

Pressemitteilung**Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)****Dipl.-Journ. Erika Schow**

12.02.2018

<http://idw-online.de/de/news689038>Forschungsergebnisse, Kooperationen
Geowissenschaften, Physik / Astronomie
überregional**Erste Messung der Erdgravitation mit einer transportablen optischen Uhr****Großes Potential für vereinheitlichte Messungen der Erdoberfläche**

(Gemeinsame Presseinformation des National Physical Laboratory (NPL), des Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM), der Leibniz Universität Hannover und der PTB):

In einer europäischen Forschungsk Kooperation, an der Uhrenexperten des National Physical Laboratory (NPL, England), des Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM, Italien) und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) beteiligt waren, wurde die transportable optische Strontiumuhr der PTB genutzt, um das Gravitationspotential der Erde zu messen. Die Ergebnisse sind in der aktuellen Ausgabe von Nature Physics veröffentlicht.

Optische Atomuhren sind hochkomplizierte Apparaturen und waren daher bis vor Kurzem nur in den Laboren einiger großer Forschungsinstitute zu finden. Die transportable optische Strontiumuhr der PTB (siehe auch PTB-Presseinformation vom 14.2.2017) eröffnet jetzt erstmals Messungen „im Feld“.

Für die internationale Messkampagne wurde die Uhr in ihrem schwingungsgedämpften und temperaturstabilisierten PKW-Anhänger ins französische Modane Underground Laboratory (LSM) gefahren. Das interdisziplinäre Laboratorium wird betrieben vom Centre National de la Recherche Scientifique und der Universität Grenoble Alpes. Es liegt in der Mitte des Fréjus-Tunnels zwischen Frankreich und Italien.

Dort maß das Team die Differenz der Gravitationspotentiale zwischen dem exakten Standort der Uhr im Inneren des Berges und einer zweiten Uhr im INRIM im 90 km entfernten Turin – mit einer Höhendifferenz von rund 1000 Metern. Der genaue Uhrenvergleich wurde möglich durch eine 150 km lange Glasfaserverbindung des INRIM und einen Frequenzkamm des NPL, der Uhr und Faserverbindung verknüpft. Wissenschaftler der Universität Hannover bestimmten dieselbe Gravitationspotentialdifferenz mit konventionellen geodätischen Messmethoden. Die Ergebnisse beider Messungen waren konsistent.

Genauigkeitsverbesserungen bei der transportablen optischen Uhr vorausgesetzt, hat diese Methode das Potential, Höhenunterschiede auf der Erdoberfläche von nur wenigen Zentimetern bestimmen zu können. Eine optische Uhr hat den Vorteil, an bestimmten Punkten auf der Erde zu messen, während bei Satellitenmessungen wie GRACE oder GOCE das durchschnittliche Gravitationspotential der Erde in Größenordnungen von etwa 100 km gemittelt wird. Außerdem ist bei den Uhrenmessungen die Messunsicherheit nahezu unabhängig vom Abstand zwischen den beiden Uhren; bei traditionellen geodätischen Verfahren dagegen akkumulieren sich Messfehler mit zunehmender Entfernung.

Die neue Methode könnte feinere Messungen des Gravitationspotentials der Erde ermöglichen. Damit wären Wissenschaftler in der Lage, Veränderungen des Meeresspiegels und der Ozeanströmungen mit bisher unerreichter

Genauigkeit zu überwachen. Und sie wird zu besser übereinstimmenden nationalen Höhenreferenzsystemen führen.

Um die Erdoberfläche zu messen, werden in verschiedenen Ländern zwar dieselben Methoden angewandt – jedoch mit Bezug auf unterschiedliche Höhenreferenzen. Das hat bereits zu Problemen geführt, etwa beim Bau der Hochtürme zwischen Deutschland und der Schweiz. Für ihre Konstruktion nutzten die beiden Länder unterschiedliche Berechnungen des Meeresspiegels – und am Ende waren die beiden Türmenteile um 54 cm unterschiedlich hoch. Wenn es gelingt, die verschiedenen Höhensysteme international zu vereinheitlichen, können solche Probleme bei Ingenieurs- und Konstruktionsprojekten besser vermieden werden. Verbesserte Messungen des Gravitationspotentials können außerdem helfen, geodynamische Effekte aufgrund von Massenveränderungen unter der Erdoberfläche besser zu verstehen.

Die neue Höhenmessmethode wird außerdem helfen, Veränderungen des Meeresspiegels in Echtzeit zu überwachen. Damit wird man besser unterscheiden können, ob Bewegungen von Eismassen und allgemeine Massenveränderungen des Ozeanwassers auf saisonale Schwankungen oder auf langfristige Trends zurückzuführen sind. Solche Daten können für die Modelle sehr wichtig sein, mit deren Hilfe man versucht, den globalen Klimawandel besser zu verstehen und Veränderungen vorherzusagen.

Christian Lisdat, Leiter der Arbeitsgruppe „Optische Gitteruhren“ in der PTB, sagt:

„Optische Atomuhren gelten als die Uhren der Zukunft – und dies nicht nur im Labor, sondern auch als mobile Hochpräzisionsinstrumente.“

„Diese Kooperation beweist wieder einmal, wie sehr die verschiedenen Disziplinen Physik bzw. Metrologie, Geodäsie und Klimafolgenforschung einander höchst sinnvoll ergänzen können.“

Helen Margolis, Fellow in Optical Frequency Standards and Metrology am NPL, sagt:

„Damit haben wir experimentell bewiesen: Optische Uhren können einen Beitrag zur internationalen Harmonisierung von Messungen leisten.“

„Mithilfe dieser Technologie werden wir eines Tages Veränderungen des Meeresspiegels infolge des Klimawandels überwachen.“

Heiner Denker, „Principal Investigator“ im SFB 1128 geo-Q für relativistische Geodäsie und Gravimetrie an der Leibniz Universität Hannover, sagt:

„Die neuen optischen Uhren haben das Potential, geodätische Höhenmessungen zu revolutionieren und einige Beschränkungen der traditionellen geodätischen Techniken zu überwinden.“

„Optische Uhren können uns helfen, ein weltweit einheitliches Höhenreferenzsystem zu etablieren – mit deutlichen Auswirkungen auf die Erforschung von Geodynamik und Klima.“

Davide Calonica, Leiter der Gruppe „Optische Gitteruhren und Glasfaserverbindungen“ am INRIM, sagt:

„Wir demonstrieren mit dieser europäischen Zusammenarbeit, dass optische Uhren wertvolle Quantensensoren sind und dass ihre Quantentechnologie auch außerhalb der Metrologie hilfreich sein kann – wie hier in der Geodäsie.“

„Optische Uhren und optische Glasfaserverbindungen eröffnen gemeinsam neue, faszinierende Forschungsmöglichkeiten.“

Ansprechpartner in der PTB:

PD Dr. Christian Lisdat, PTB-Arbeitsgruppe 4.32 „Optische Gitteruhren“, Telefon: (0531) 592-4320, E-Mail: christian.lisdat@ptb.de

Die wissenschaftliche Veröffentlichung

J. Grotti, S. Koller, S. Vogt, S. Häfner, U. Sterr, C. Lisdat et al.: Geodesy and metrology with a transportable optical clock. Nature Physics, 12.2.2018, 17:00 Uhr. <http://dx.doi.org/10.1038/s41567-017-0042-3>

PTB:

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, das nationale Metrologieinstitut, ist eine wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

In Braunschweig und Berlin kommt die Zeit aus Atomuhren, werden Längen auch tief in der Nanowelt gemessen, forschen die Wissenschaftler an grundlegenden Fragen zu den physikalischen Einheiten und die Mitarbeiter in den Laboratorien kalibrieren Messgeräte für höchste Genauigkeitsansprüche. Damit gehört die Physikalisch-Technische Bundesanstalt zu den ersten Adressen in der internationalen Welt der Metrologie. Als das nationale Metrologieinstitut Deutschlands ist die PTB oberste Instanz bei allen Fragen des richtigen und zuverlässigen Messens. Sie ist technische Oberbehörde des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) und beschäftigt an den beiden Standorten Braunschweig und Berlin insgesamt rund 2000 Mitarbeiter. (www.ptb.de)

NPL:

Das National Physical Laboratory ist das nationale britische Metrologieinstitut. Seine Aufgabe ist es, Messkapazitäten für Großbritannien bereitzustellen – für Wohlstand und Lebensqualität.

Von neuen Antibiotika gegen Resistenzen über wirksamere Krebstherapien bis hin zu sicherer Quantenkommunikation oder superschnellem 5G-Internet – technische Entwicklungen brauchen ein Fundament aus verlässlichen Messungen. Aufbauend auf mehr als einem Jahrhundert Erfahrung in der Welt der Messtechnik, liefert das NPL in den Bereichen Forschung, Ingenieurwissenschaften und Technologie dieses Fundament und macht das Unmögliche möglich. Das NPL rettet Leben, schützt die Umwelt und vermittelt den Menschen ein Gefühl der Sicherheit. Es unterstützt den internationalen Handel und wirtschaftliche Innovationen. Als ein nationales Institut liefert das NPL unabhängigen, überparteilichen Rat. Das heißt, Verbraucher, Investoren, Politiker und Unternehmer können sich stets auf die Arbeit des NPL verlassen.

An seinem Standort in Teddington im Südwesten von London beschäftigt das NPL mehr als 600 Wissenschaftler. Dazu kommen regionale Standorte im gesamten Königreich, etwa an den Universitäten Surrey, Strathclyde, Cambridge und am University of Huddersfield's 3M Buckley Innovation Centre. (www.npl.co.uk)

Leibniz Universität Hannover:

1831 von dem Gelehrten Karl Karmarsch gegründet, startete die „Höhere Gewerbeschule zu Hannover“ mit nur 64 Schülern. Heute ist die Leibniz Universität Hannover die zweitgrößte Universität in Niedersachsen mit rund 28 700 Studierenden. An neun Fakultäten mit mehr als 160 Instituten arbeiten mehr als 3000 Wissenschaftler. Die Universität bietet eine große Bandbreite an Studienmöglichkeiten mit rund 90 Studienfächern und mehr als 180 Kursen.

Das Spektrum reicht von den Natur- und Ingenieurwissenschaften über Architektur und Umweltplanung, Rechts-, Sozial-, Wirtschaftswissenschaften bis hin zu den Humanwissenschaften. Nur wenige Universitäten in Deutschland bieten eine ähnlich große Fächerpalette. In der Forschung spielen internationale und interdisziplinäre Aspekte der Ingenieurwissenschaften, Physik und Biomedizin eine immer größere Rolle. (www.uni-hannover.de)

INRIM:

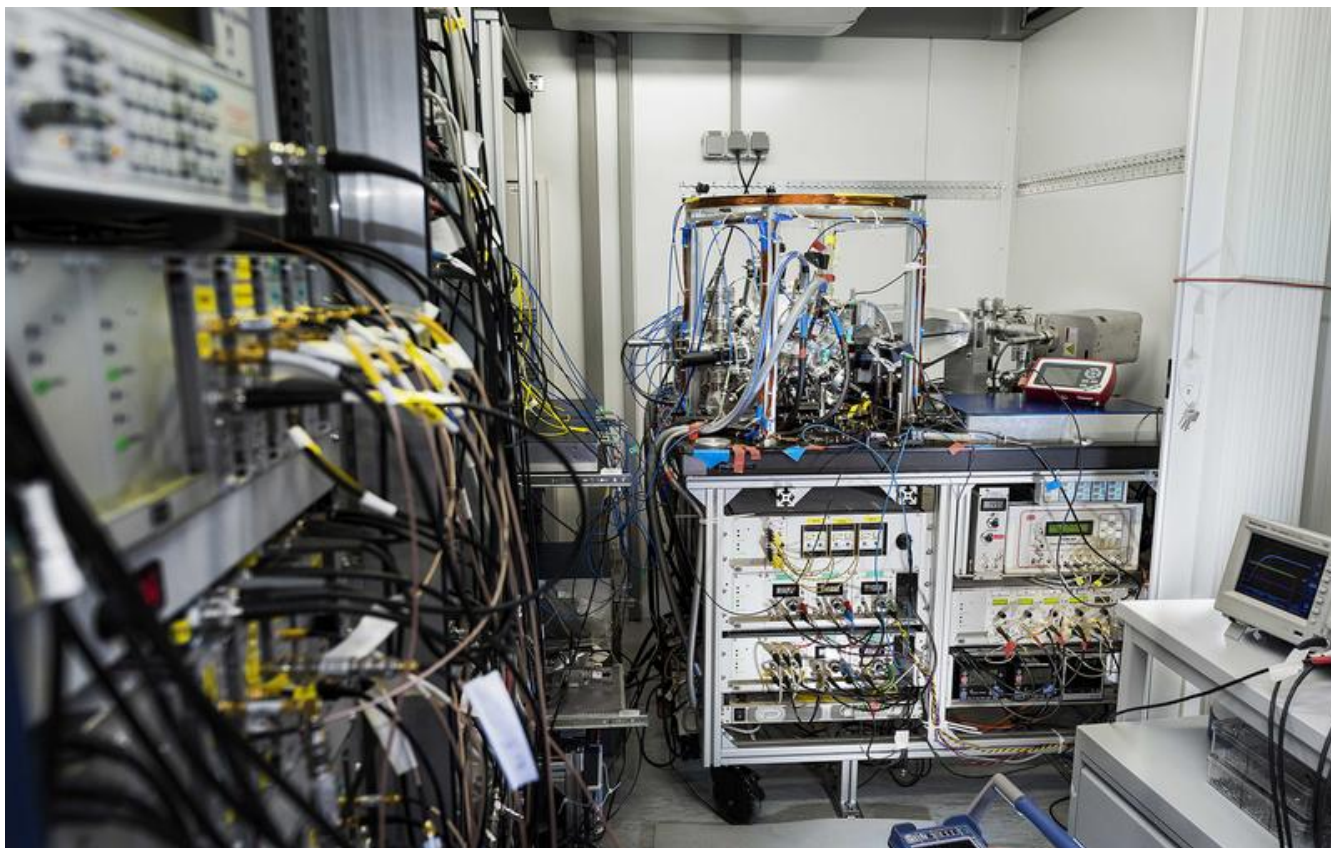
Das Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica in Turin ist öffentliches Forschungsinstitut und Italiens nationales Metrologieinstitut (NMI) mit 200 Beschäftigten. INRIM realisiert, bewahrt und entwickelt die nationalen Normale des Internationalen Einheitensystems (SI) weiter.

Grundlagen- und angewandte Forschung auf verschiedenen Gebieten – etwa Materialwissenschaften, Nanowissenschaften, Quantenoptik oder Forschung rund um die fundamentalen Konstanten der Physik – ebenso wie die Entwicklung von Messverfahren und -instrumenten untermauern die metrologischen Aktivitäten.

INRIM fördert die Ausbildung insbesondere über Doktorandenkurse im Fach Metrologie. Um den Bedarf aus der Industrie zu decken, steht eine Abteilung in direktem Kontakt mit der Welt der Produktion, um Rat, Kalibrierungen und Prüfmöglichkeiten anzubieten. (www.inrim.it)



Aufbau der transportablen optischen Uhr in dem unterirdischen Labor.
(Foto: Lisdat/PTB)



Blick ins Innere des Anhängers mit der transportablen optischen Strontiumuhr der PTB.
(Foto: PTB)