitation*, **46**, 8 (2014) 1764.
- Sesana, A., Weber, W. J., Killow, C. J., Perreux-Lloyd, M., Robertson, D. I., Ward, H., Fitzsimons, E. D., Bryant, J., Cruise, A. M., Dixon, G., Hoyland, D., Smith, D., Bogenschtahl, J., McNamara, P. W., Gerndt, R., Flatscher, R., Hechenblaikner, G., Hewitson, M., Gerberding, O., Barke, S., Brause, N., Bykov, I., Danzmann, K., Enggaard, A., Gianolio, A., Hansen, T. V., Heinzl, G., Hornstrup, A., Jennrich, O., Kullmann, J., Müller-Pedersen, S., Rasmussen, T., Reiche, J., Sodnik, Z., Suess, M., Armano, M., Sumner, T., Bender, P. L., Akutsu, T., Sathyaprakash, B. S., & DECIGO working group: Space-based detectors. *General Relativity and Gravitation*, **46** (2014) 1793.
- Shannon, R. M., Chamberlin, S., Cornish, N. J., Ellis, J. A., Mingarelli, C. M. F., Perrodin, D., Rosado, P., Sesana, A., Taylor, S. R., Wen, L., Bassa, C. G., Gair, J., Janssen, G. H., Karuppusamy, R., Kramer, M., Lee, K. J., Liu, K., Mandel, I., Purver, M., Sidery, T., Smits, R., Stappers, B. W., & Vecchio, A.: Summary of session C1: pulsar timing arrays. *General Relativity and Gravitation*, **46**, 8 (2014) 1765.
- ### 7.3 Populärwissenschaftliche und sonstige Veröffentlichungen
- Knispel, B.: Das Projekt Einstein@Home, Teil 1 – Wissenschaftler und Laien auf der Suche nach Gravitationswellen. *Sterne und Weltraum*, 4/2014.
- Knispel, B.: Das Projekt Einstein@Home, Teil 2 – Wissenschaftler und Laien gemeinsam erfolgreich. *Sterne und Weltraum*, 5/2014.
- Grothues, H.-G. & Reiche, J.: LISA Pathfinder – Schritt für Schritt zum Nachweis von Gravitationswellen im Weltraum. *Sterne und Weltraum*, 7/2014.
- Knispel, B.: Entstehungsgeschichte eines Magnetars entschlüsselt. *Sterne und Weltraum*, 9/2014.
- Japanisches Fernsehen NHK: Sendung „Cosmic Front“ Interview mit Institutsdirektor Karsten Danzmann
- zdf info-Magazin „Der Elektrische Reporter“ zum Thema verteiltes Rechnen: mit Institutsdirektor Bruce Allen. 4:58 min, <https://www.youtube.com/watch?v=ePcWqKYvjdA>
- 3sat „Die Erkenntnisjäger“: 45-minütige Dokumentation mit Beiträgen von GEO600 und am AEI Hannover. <http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=47754>
- NDR Fernsehen „Hallo Niedersachsen“: Adventstürchen vom 4. Dezember, Besuch bei GEO600 und am AEI Hannover. 04.12.2014, 19:30 Uhr: [http://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/hallo\\_niedersachsen/Adventstuerchen-vom-4-Dezember,hallonds24716.html](http://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/hallo_niedersachsen/Adventstuerchen-vom-4-Dezember,hallonds24716.html)

## 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