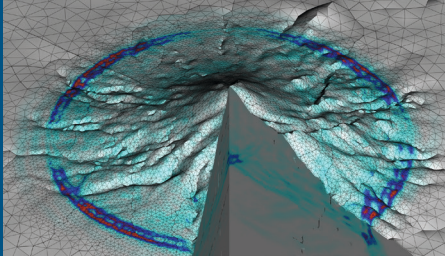
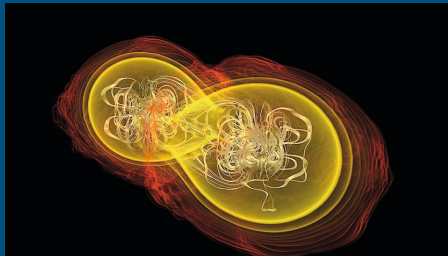


Simulierte Ausbreitung  
seismischer Wellen im Stra-  
tovulkan Mount Merapi



Verschmelzung zweier  
magnetisierter Neutro-  
nensterne



## Konsortium

Technische Universität München (Koordinator)  
Prof. Dr. Michael Bader



Università degli Studi di Trento  
Prof. Dr.-Ing. Michael Dumbser



Durham University  
Dr. Tobias Weinzierl



Frankfurt Institute for Advanced Studies  
Prof. Dr. Luciano Rezzolla



Ludwig-Maximilians-Universität München  
Dr. Alice-Agnes Gabriel



RSC Technologies, Moskau  
Alexander Moskovsky



Bayerische Forschungsallianz GmbH  
Dipl.-Ing. Robert Iberl



### Assoziierter Partner

Leibniz-Rechenzentrum  
Prof. Dr. Arndt Bode



[www.exahype.eu](http://www.exahype.eu)

## Projekt-Steckbrief

### Förderprogramm:

Die EU fördert das europäische ExaHyPE-Konsortium im Rahmen von Horizon 2020. ExaHyPE ist dem spezifischen Programm FETHPC – Future and Emerging Technologies High Performance Computing – zugeordnet.

**Projekt:** ExaHyPE (An Exascale Hyperbolic PDE Engine)

**Projektnummer:** 671698

**Projektdauer:** 2015 – 2019

**Gesamtbudget:** 2,8 Mio. EUR

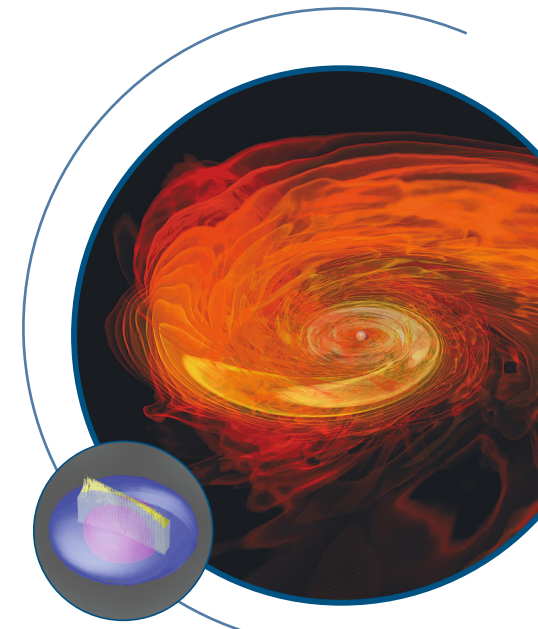
### Koordination:

Prof. Dr. Michael Bader  
Technische Universität München  
Institut für Informatik  
85748 Garching b. München  
E-Mail: [bader@in.tum.de](mailto:bader@in.tum.de)

### Projektmanagement:

Teresa Kindermann  
Bayerische Forschungsallianz GmbH | 80538 München  
Tel.: +49 89 99 01 888 125  
Fax: +49 89 99 01 888 29  
E-Mail: [exahype@bayfor.org](mailto:exahype@bayfor.org)

[www.exahype.eu](http://www.exahype.eu)

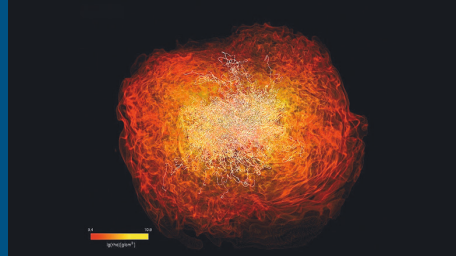
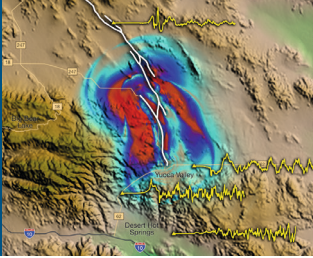


Fotos: AEE/ZIB, TUM/LMU

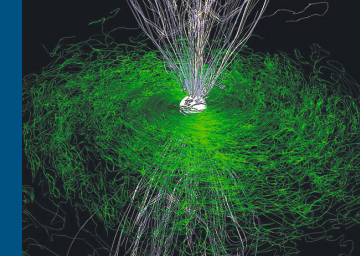


Gefördert über das Rahmenprogramm für  
Forschung und Innovation der EU Horizon 2020  
unter Finanzhilfvereinbarung Nr. 671698

Bodenerschütterung, gewonnen aus einer Petascale-Simulation des Landers-Erdbebens 1992



Hypermassiver Neutronenstern, der durch die Verschmelzung zweier magnetisierter Neutronensterne entstanden ist



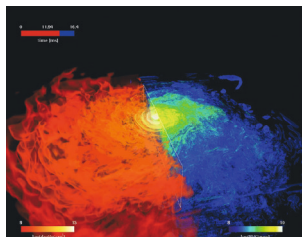
Magnetfeldlinien, nachdem der hypermassive Stern zu einem Schwarzen Loch kollabiert

## Exascale High Performance Computing

Simulationsrechnungen treiben den wissenschaftlichen Fortschritt an. Neben Theorie und Experiment sind sie schon längst das dritte Standbein des Erkenntnisgewinns. Supercomputer erlauben es, immer genauere und kompliziertere Modelle zu berechnen. Dabei wird die Programmierung dieser Supercomputer selbst zur Herausforderung.

Das Projekt ExaHyPE bindet sich ein in die europäische Strategie, bis 2020 einen Supercomputer zu entwickeln, der eine Milliarde Milliarden ( $10^{18}$ ) Rechenoperationen pro Sekunde ausführen kann (1 ExaFlop/s). Um diese gewaltige Rechenleistung auch für entsprechend umfangreiche Simulationsaufgaben nutzen zu können, muss die gesamte Supercomputing-Infrastruktur, samt Systemsoftware und Simulationsanwendungen, auf solche Exascale-Systeme vorbereitet werden.

ExaHyPE widmet sich der Entwicklung neuer mathematischer und algorithmischer Ansätze für Exascale-Systeme – zunächst für Simulationen in der Geo- und Astrophysik. In dem vierjährigen Projekt entwickeln Forscher aus sieben Institutionen aus Deutschland, Italien, Großbritannien und Russland eine neuartige Software für Simulationen auf Exascale-Supercomputern. Seit Oktober 2015 fördert die Europäische Union das Projekt ExaHyPE mit insgesamt 2,8 Mio. Euro.



Dichte (rot) und Magnetfeldstärke (blau) eines hypermassiven Neutronensterns, der durch die Verschmelzung zweier magnetisierter Neutronensterne entstanden ist

## Ziele von ExaHyPE – Neue Algorithmen

### Energieeffizienz von Supercomputing-Hardware

Schon heute könnte ein Supercomputer mit 1 ExaFlop/s Leistung gebaut werden, jedoch wäre dessen Energiebedarf unerschwinglich. Die in ExaHyPE neu entwickelte Simulationssoftware ist konsequent auf Energieeffizienz und auf die Anforderungen zukünftiger energieeffizienter Hardware ausgelegt.

### Skalierbare Algorithmen – dynamisch adaptiv

ExaHyPE basiert auf neuen mathematischen Algorithmen, die aus möglichst geringem Speicherbedarf den größtmöglichen Nutzen ziehen. So wird die Auflösung der Simulationen, also die verwendeten numerischen Beobachtungspunkte, dort dynamisch erhöht, wo die Simulationsrechnung dies erfordert. So können die erforderlichen Rechenoperationen auf ein Minimum beschränkt und gleichzeitig größtmögliche Genauigkeit erreicht werden.

### Schnelle Rechenoperationen trotz langsamem Speicher

In zehn Jahren werden Supercomputer 1000-mal so schnell rechnen können wie heute. Aber sie werden vielleicht nur 50-mal so schnell auf ihren Speicher zugreifen können. Müssen wir Simulationsprogramme komplett neu schreiben, damit sie mit diesem Missverhältnis zurechtkommen? Die in ExaHyPE verwendeten Algorithmen sind inhärent speichereffizient und reduzieren zudem die Kommunikation bei der Parallelisierung.

### Extreme Parallelität auch bei unzuverlässiger Hardware

2020 werden Supercomputer hunderte Millionen Rechenkern umfassen. Wie müssen Programme aussehen, die auf solchen Rechnern effizient ausgeführt werden? ExaHyPE untersucht die dynamische Verteilung von Rechenoperationen auf Millionen von Rechenkernen – selbst wenn diese während der Rechnung ausfallen.

## Nutzen für Forschung und Gesellschaft

### Simulation von Gefährdungsszenarien

Erdbeben lassen sich nicht vorhersagen. Aber können wir nach großen Erdbeben das Risiko von Nachbeben einschätzen? Entsprechende Simulationen auf Exascale-Supercomputern könnten uns erlauben, solche Risiken zu quantifizieren. Regionale Erdbebensimulationen sind daher eines der beiden Anwendungsszenarien von ExaHyPE. Sie versprechen vor allem ein grundlegend besseres Verständnis der Vorgänge, die sich bei großen Erdbeben und deren Nachbeben abspielen.

### Grundlegende wissenschaftliche Erkenntnisse

ExaHyPE simuliert Systeme von umeinander rotierenden, sich vereinigenden Neutronensternen. Solche Systeme sind nicht nur die stärkste vermutete Quelle von Gravitationswellen, sondern könnten auch die Ursache von sogenannten Gammastrahlenexplosionen sein – den gewaltigsten Katastrophenszenarien des Universums. Exascale-Simulationen dieser Prozesse werden uns erlauben, diese seit langem bestehenden Rätsel der Astrophysik in neuem Licht zu studieren.

### Freie Software für flexible Szenarien

So unterschiedlich diese beiden Simulationsszenarien sind, werden sie doch durch sehr ähnliche mathematische Gleichungen beschrieben: hyperbolische Differentialgleichungen, die letztlich Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie darstellen. ExaHyPE entwickelt eine flexibel einsetzbare Software für derartige Modelle. Als Open-Source-Software wird sie für Wissenschaft und Industrie frei verfügbar sein.

