

Q 20: Präzisionsmessungen I

Zeit: Dienstag 14:00–16:00

Raum: Audi-A

Q 20.1 Di 14:00 Audi-A

Digitales Phasenmeßsystem für die interferometrische Messung von Gravitationswellen — ●JOACHIM KULLMANN, IOURI BYKOV, JUAN JOSE ESTEBAN, ANTONIO FRANCISCO GARCIA MARIN, GERHARD HEINZEL und KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut Hannover: Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik und Leibniz Universität Hannover, Callinstr.38, 30167 Hannover

LISA (Laser Interferometer Space Antenna) ist eine Weltraummission von ESA und NASA zum direkten experimentellen Nachweis von Gravitationswellen im Frequenzbereich von 0.1 bis 100 mHz. Die durch Gravitationswellen hervorgerufene relative Abstandsänderung zwischen sich auf Satelliten befindlichen, frei fallenden Testmassen soll hierbei mittels Laserinterferometrie gemessen werden. Dazu muß die Phase des dabei entstehenden Heterodynsignals bzgl. eines stabilen Referenzoszillators bestimmt werden.

Die vorgesehene Methode, diese Phase zu bestimmen, stellt ein auf FPGA(Field Programmable Gate Array)-Technologie basierendes, digitales Phasenmeßsystem dar, das nach dem Prinzip des DPLL (Digital Phase Lock Loop) arbeitet. Dieses System wird im Weiteren zur Frequenzstabilisierung und zum Phasenlock der Laser auf den Satelliten, sowie zur Abstandsbestimmung der Satelliten und zum Datentransfer mittels Auslegung von Seitenbändern, verwendet werden.

Ziel ist es, eine Sensitivität von $5 \text{ pm}/\sqrt{\text{Hz}}$ über einen Frequenzbereich des Heterodynsignals von 2 bis 20 MHz zu erreichen.

Der Vortrag stellt ein entsprechendes Phasenmeßsystem sowie erste Meßergebnisse vor.

Q 20.2 Di 14:15 Audi-A

Optical ranging and data communication for the Laser Interferometer Space Antenna (LISA) — ●JOHANNES EICHHOLZ, JUAN JOSE ESTEBAN DELGADO, ANTONIO FRANCISCO GARCÍA MARÍN, IOURI BYKOV, JOACHIM KULLMANN, BENJAMIN SHEARD, GERHARD HEINZEL, and KARSTEN DANZMANN — Albert-Einstein-Institut, Hannover, Deutschland

The Laser Interferometer Space Antenna (LISA) is a spaceborne gravitational wave detector, an international project aimed at the detection and observation of gravitational waves in the frequency regime from 0.1 to 100 mHz. LISA consists of three identical spacecraft forming an equilateral triangle of about five million kilometers arm length, communicating via bidirectional laser links.

The inter-spacecraft interferometry signal will be obtained by the means of time-delayed interferometry (TDI). For this technique it is necessary to know the arm lengths up to an absolute error of 10 meters at most. The ranging scheme of choice is a spread spectrum modulation of the main science signal. This concept also allows clock synchronization by generating additional sidebands and data transfer between the spacecraft.

We present an experimental setup to determine the functionality of the proposed scheme, a lab-sized version of one arm, providing tests of the used devices under the LISA conditions of low light intensity and realistic noise sources.

Q 20.3 Di 14:30 Audi-A

Status des GEO600-Projekts — ●MIRKO PRIJATELJ und DAS GEO600-TEAM — Institut für Gravitationsphysik, Albert-Einstein-Institut, Hannover, Germany

Der deutsch-britische Gravitationswellen-Detektor GEO600 kann bereits heute Längenänderungen im Bereich von Zeptomern ($10^{-21} \frac{\text{m}}{\sqrt{\text{Hz}}}$) messen. Dies ermöglicht es Gravitationswellen von astrophysikalischen Ereignissen in einer Entfernung von mehr als 15 Millionen Lichtjahren zu beobachten. GEO600 wird als erster Gravitationswellen-Detektor in naher Zukunft gequetschtes Licht zur Steigerung seiner Empfindlichkeit einsetzen.

Der Vortrag wird die Funktionsweise des Detektors darstellen, und einen Ausblick auf die geplanten Verbesserungen geben.

Q 20.4 Di 14:45 Audi-A

Gequetschtes Licht für den Gravitationswellendetektor GEO 600. — ●ALEXANDER KHALAIDOVSKI, HENNING VAHLBRUCH, HARTMUT GROTE, BENNO WILLKE, HARALD LÜCK, KARSTEN DANZMANN und ROMAN SCHNABEL — Institut für Gravitationsphysik der Leibniz Universität Hannover, Albert Einstein Institut (AEI)

Eine der großen Herausforderungen der modernen Experimentalphysik ist der direkte Nachweis der im Jahre 1916 von Albert Einstein vorhergesagten Gravitationswellen. Im Laufe der letzten Jahre hat daher ein weltweites Netzwerk interferometrischer Detektoren den Betrieb aufgenommen, um eine direkte Messung der durch Gravitationswellen bedingten winzigen Längenänderungen zu erbringen. Zukünftige Detektoren werden in ihrer Empfindlichkeit im wesentlichen durch Quantenrauschen limitiert sein. Einen Ansatz, dieses zu verringern und somit die Sensitivität der Interferometer weiter zu erhöhen, bietet der Einsatz gequetschter Zustände des elektromagnetischen Feldes mit nichtklassischer Rauschdistribution. Der Beitrag diskutiert die weltweit erste Implementierung nichtklassischer Konzepte in den britisch/deutschen Gravitationswellendetektor GEO600, welche bereits vorbereitet wird und im Jahre 2009 realisiert werden soll.

Q 20.5 Di 15:00 Audi-A

Das Einstein Teleskop (ET): ein Gravitationswellenobservatorium der dritten Generation — ●HARALD LÜCK — MPI f. Gravitationsphysik und Leibniz Universität Hannover

Die erste Generation des weltweiten Netzwerkes von interferometrischen Gravitationswellendetektoren (LIGO, Virgo und GEO600) hat eine gemeinsame, lange Beobachtungsphase abgeschlossen. Nun werden diese Detektoren zu einer besseren Empfindlichkeit ausgebaut (siehe Vortrag zu GEO600). Spätestens mit Inbetriebnahme der zweiten Ausbaustufe, den sogenannten 'advanced' Detektoren, im Jahr 2015 mit einer zehnfach besseren Empfindlichkeit gegenüber dem vergangenen Datenlauf, kann die Detektion von Gravitationswellen erwartet werden. Um zur routinemäßigen Beobachtung von Gravitationswellen überzugehen, und die Instrumente als astronomische Observatorien betreiben zu können, wird eine weitere Verbesserung der Empfindlichkeit um einen Faktor zehn und damit einer Erweiterung des beobachtbaren Volumens um einen Faktor 1000 nötig sein. Pläne dazu werden in einer europaweiten Design Studie zu ET, dem Einstein Teleskop, erarbeitet. Dieser Bericht wird die Anforderungen und Möglichkeiten eines solchen Detektors, wie den unterirdischen, cryogenen Betrieb mit MW umlaufender Lichtleistung und der Nutzung gequetschten Lichtes, erläutern.

Q 20.6 Di 15:15 Audi-A

The AEI 10m Prototype Interferometer — ●STEFAN GOSSLER¹, ALESSANDRO BERTOLINI¹, MICHAEL BORN¹, JENS BREYER¹, YANBEI CHEN², FUMIKO KAWAZOE¹, OLIVER KRANZ¹, GERRIT KÜHN¹, HARALD LÜCK¹, KASEM MOSSAVI¹, HENNING RYLL¹, KENTARO SOMIYA², KEN STRAIN¹, BOB TAYLOR¹, BENNO WILLKE¹, ALEXANDER WANNER¹, and KARSTEN DANZMANN¹ — ¹Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (AEI), Institut für Gravitationsphysik, Leibniz Universität Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover — ²California Institute of Technology, LIGO Project-MS 18-34, Pasadena, CA 91125

A 10m prototype interferometer is currently being set up at the AEI Hannover. One of the main goals in this experiment is to probe at and beyond the so called Standard Quantum Limit (SQL) of interferometry. In order to reach the required sensitivity it is mandatory to minimise the influence of all classical noise contributions to a level well below the SQL. The layout of the interferometer and the road towards sub-SQL measurements will be presented.

Q 20.7 Di 15:30 Audi-A

Seismically isolated optical benches for the AEI 10 m prototype interferometer — ●KATRIN DAHL¹, ALESSANDRO BERTOLINI¹, MICHAEL BORN¹, JENS BREYER¹, YANBEI CHEN², STEFAN GOSSLER¹, FUMIKO KAWAZOE¹, OLIVER KRANZ¹, GERRIT KÜHN¹, HARALD LÜCK¹, KASEM MOSSAVI¹, HENNING RYLL¹, KENTARO SOMIYA², KENNETH A. STRAIN¹, BOB TAYLOR¹, BENNO WILLKE¹, ALEXANDER WANNER¹, and KARSTEN DANZMANN¹ — ¹Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), Institut für Gravitationsphysik, Leibniz Universität Hannover, Callinstr. 38, D-30167 Hannover — ²California Institute of Technology, LIGO Project - MS 18-34, Pasadena, CA 91125, USA

The AEI 10 m prototype interferometer will not only develop and test new techniques for the third generation of gravitational wave detectors, but furthermore it will probe at and beyond the standard quantum limit of interferometry. The experiments will be set up on top of

in-vacuum suspended optical tables, instead of commercial tables on the floor.

Three 1.75 m by 1.75 m optical tables will be suspended inside an ultra-high vacuum envelope in an L-shaped configuration of 10 m arm length. To provide active isolation in all 6 degrees of freedom, inertial sensors (3 horizontal and 3 vertical) will be installed inside each table. Relative longitudinal and angular motion between the tables will be monitored by an inter-table interferometer. Coil-magnet actuators will provide feedback to the tables. In this way an excellent seismic isolation - covering also low frequencies - will be achieved.

Q 20.8 Di 15:45 Audi-A

Laser frequency stabilization for the AEI 10 m prototype interferometer — •FUMIKO KAWAZOE¹, ALESSANDRO BERTOLINI¹, MICHAEL BORN¹, JENS BREYER¹, YANBEI CHEN¹, STEFAN GOSSLER¹, KATRIN DAHL¹, OLIVER KRANZ¹, GERRIT KUEHN¹, HARALD LUECK¹, KASEM MOSSAVI¹, HENNING RYLL¹, KENTARO SOMIYA², KEN STRAIN¹, BOB TAYLOR¹, BENNO WILLKE¹, ALEXANDER WANNER¹, TOBIAS

WESTPHAL¹, and KARSTEN DANZMANN¹ — ¹Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut), Institut für Gravitationsphysik, Leibniz Universität Hannover, Callinstr. 38, 30167 Hannover — ²California Institute of Technology, LIGO Project-MS 18-34, Pasadena, CA 91125

The AEI 10m prototype interferometer will provide a test bed for various experiments techniques needed for the third generation of gravitational-wave detectors. One such experiment will test the techniques required to improve the sensitivity once it is limited by the Standard Quantum Limit (SQL). In order to achieve sub-SQL sensitivity, it is essential to suppress the sum of all classical noise sources well below the SQL. To meet this requirement, e.g. the relative laser frequency variations have to be smaller than $5 \cdot 10^{-19} / \sqrt{Hz}$ at Fourier frequencies around 100Hz. This will be achieved by preparing a suspended triangular cavity serving as a length reference to stabilise the laser frequency to. The optical design as well as the suspension design will be presented.