

Oktober 2015

## Supercomputing der Zukunft: EU-Projekt Exa2Green verbessert die Energieeffizienz im Hochleistungsrechnen

**Das Projekt Exa2Green ebnet den Weg für Exascale-Supercomputing. Nach drei Jahren Forschung kann das Projektteam bemerkenswerte Ergebnisse vorzeigen.**

Exascale-Computer, die Supercomputer der Zukunft, werden in der Lage sein, eine Trillion, d.h.  $10^{18}$  Rechenoperationen pro Sekunde durchzuführen. Das entspricht ungefähr der Rechenleistung von einhundert heutigen Supercomputern. Die Verfügbarkeit solch immenser Rechenleistung wird die Beantwortung komplexer wissenschaftlicher Fragestellungen erleichtern, wie sie zum Beispiel in den Umweltwissenschaften, im Energiebereich oder der Wirtschaft entstehen. Allerdings lässt sich die angestrebte Rechenleistung mittels konventioneller Technologien bisher nur mit einem enormen Stromverbrauch realisieren. Unter Verwendung heutiger Technologien und Algorithmen würde der Betrieb eines solchen Supercomputers so viel Energie benötigen wie eine gesamte Kleinstadt. Wie also kann das Exascale-Hochleistungsrechnen energieeffizienter gestaltet werden? Das Projekt Exa2Green hat sich dieser Herausforderung gestellt.

Während bekannt ist, dass Fortschritte bei Hardware-Design und -Fertigung zu einer deutlichen Steigerung der Energieeffizienz führen, wurde bisher wenig Augenmerk auf das Potenzial gelegt, durch gezieltes Algorithmus- und Software-Design den Energieverbrauch zu reduzieren. Genau dies ist der Ansatz der Forschung und Entwicklung, den das Projekt Exa2Green verfolgt. Das Thema Energieverbrauch und die daraus resultierenden Kompromisse zwischen Leistung und Genauigkeit der Computer-Simulation wird dabei auf allen Simulationsebenen berücksichtigt: von grundlegenden algorithmischen Kernen über energieeffiziente Lösungsmethoden bis hin zu großen Anwendungen, wie Klimamodellen.

Das interdisziplinäre Exa2Green-Forschungsteam, bestehend aus Experten in den Bereichen Hochleistungsrechnen (High Performance Computing, HPC), Informatik, Mathematik, Physik und Ingenieurwissenschaften aus Deutschland, der Schweiz und Spanien, fokussierte sich auf drei Hauptaktivitäten: die Entwicklung von Instrumenten zur Messung der Leistung und des Energieverbrauchs von Rechensystemen; die Analyse bestehender, weit verbreiteter Rechenkerne und die Entwicklung neuer energieeffizienter Algorithmen; und schließlich die Optimierung eines rechenintensiven Klimamodells, um eine erhebliche Verringerung des Energieverbrauchs bei Klimasimulationen zu erreichen.

„Derzeitige HPC-Plattformen benötigen erhebliche Energie-Ressourcen. Ihre weitere erfolgreiche Entwicklung und Verwendung wird wesentlich von der Optimierung der Energieeffizienz abhängen“, erklärt Professor Vincent Heuveline von der Universität Heidelberg, der Koordinator des Projekts. Um einen Einblick in den Energieverbrauch zu gewinnen, entwickelte Exa2Green ein Software-Tool zur Analyse und Messung der Leistung und des Energieverbrauchs von wissenschaftlichen Computer-Simulationen. Dies ermöglicht es Wissenschaftlern und Technikern, Ursachen von Energie-Ineffizienz zu lokalisieren und den Anwendungscode zu optimieren. Zusätzlich entwickelten die Forscher ArduPower, eine kleine, kostengünstige und genaue Messeinrichtung, die verwendet werden kann, um den Stromverbrauch wissenschaftlicher Anwendungen von HPC-Infrastrukturen zu untersuchen. Die Forscher haben zudem präzise Modelle zur Beschreibung und Vorhersage des Zeit-, Strom- und Energieverbrauchs elementarer Rechenoperationen entwickelt.

Im Rahmen des Projekts diente das Wettervorhersage-Modell COSMO-ART als Beispiel für eine rechenintensive Anwendung, deren Energieprofil Ineffizienzen aufweist. Mit Hilfe des entwickelten Modells zur Messung von Energie und Leistung konnte Exa2Green den Energiebedarf und das Leistungsprofil von COSMO-ART auf verschiedenen HPC-Plattformen untersuchen. Dies ermöglichte es, energie-ineffiziente Komponenten zu identifizieren. Die im Rahmen des Projekts erworbene Expertise wurde dann dazu genutzt, energiebewusste Anwendungen zu entwickeln und damit einige der energie-intensiven Komponenten zu ersetzen. Unter anderem wurde ein Mechanismus eingeführt, der den

Stromverbrauch während der Leerlaufzeiten, wie sie typischerweise bei parallelen Prozessabläufen auftreten, reduziert, was wiederum zu erheblichen Energieeinsparungen führte. Langfristig kann die im Projekt erfolgte Arbeit zu energieeffizienteren Umsetzungen von Wettervorhersage-Modellen wie COSMO-ART beitragen. Dies wird Wettervorhersagen mit einer höheren Auflösung über längere Zeiträume ermöglichen, bei gleichzeitig niedrigeren Kosten für die Umwelt.

Nach drei Jahren gemeinsamer Arbeit können die Forscher beeindruckende Ergebnisse vorweisen. Das Exa2Green-Projektteam ist zuversichtlich, dass die Arbeit nicht nur den Weg in Richtung des zukünftigen Exascalerechnens ebnet, sondern auch einen wertvollen Beitrag zu einer energiebewussten Nutzung heutiger Computer leistet: „Neue energiebewusste Algorithmen ermöglichen es, dieselben Probleme bei geringerem Energie-Verbrauch zu lösen. Darüber hinaus ist diese Arbeit wichtig, um eine neue ganzheitliche Sicht für energiebewusste Rechensysteme zu entwickeln, was deutliche Verbesserungen in Hard- und Softwaredesign umfasst“, betont Professor Heuveline.

Exa2Green wurde für drei Jahre im Rahmen des 7. Forschungsrahmenprogramms als Teil der proaktiven FET-Initiative „Minimising Energy Consumption of Computing to the Limit“ von der EU kofinanziert. Der Bereich neue und künftige Technologien (FET – Future and Emerging Technologies) zielt darauf ab, über die konventionellen Grenzen der IKT hinaus zu gehen und wagt sich in unerforschte Gebiete vor, häufig inspiriert von und in enger Zusammenarbeit mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen.

Das interdisziplinäre Projektkonsortium besteht aus Partnern aus den Bereichen HPC, Informatik, Mathematik, Physik und Ingenieurwissenschaften. Die Partner tragen mit ihren spezifischen Kompetenzen in der Zusammenarbeit dazu bei, die Forschungsfragen zu lösen. Projektpartner sind die Universität Heidelberg (Projektkoordinator, Deutschland), ETH Zürich / CSCS (Schweiz), HPCA – Universität Jaume I de Castellón (Spanien), IBM Research Zurich (Schweiz), KIT – Institut für Meteorologie und Klimaforschung (Deutschland), das Steinbeis-Europa-Zentrum (Deutschland) und die Universität Hamburg.

Weitere Informationen finden Sie auf:

<http://exa2green-project.eu>

#### Projektkoordinator:

Prof. Dr. Vincent Heuveline  
Universität Heidelberg  
Engineering Mathematics and Computing Lab (EMCL)  
Interdisciplinary Center for Scientific Computing (IWR)  
Telefon: +49 6221 548804  
E-Mail: vincent.heuveline [ at ] iwr.uni-heidelberg.de

**Projektstart:** 01.11.2012

**Projektende:** 31.10.2015

**Dauer:** 36 Monate

