

Gravitationswellen im Heimcomputer: Einstein@Home

Vorspann Vorspann Vorspann Vorspann Vorspann Vorspann
Vorspann Vorspann Vorspann Vorspann Vorspann Vorspann
Vorspann Vorspann Vorspann Vorspann

>> R. Prix, M. Pössel, B. Machenschalk, S. Grunewald und B. Krishnan

So erfolgreich sich Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie in der Astrophysik bewährt hat - eine ihrer wichtigsten Vorhersagen konnte bis heute nur indirekt überprüft werden: Die Existenz von Gravitationswellen. Umso aufregender, dass der direkte Nachweis derzeit in greifbare Nähe rückt, und dass sich das Schlüsselereignis der Entdeckung möglicherweise sogar in einem Privathaushalt abspielen wird - vielleicht sogar im Heimcomputer eines Astronomie Heute-Lesers.

Worum geht es? Gravitationswellen hat Einstein bereits im Jahre 1916 beschrieben, ein Jahr nach Vollendung seiner Allgemeinen Relativitätstheorie.

Züzüzüzü

Ähnlich wie Schallwellen periodische Druckänderungen in einem materiellen Medium sind, oder Licht und andere elektromagnetische Wellen Oszillationen des elektromagnetischen Feldes, sind Gravitationswellen kleine Schwankungen des Gravitationsfeldes, die sich mit

Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Allerdings ist Gravitation bei Einstein keine herkömmliche Kraft, sondern eng mit der Geometrie der Raumzeit verknüpft. Auch Gravitationswellen äußern sich geometrisch, nämlich als Abstandsänderungen zwischen Raumpunkten. Schon Einstein war klar, dass diese Änderungen unvorstellbar winzig sind, und er hielt den Nachweis der Gravitationswellen daher für unmöglich. Das war angesichts der damals verfügbaren Technik auch durchaus realistisch. Heute sind die

Aussichten auf Erfolg allerdings ungleich besser: Mit Detektoren, die dank ultra-genauer Laserinterferometrie winzigste Abstandsänderungen zu messen imstande sind, hoffen Forscher, Gravitationswellen schon in den nächsten Jahren direkt nachweisen zu können.

Der Wellenjagd gewidmet sind internationale Großprojekte wie der deutsch-britische Detektor GEO600 in der Nähe von Hannover und die LIGO Detektoren in den USA. [Siehe Bild1a/b] Sowohl GEO600 als auch LIGO sind bereits seit

rund zweieinhalb Jahren in Betrieb und nehmen Messdaten auf. Weitere Interferometer befinden sich in Italien (Projekt VIRGO) und Japan (TAMA), und mehrere Detektoren sind noch in Planung oder befinden sich bereits im Bau. Die angestrebte Empfindlichkeit der Detektoren ist enorm: Selbst die Wellen der effektivsten Gravitationswellenquellen im Universum, etwa von schnell umeinander kreisenden, ultra-kompakten Objekten wie Neutronensternen und Schwarzen Löchern, sind extrem schwach, wenn sie

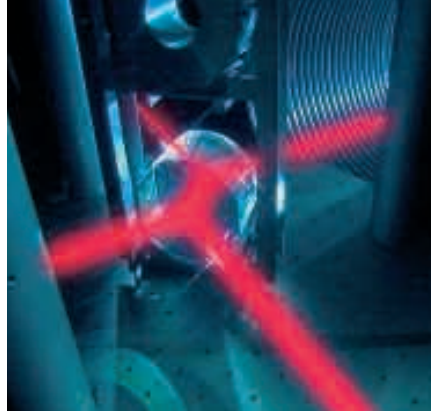
Start Bildunterschrift Bildunterschrift Lor autet, corero dolorer suscil dolortis ad do dionsed ex eu feu facip exer susting ex eu faccum quam, si Lor illumsan ulput utat. Duis nulputpating essed erit

die Erde erreichen.

Die stärksten zu erwartenden Wellen würden die vier Kilometer Abstand zwischen den Spiegeln eines der LIGO-Interferometer nur um ganze 10^{-18} m



BILDNACHWEIS



BILDNACHWEIS

Start Bildunterschrift Bildunterschrift Lor autet, corero dolorer suscil dolortis ad do dionsed ex eu feu facip exer susting ex eu faccum quam, si Lor illumsan ulput utat. Duis nulputpating essed eritlquisci bla autpat, consenis num nulputem zrrillaore euisi tet autem nullam, sisit digna augueril in

> ner zu verteilen, auch erstmals praktisch nutzbar machte. Einstein@Home nutzt die von SETI@Home entwickelte Software (die frei verfügbare Bibliothek BOINC), verbindet sie mit den Suchalgorithmen für die Signale rotierender Neutronensterne und lässt so freiwillige Teilnehmer an der Durchkämmung des Parameter-raums mithelfen: wenn der Computer eines Teilnehmers gerade nicht genutzt wird, läuft das Suchprogramm als Bildschirmschoner und analysiert dabei Daten von den LIGO- und GEO-Detektoren. Die Ergebnisse werden an einen der Einstein@Home-Server zurückgesandt,

und es wird automatisch neue Arbeit angefordert. Ein Punktesystem schafft zusätzliche Anreize: Benutzer und Benutzer-Teams können anhand einer Rangliste sehen, wieviel sie persönlich zur Suche nach den Gravitationswellen beigetragen haben.

Züzüzüzüzü

Entwickelt wurde die Einstein@Home-Software hauptsächlich an der Universität Wisconsin-Milwaukee in den USA und am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) in Potsdam. Das Projekt ist Teil einer Initia-

tive der American Physical Society zum Weltjahr der Physik 2005. Die Resonanz ist bereits jetzt enorm: seit dem Startschuss am 19. Februar 2005 haben sich über 80.000 Benutzer mit mehr als 100.000 Computern angemeldet, und täglich kommen einige hundert Nutzer dazu. Damit ist die Rechenleistung von Einstein@Home mit rund 11 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde (11 Teraflops) heute schon mit den Leistungen der zehn weltbesten Supercomputer vergleichbar. Die Forschergruppe hinter Einstein@Home arbeitet daran, die Suchstrategien für diese gigantische Rechenleistungen weiter zu optimieren, um so die Wahrscheinlichkeit für einen Nachweis zu erhöhen. So wird Einstein@Home schon bald zum empfindlichsten und leistungsfähigsten Instrument zur Suche nach Gravitationswellen von Neutronensternen werden -- und könnte sogar den ersten direkten Nachweis von Gravitationswellen überhaupt liefern! Ziel ist letztendlich aber nicht nur dieser Nachweis (und damit eine weitere Bestätigung der Allgemeinen Relativitätstheorie). Vielmehr hoffen die Physiker, durch die Messung von Gravitationswellen wichtige Lücken im Wissen über Neutronensterne, ihren inneren Aufbau und ihre Materialeigenschaften schließen zu können. Dies ist nur ein Beispiel für einen ganz neuen Zweig der Astrophysik -- die Gravitationswellen-Astronomie als neues Fenster zum Universum. <<

Kasten Überschrift klein negativ

Kasten Grundtext ohne Einzug Lorein utpat ad ex ea facip ercinibh essit esto consequis alisi. Lore tis ea con et velenit aut ut praessi bla feugue velissi ero consequam del ilis augue magnim ing exeratio dipit lut lam nisl delit wisisi exer sivelenit aut ut praessi bla feugue velissi ero consequam del ilis augue magnim ing exeratio dipit lut lam nisl delit wisisi exer sivelenit aut ut praessi bla feugue velissi ero consequam del ilis augue magnim ing exeratio dipit INa aut nullut vero conullam, sum exero odolorerat. Nit lore velestrud tionsectem in ullum vel et ut aut aut il inci bla ad dit lut do od molutpat, vel esed eu feuguer iuscilla feuis nullan hent augiat ing et vullan utpate vendigniatum dolore magnit aliqui euguer sustin volobor irilla corper sequis adip eum

quis nulla feusmod eugue vel er am zrrilla con ex et nibh er sed et, se ex er suscipis accumsa ndionse quatet augait, venisi erotie magniat lut lutpat, quat ip et doloreet velit, se ming et, cor sustrud et ipisl erat amet lan utate consequis doluptatio commodolore et inibh elit ipis aliquat nit autat.

Te facilit num zrrit ad tat, velit iuscidunt inci blandio od dolobore magna core tat lam in utat, quisequipit alisit lore molessequip ero eugiam quis ad tem volorper sequamet, consequissi tem dunt num esto conum velent luptat ut iuscipit pratem ver aliquatum dolenim ip endionsed exeriuscip eugait, vulput do dolortion ute magniam, conseni scilissed molore dolorpe raessee corerci psuscillaore tat ipisciliquat ulla alis nisi.

Ibh ex et ipit, si. Rillutpat, sum volorem inibh euipit wis digna consed tetue dolobor summy niam nit nim nis augait nulla faci ex ex et adipsum ciliquipsum quis eu feu feu feu feugue conulla commodignim eui el ut irili-

Start Bildunterschrift Bildunterschrift Lor autet, corero dolorer suscil dolortis ad do dionsed ex eu feu facip exer susting ex eu faccum quam, si Lor illumsan ulput utat. Duis nulputpating essed erit



BILDNACHWEIS