

■ Gesucht: Der schnellste Nano-Flitzer

Beim weltweit ersten Nanocar Race lieferten sich sechs Teams in Toulouse ein spannendes Rennen.

#) <http://nanocar-race.cnrs.fr/>

Im französischen Toulouse fand ein Rennen der besonderen Art statt: Sechs Teams traten mit ihren speziell designten Molekülen aus wenigen hundert Atomen an. Für die Fahrer des weltweit ersten Nanocar Race galt es, die zickzackförmige Rennstrecke in maximal 36 Stunden zu absolvieren. Dazu durften sie das Nanocar mit einer der Spitzen des Rastertunnelmikroskops am CEMES-Zentrum des CNRS elektrisch anschieben, ohne es zu berühren.^{#)}

Am schnellsten war die Mannschaft „Nanoprix“ aus den USA und Österreich, die ihr Nanocar über 450 Nanometer mit einer Geschwindigkeit von 75 nm/h bewegte. Das deutsche Team „Nanowindmill Company“ von der TU



3D-Modelle der Nanocars in 10^8 -facher Vergrößerung, in der Mitte das Modell „Windmill“ der TU Dresden

Dresden belegte hinter dem „Swiss Team“ von der Universität Basel und dem „Ohio Bobcat Nanowagon Team“ aus den USA den vierten Rang, nachdem es elf Nanometer mit 2 nm/h durchfahren konnte.

Für Renndirektor Christian Joachim vom CEMES-Zentrum war das Vorbereiten des Rennens die größte Herausforderung: vom Design der Nanocars bis zum Säubern der Rennstrecke vor dem Start. Auch das Aufbringen der Nanocars im Rennsektor, die Beobachtung während des Rennens und die mitunter notwendigen Wechsel des Moleküls sorgten für Aufregung. Er ist überzeugt, dass die Veranstaltung der Forschung an Nanomaschinen nutzt: „Die Techniken, welche die Teams entwickeln mussten, werden eines Tages helfen, eine Nanomaschine gezielt auf einer Zelle zu platzieren oder die Bewegung eines einzelnen Moleküls in einer Flüssigkeit zu steuern.“

Kerstin Sonnabend

■ Ein Ring, um Rotationen aufzuspüren

In Fürstentfeldbruck befindet sich der größte Ringlaser weltweit mit dem Ziel, Rotationsbewegungen genau zu vermessen.



Vergraben in den Feldern von Fürstentfeldbruck befindet sich das Betonfundament für ROMY.

Nicht nur bei Erdbeben wackelt die Erde: Der Boden unter uns ist ständig in Bewegung und die Erde alles andere als ein starrer Körper. Die Dauer eines Tages verändert sich, und auch die Pole wandern. Diese Verschiebungen beeinflussen auch die Navigation, daher gibt es Systeme wie Ringlaser, um diese winzigen Bewegungen genau zu

vermessen. Im vergangenen Jahr wurde in Fürstentfeldbruck mit Rotational Motions in Seismology (ROMY) der weltgrößte Ringlaser gebaut. Kürzlich gelang es den Wissenschaftlern dort zu zeigen, dass ihr System prinzipiell funktioniert.

Ringlaser sind in der Lage, die Orientierung der Erde im Raum oder ihre Rotationsbewegung zu bestimmen.⁺⁾ Möglich ist dies durch den Sagnac-Effekt, den der französische Physiker Georges Sagnac 1913 entdeckte. In einem rotierenden System brachte er zwei Lichtstrahlen zur Interferenz, die einen festgelegten Strahlengang in umgekehrter Richtung durchlaufen hatten. Durch die Rotation verlängert sich der Weg in Rotationsrichtung und verkürzt sich in der Gegenrichtung. Dadurch verschiebt sich das Interferenzmuster. Übertragen auf Ringlaser bedeutet dies einen minimalen Frequenzunterschied, aus dem sich auf die Rotation schließen lässt.

Um solche Rotationen in allen Raumrichtungen zu detektieren, besteht ROMY aus vier Lasern in Form eines Tetraeders, wobei der vierte für Redundanz sorgt. Damit wollen die Wissenschaftler rund um Projektleiter Heiner Igel von der LMU München und Ulrich Schreiber vom Geodätischen Observatorium Wettzell zunächst prinzipiell zeigen, dass sich ein so großer Ringlaser mit 12 Meter langen Armen stabil bauen lässt. „Wir sehen das als Pilotprojekt, haben aber auch das Ziel, Rotationen der ganzen Erde und der Erdoberfläche speziell nach Erdbeben zu messen. Langfristig könnte es eine ähnliche Anordnung von Ringlasern sogar erlauben, den Lense-Thirring-Effekt experimentell nachzuweisen“, erläutert Heiner Igel. Dieser Effekt besteht darin, dass die Erdrotation die umgebende Raumzeit verzerrt, ähnlich einem Löffel im Honigglas.

Der Bau des Ringlasers hat sechs Monate gedauert, die Planungen

^{+) Vgl. auch den Artikel über den Ringlaser „G“ im Physik Journal, Mai 2013, S. 25}

vorweg zogen sich aber über Jahre hin. Auch die Finanzierung der 2,5 Millionen Euro teuren Anlage war nicht einfach. ROMY – benannt nach Heiner Igels Lieblingschauspielerin Romy Schneider – ist Teil des ERC-Advanced Grant, den er 2013 einwerben konnte. „Das ist für uns ein fantastischer Erfolg gewesen, weil unser exotisches Projekt sich zwischen den Stühlen aller Disziplinen befindet“, sagt er.

Heiner Igel ist von Haus aus Seismologe und erhofft sich durch ROMY die entscheidenden Messdaten, um die Bodenrotation genau zu verstehen. Aus der Kenntnis der Rotation lassen sich nämlich Schlüsse darüber ziehen, was während der Bewegung im Boden passiert. Seismologen brauchen allerdings Geräte für den Einsatz im Gelände. Neben dem Ringlaser ROMY setzt Igel sich daher für mobile Rotationssensoren ein.

Den Einbau der Komponenten haben die Wissenschaftler selbst erledigt und auch schon gezeigt, dass ihr System prinzipiell funktioniert. Nun gilt es, alle Komponenten zu stabilisieren, um mit ersten Zeitreihen beginnen zu können. „Wir sind zuversichtlich, dass es bald mit wissenschaftlichen Messungen losgehen kann“, ist Heiner Igel überzeugt.

Maike Pfalz

■ Reproduzierbar oder nicht reproduzierbar?

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft nimmt Stellung zur Reproduzierbarkeit von Forschungsergebnissen.

„Der primäre Test eines wissenschaftlichen Ergebnisses ist seine Reproduzierbarkeit“, heißt es in den DFG-Empfehlungen zur Sicherung der guten wissenschaftlichen Praxis.¹⁾ Das zeigte sich eindrucksvoll, als der Physiker Jan-Hendrik Schön 2002 des wissenschaftlichen Fehlverhaltens überführt wurde: Seine spektakulären Forschungsergebnisse ließen sich von anderen Forschergruppen nicht wiederholen, denn er hatte in großem Maßstab erfunden und gefälscht.

Doch das Kriterium der Reproduzierbarkeit ist ins Wanken geraten. In einer Umfrage unter über 1500 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bekannten 70 Prozent, dass sie dabei gescheitert seien, die Ergebnisse anderer Arbeiten zu reproduzieren.²⁾

Vor diesem Hintergrund hat die DFG nun eine entsprechende Stellungnahme veröffentlicht.³⁾ Eine zentrale Position lautet: Die Wiederholbarkeit von Ergebnissen ist nur eines von vielen unterschiedlichen Verfahren „zur Qualitätssicherung von Ergebnissen empirisch-quantitativ arbeitender Wissenschaftsgebiete“. Nicht-Replizierbarkeit kann zwar schlechte Wissenschaft bedeuten, ist aber nicht damit gleichzusetzen. So lassen sich Forschungsergebnisse auch mittels einer theoretisch-begrifflichen Diskussion, mathematischer Modellierung, Simulation und anderen Verfahren überprüfen. Aus Sicht der DFG gilt es bei der Replikation zu bedenken, dass nicht alle wissenschaftlichen Ergebnisse replizierbar sein müssen, weil zahlreiche Forschungsgebiete einmalige Ereignisse wie Klimawandel oder Sternexplosionen untersuchen.

„In der Physik haben wir es derzeit nicht mit einer Krise bei der Reproduktion von Ergebnissen zu tun“, sagt Gert-Ludwig Ingold, Sprecher der Konferenz der Fachbereiche Physik. Allerdings sei die Reproduzierbarkeit etwa in der Hochenergiephysik eine große Herausforderung. Beim Large Hadron Collider arbeiten daher die Experimente Atlas und CMS unabhängig voneinander. „Relevante Forschungsergebnisse, erst recht mit großer Tragweite, sollten durchaus reproduziert werden“, meint Ingold. Doch ein Problem sei, dass die Wiederholung von Experimenten in der Regel nicht zum wissenschaftlichen Renommee beitrage und auch nicht gefördert werde. Ein interessanter Ansatz, so Ingold, sind Zeitschriften, in denen sich auch Wiederholungen von Forschungsergebnissen veröffentlichen lassen.⁴⁾

Die DFG weist in ihrer Stellungnahme auch auf „strukturelle Gründe“ für mögliche Nicht-

Replizierbarkeit hin, etwa den steigenden Wettbewerbs- und Beschleunigungsdruck im Wissenschaftssystem, der auch die Qualität der Forschung beeinträchtigen könne.

Alexander Pawlak / DFG

■ Lehre stärken, Rechner bauen

Der Wissenschaftsrat empfiehlt Strategien für die Hochschullehre und fördert drei Hochleistungsrechner als Forschungsbauten.

Während der Frühjahrssitzungen hat der Wissenschaftsrat ein Positionspapier mit Strategien für die Hochschullehre verabschiedet.⁵⁾ Darin werden Forschung und Lehre als gleichwertige Kernaufgaben der Hochschulen genannt mit dem Ziel, die Wertschätzung und Sichtbarkeit der universitären Lehre zu erhöhen. Dazu soll unter anderem die Lehrleistung in Berufungsverfahren größeres Gewicht erhalten. Die positiven Entwicklungen durch den Qualitätspakt für Lehre gilt es, auch über dessen Auslaufen in drei Jahren hinaus zu sichern. Dabei könnte eine bundesweite eigenständige Organisation helfen, die Fördermittel für innovative Lehrprojekte vergibt. Als weitere Aufgaben dieser neuen Organisation nennt der Wissenschaftsrat das systematische Vernetzen von Expertise sowie das Entwickeln von Bewertungskriterien und -verfahren für die Lehre.

Für das Programm Forschungsbauten empfahl der Wissenschaftsrat zwölf Vorhaben, die mehr als 300 Millionen Euro erfordern.⁶⁾ Drei davon gehören zur programmatisch-strukturellen Linie Hochleistungsrechnen. Als herausragend stuft der Rat das Konzept hinter dem Rechner Lichtenberg II der TU Darmstadt ein, welcher der anwendungsgetriebenen Forschung in den Ingenieurwissenschaften dienen soll. Auch die Hochleistungsrechner der Universität Paderborn (Noctua) und der Goethe-Universität Frankfurt (GOETHE am Center for Scientific Computing) werden zur Förderung empfohlen.

Kerstin Sonnabend / WR

- 1) <http://bit.ly/2pVV6F2>
- 2) Nature 533, 452 (2016)
- 3) <http://bit.ly/2p72hNT>
- 4) Ein Beispiel aus dem Bereich der numerischen Simulation ist „The ReScience Journal“: <http://rescience.github.io/>
- 5) www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/6190-17.pdf
- 6) www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/6181-17.pdf