

sagt Alexander Scholz, der zur Zeit am Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl promoviert. »Auch die Datensicherheit des Systems ist gewährt, denn die Daten werden vom Handy codiert und erst dann dem Arzt übermittelt.« Noch kann diese telemetrische Gesundheitsüberwachung nicht über die Kassen abgerechnet werden, denn es gibt dafür keine Abrechnungsnummer. Doch bei einigen Ärzten im Raum München und Freiburg ist das Blutdruck-Messgerät (Omron R5 Professional) bereits zu bestellen. Bald werden die Mediziner die Abfrage der Daten und ihre Interpretation auch zu einem Festpreis anbieten.

Thorsten Naeser

Wie schnell dreht sich nun die Erde? - oder anders gefragt: Wie groß sind die Unregelmäßigkeiten der Erdrotation? Die durch Sonne und Mond erzeugten Erdgezeiten sowie Massenverlagerungen innerhalb der Atmosphäre, der Hydrosphäre und im Erdinnern lassen die Tageslänge um ein bis zwei Millisekunden schwanken; das entspricht einer Änderung von ungefähr zwei Teilen pro 10⁸. So gesehen, ist die Erde ein

Kreisel mit einer sehr gleichmäßigen Drehrate. Gemessen an ihrer Gesamtmasse, wirken sich eben die Umlagerungen in der Atmosphäre und in den Ozeanen kaum aus. Für die Geophysik, die sich mit der Erde und den darauf und darin ablaufenden Prozessen befasst, sind diese winzigen Signale jedoch sehr bedeutsam, denn sie lassen Rückschlüsse zu über viele Vorgänge, die sich einer direkten Beobachtung entziehen, zum Beispiel Aufbau und Gestalt der Erde im Innern.

Gyroskope, eine Art von Trägheitskompassen, erlauben eine viel genauere Bestimmung der Erdrotation als alle Formen des Foucaultschen Pendels, obwohl sie im Prinzip nach dem gleichen Konzept funktionieren. Gyroskope gibt es in vielen Ausführungen. Neben rotierenden oder schwingenden Massen liefern insbesondere optische Methoden eine genaue Bestimmung der Erdrotation. Die »Königsklasse« der Rotationssensoren repräsentieren die Ringlaser: Zwei Lichtstrahlen umlaufen eine quadratische oder dreieckige Fläche auf identischen Wegen, allerdings in entgegengesetzter Richtung, so dass jeweils ein geschlossener Strahlengang entsteht. Konstruiert man die Apparatur so, dass dieser Strahlengang den Resonator eines Lasers bildet, kann man jeweils kleine Teile des optischen Signals eines jeden Umlaufsinnns aus dem Resonator auskoppeln und miteinander vergleichen. So erhält man die Differenzfrequenz zwischen den beiden Umlaufrichtungen der Laserstrahlen - Null beim ruhenden Ringlaser, beim rotierenden umso mehr von Null verschieden, je schneller die Apparatur sich dreht.

Die Differenzfrequenz ist also ein Maß für die Drehgeschwindigkeit. Weiterer Vorteil des Verfahrens: Es werden Drehungen absolut gemessen und nicht relativ, etwa in Bezug auf den Erdboden. Ein idealer Ringlaser würde somit die Rotation der Erde um ihre eigene Achse, ihre Bahndrehung um die Sonne, die Rotation der Sonne um unser galaktisches Zentrum usw. zusammen anzeigen. So hochauflösend ist jedoch bis heute



Ringlaser der Fundamentalstation Wettzell

Und sie bewegt sich doch

Foto: Carl Zeiss AG

Der Nachweis der Erdrotation durch ein Pendel gelang erstmals 1851. Jean Bernard Leon Foucault benutzte für sein Experiment im Observatorium Paris ein 12 Meter langes und 5 Kilo schweres Pendel und beobachtete, wie sich dessen Schwingungsebene sehr langsam drehte. Dabei ist es die Erde, die sich unter dem Pendel weiterdreht, während das Pendel selbst seine Schwingungsebene beibehält. Auch über Richtungsmessungen zu Fixsternen, die ein externes ruhendes Koordinatensystem vorgeben, lässt sich die Erdrotation nachweisen. Die genauesten Messungen liefern heute Radioteleskope, wie die TUM eines auf der Fundamentalstation Wettzell im bayerischen Wald unter Leitung von Prof. Markus Rothacher und Prof. Reiner Rummel betreibt.

kein Ringlaser. Typische Navigationskreisel zeigen noch nicht einmal die Erdrotation an. Große Ringlaser jedoch, wie sie die Forschungseinrichtung Satellitengeodäsie

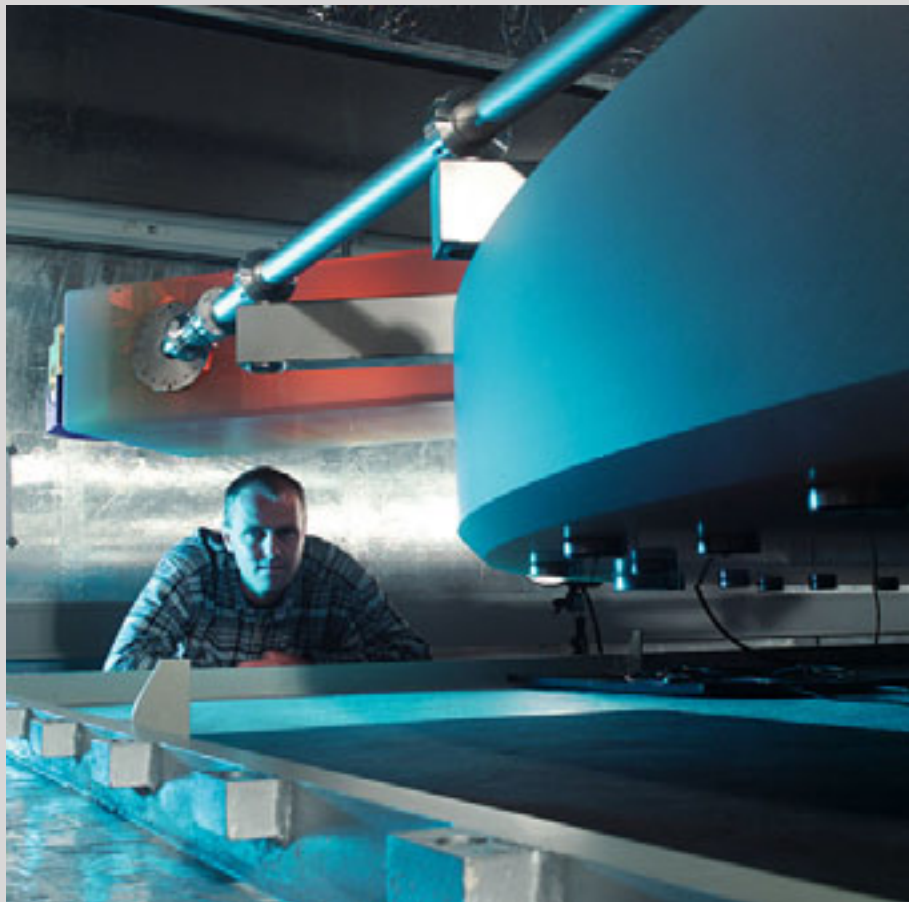
le pro Milliarde, bezogen auf die Erddrehrate von 15 Grad pro Stunde. Variationen in der Erdrotationsgeschwindigkeit beruhen auf einem Drehimpulsaustausch zwi-

sen sie entsprechend gut an ihn angekoppelt sein. Der Ringlaser G (für Großring) in Wettzell steht in einem thermisch gut isolierten Untergrundlabor; er umschreibt eine Fläche von 16 Quadratmetern und ruht auf einem mehr als 20 Tonnen schweren, auf festem Gestein gegründeten Monument. G ist einzigartig auf der Welt - der größte jemals gebaute monolithische Ringlaser und der stabilste Rotationssensor überhaupt.

Bei einem einzigartigen Instrument stellt sich immer die Frage, ob es denn reale Messwerte liefert oder etwa instrumentelle Artefakte. Gemeinsam mit der University of Canterbury hat die FESG darum weitere sehr große Ringlaser gebaut, die in einem Höhlenlabor in der Banks-Halbinsel stehen. Glücklicherweise zeigten die Messungen die erhofften Gemeinsamkeiten, aber auch regional bedingte Unterschiede. Ozeanauflastungen zum Beispiel spiegeln sich in Christchurch wider, im weit von jeder Küste entfernten Wettzell aber nicht.

Je besser die Ringlaser werden, umso mehr Anwendungsgebiete tun sich auf. Derzeit fördert das Wissenschaftsministerium im Rahmen eines Drittmittelprojekts den Geosensor, eine instrumentelle Ringlaser-Entwicklung zur Einführung von Rotationsmessungen in die Seismik.

Ulrich Schreiber



Die erforderliche geometrische Stabilität erhält der Ringlaser durch Verwendung der Glas-keramik Zerodur. Der Strahlengang des Lasers verläuft in dem Stahlrohr. Foto: Carl Zeiss AG

(FESG) der TUM in Zusammenarbeit mit der University of Canterbury in Christchurch, Neuseeland, und dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie gebaut hat, bestimmen nicht nur die momentane Drehgeschwindigkeit der Erde, sondern geben auch Aufschluss über Schwankungen in der Rotationsgeschwindigkeit.

Diese »Gleichlaufschwankungen« sind sehr klein, im Bereich von ein bis zehn Tei-

schen der festen Erde, der Atmosphäre und der Hydrosphäre; auch Vorgänge im Erdinnern tragen dazu bei. Auf diese Weise kann man mit einem Ringlaser unzugängliche Prozesse auf und in der Erde indirekt an ihren Auswirkungen beobachten - das ist der besondere Wert dieses Instruments.

Hochempfindliche Sensoren brauchen einen stabilen Aufbau, und da sie den Erdkörper untersuchen, müs-

PD Dr. Ulrich Schreiber
Forschungseinrichtung Satellitengeodäsie
Fundamentalstation Wettzell
Tel.: 09941/603113
schreiber@wettzell.ifag.de