

Einstein@Home – Gravitationswellenjagd für alle

***Informationen zu einem Projekt, bei dem
sich private Nutzer mit ihren Computern an
der Suche nach Gravitationswellen
beteiligen können – vielleicht ja auch Sie?***

Ein Artikel von Reinhard Prix, Bernd Machenschalk

Für derzeit einige zehntausend Computerbenutzer weltweit gilt: wenn sie ihren Rechner gerade nicht selbst beanspruchen, begibt er sich auf die Jagd nach Gravitationswellen. Dazu werden Datenpakete der [LIGO-Detektoren](#) oder von GEO600 geladen und mit Hilfe eines Auswerteprogramms bearbeitet, während ein Screensaver (Bild unten) anzeigt, welchen Himmelssektor der Computer aktuell nach Gravitationswellen durchsucht.

BOINC Information

User: ATLAS
Team: Albert-Einstein-Institut
Project Credit: 92990.41
Project RAC: 348.48
WU Completed: 37.20 %
WU CPU Time: 02:08:42

Search Information

Ascension: 282.18 deg
Declination: 4.87 deg
DM: 152.40 pc/cm³
Orb. Radius: 0.100 ls
Orb. Period: 797 s
Orb. Phase: 0.08 rad

Möglich wird dies dank „Einstein@Home“ (wörtlich: Einstein zuhause, Anmeldung unter [Einstein@Home](https://einsteinathome.org)). Hintergrund des Projekts ist der immense Rechenaufwand, den die Suche nach Gravitationswellen erfordert. In den heutigen [Gravitationswellendetektoren](#) (siehe die Übersicht [Ohren in aller Welt](#)) sind typische Gravitationswellensignale im Vergleich mit den vielfachen Störeinflüssen sehr schwach. Für Signale, dessen zeitlicher Verlauf genau bekannt ist, lässt sich aber auch unter solchen erschwerten Bedingungen beurteilen, ob ein Detektor eine Gravitationswelle nachweist oder nur zufälliges Rauschen. Das Durchsuchen der Detektordaten nach solchen bekannten Signalen stellt freilich an die Rechenleistung höchste Anforderungen.

Wellen von rotierenden Neutronensternen

Ein Paradebeispiel dafür sind Gravitationswellen, wie sie von rotierenden [Neutronensternen](#) ausgesandt werden, wenn diese nicht vollkommen rotationssymmetrisch sind (etwa leichte Beulen aufweisen). Einige dieser Neutronensterne sollten die Astronomen als [Pulsare](#) beobachten können. Die betreffenden Gravitationswellen sind äußerst regelmäßig: abgestrahlt werden einfache [Sinuswellen](#) deren Frequenz gerade doppelt so groß ist wie die der Sternrotation. Trotz der Einfachheit des Signals ist der Suchaufwand gerade hier sehr groß: Da zu erwarten ist, dass solche Wellen äußerst schwach sind, lässt sich nur über lange Beobachtungszeiträume entscheiden, ob die Daten tatsächlich ein solches Signal enthalten oder nicht. Je schwächer das Signal, umso länger der benötigte Beobachtungszeitraum; für die heutigen Detektoren beträgt er mindestens einige Monate.

Die langen Beobachtungszeiten führen zur nächsten Schwierigkeit, denn währenddessen dreht sich die Erde (mit dem Detektor darauf) um sich selbst und bewegt sich zudem auf ihrer Bahn um die Sonne. Diese Bewegung des Detektors relativ zur Quelle verursacht einen Dopplereffekt, durch den sich die von irdischen Beobachtern gemessene Frequenz des Signals mit der Zeit etwas verändert – und zwar je nach dem Ort der

Quelle an der Himmelskugel ein wenig anders. Das ist einerseits positiv, heißt es doch, dass sich aus einem nachgewiesenen Signal auch die Position der Gravitationswellenquelle bestimmen lässt. Andererseits folgt daraus aber ungünstigerweise: Wer in den Detektordaten nach den Gravitationswellensignalen von bislang unbekanntem Neutronensternen sucht, muss nicht nur alle möglichen Frequenzen durchprobieren. Er muss auch für jeden möglichen Ort der Quelle nach einer etwas anderen Art von Signalverlauf suchen. (Ein weiterer Suchparameter blieb bislang unerwähnt: Bei vielen Neutronensternen nimmt die Rotationsgeschwindigkeit mit der Zeit ab. Auch die verschiedenen Abbremsungswerte müssen in entsprechenden Suchmustern berücksichtigt werden.)

Ein Nachteil: Insgesamt ergibt sich eine Vielzahl von Mustern, die selbst von Großrechnern nicht zu bewältigen ist. Wie effektiv die heutigen Gravitationswellendetektoren im Aufspüren von unbekanntem Neutronensternen sind, wird nicht durch die Detektortechnik begrenzt, sondern vor allem durch die verfügbare Rechenleistung.

Private Computer nutzen

Ein großer Vorteil: Die Suche nach diesen Mustern lässt problemlos auf viele verschiedene Computer verteilen, von denen jeder nur einen Teil der Musterliste abarbeitet. Das schlägt den Bogen zum Projekt Einstein@Home, denn weltweit stehen sowohl in Privathaushalten als auch in

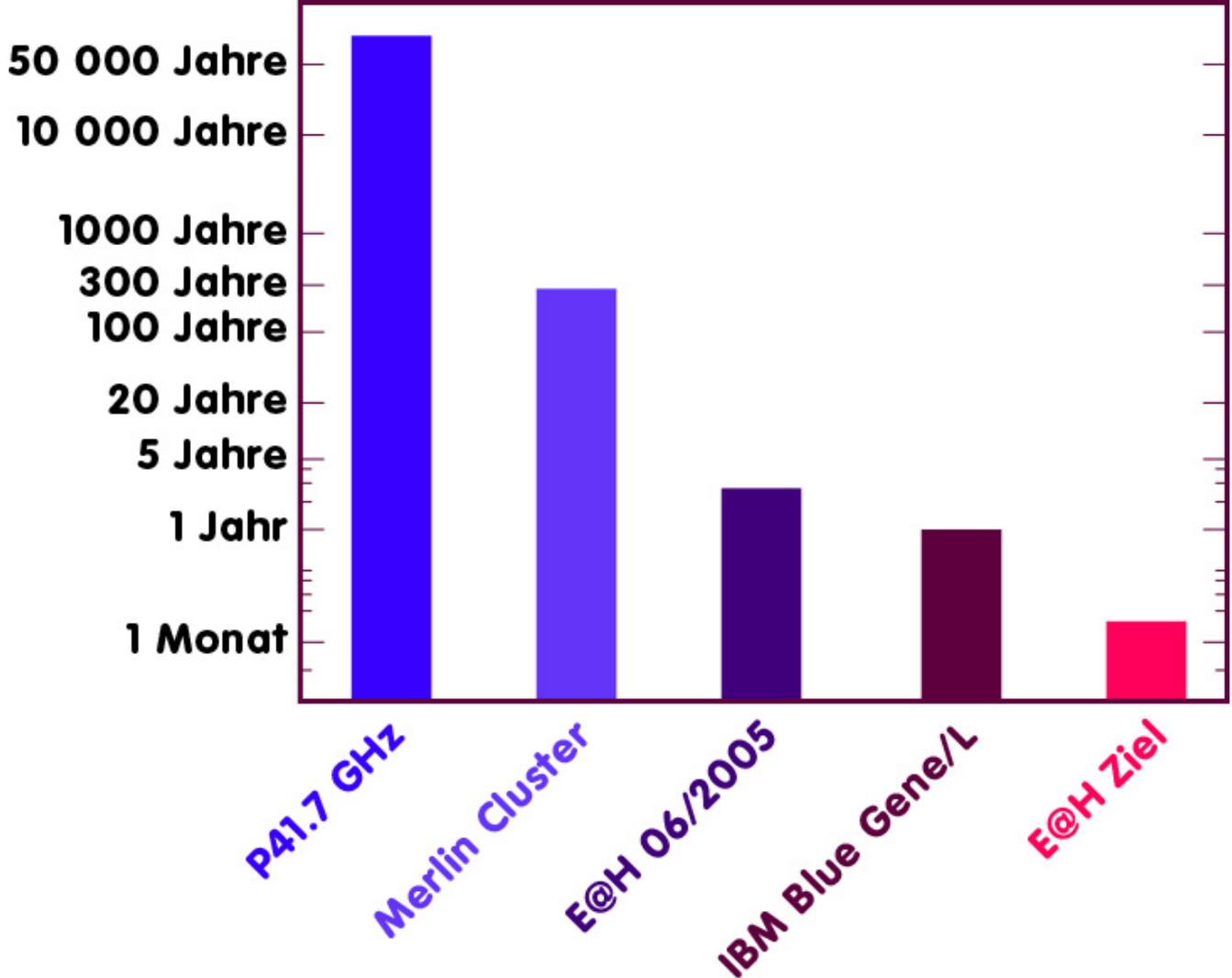
Firmen Millionen von Computern, deren Rechenkapazität bei weitem nicht zu jeder Zeit ausgelastet ist. Wer auch nur einen Teil ihrer Leerlaufzeit nutzt, erschließt sich ein Rechenpotenzial, das alle Supercomputer in den Schatten stellt. Diese geniale Idee wurde erstmals mit dem Projekt „SETI@Home“ im großen Stil umgesetzt – dort war es die Suche nach Radiosignalen außerirdischer Intelligenzen, die auf viele Privatrechner verteilt wurde. Einstein@Home nutzt die für dieses Projekt entwickelte Software (eine frei verfügbare Bibliothek namens BOINC), verbindet sie mit den Suchalgorithmen für die Signale rotierender Neutronensterne und ermöglicht so einer breiteren Öffentlichkeit die Teilnahme an der Gravitationswellenjagd. Entwickelt wurde die Einstein@Home-Software hauptsächlich an der Universität Wisconsin-Milwaukee (USA) und am Albert-Einstein-Institut in Potsdam. Einstein@Home gehört zudem zu den Projekten der American Physical Society im Weltjahr der Physik 2005.

Kernstück des Projekts sind ganz sicher die vielen Privatrechner, deren Leistung in den Dienst der Astrophysik gestellt wird. Das organisatorische Rückgrat bilden eine Reihe von Servern, die über Internet die zu bearbeitenden Datenblöcke versenden und die Rechenergebnisse entgegennehmen. Ein Punktesystem schafft zusätzlichen Anreiz: Benutzer oder Benutzergruppen („Teams“) können anhand einer auf der Einstein@Home-Webseite veröffentlichten Rangliste

sehen, wieviele Punkte sie bereits errungen und wieviel sie damit persönlich zur Gravitationswellensuche beigetragen haben.

Leistungsfähiger als so mancher Supercomputer

Schon weniger als ein halbes Jahr nach dem Startschuss am 19. Februar 2005 war die Resonanz überwältigend. Über 90.000 Benutzer mit fast 200.000 Rechnern haben sich registriert, und täglich werden es einige hundert mehr. So ist die Rechenleistung von Einstein@Home mit rund 48 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde (48 Teraflops) im Jahr 2005 schon mit den Leistungen der zehn damals weltbesten Supercomputer vergleichbar. Ein Beispiel macht die Größenverhältnisse deutlich. Es betrifft die Suche nach periodischen Gravitationswellensignalen von Neutronensternen, deren Frequenz, Abbremsung und Position am Himmel unbekannt ist in den Beobachtungsdaten einer Woche und im Frequenzbereich zwischen 100 und 600 Hertz. Gezeigt ist die ungefähre Rechenzeit, die verschiedene Rechner und Rechnerverbünde für diese Suche benötigen:



Zu sehen sind, von links nach rechts, ein einzelner Computer mit Pentium 4-Prozessor, der rund 97000 Jahre benötigt, der Rechnerverbund Merlin/Morgane des Albert-Einstein-Instituts aus 180 Doppelprozessor-PCs, die Leistungsfähigkeit von Einstein@Home im Juni 2005, der Supercomputer BlueGene/L der Firma IBM mit 138 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde und das angestrebte Ziel von Einstein@Home mit einer Million Teilnehmern.

Noch ist das Ziel nicht erreicht – und die Forschergruppe hinter Einstein@Home arbeitet daran, die Suchstrategien immer weiter zu verfeinern, immer besser an die gigantischen Rechenleistungen des Projekts anzupassen

und die Nachweiswahrscheinlichkeit für Gravitationswellen so immer weiter in die Höhe zu schrauben. Einstein@Home hat gute Chancen, sich zu einem der empfindlichsten und leistungsfähigsten Instrument zur Suche nach Gravitationswellen zu mausern – und könnte sogar den ersten direkten Nachweis von Gravitationswellen überhaupt liefern!

Weitere Informationen

Die relativistischen Grundkonzepte, die diesem Vertiefungsthema zugrundeliegen, werden in [Einstein für Einsteiger](#) erklärt, insbesondere im Kapitel [Gravitationswellen](#).

Verwandte Vertiefungsthemen auf einstein-online finden sich in der Kategorie [Gravitationswellen](#).

Die Webseiten des Einstein@Home-Projektes findet man unter

[Einstein@Home](#) Projekt-Webportal der University of Wisconsin-Milwaukee

Kolophon

Reinhard Prix

ist Wissenschaftler am [Albert-Einstein-Instituts](#) in Hannover. Sein Forschungsinteresse gilt [Neutronensternen](#) und dem Nachweis von

[Gravitationswellen](#); er ist einer der Entwickler von [Einstein@Home](#). Während seiner Zeit am Albert-Einstein-Institut in Potsdam war er für Einstein Online als Koautor für das Vertiefungsthemas [Einstein@Home – Gravitationswellenjagd für alle](#) tätig.

Bernd Machenschalk

ist Informatiker am [Albert-Einstein-Institut](#) in Hannover, wo er an der Analyse der Daten der [Gravitationswellendetektoren LIGO](#) und [GEO600](#) arbeitet. Er ist wesentlich an der Entwicklung von [Einstein@Home](#) beteiligt; Während seiner Zeit am Albert-Einstein-Institut in Potsdam war er für *Einstein Online* dementsprechend Koautor für das Vertiefungsthemas [Einstein@Home – Gravitationswellenjagd für alle](#).

Zitierung

Zu zitieren als:

Reinhard Prix, Bernd Machenschalk, "Einstein@Home – Gravitationswellenjagd für alle" in: *Einstein Online* **Band 04** (2010), 01-1117