

Sozio-ökonomische Herausforderung des Grid-Computing

C. Orwat, ITAS; C. Holtmann, Universität Karlsruhe, Institut für Informationswirtschaft und -management

Einleitung: Grid-Computing und e-Science

In vielen Fachdisziplinen beruht heute die Erkenntnisgewinnung und -verbreitung auf der digitalen Datenerfassung, Systemmodellierung und Datenauswertung. Diese Tätigkeiten erfolgen oft in multidisziplinären Kooperationsformen, die elektronische Netzwerke benutzen. Grid-Computing bildet dabei in immer größerem Umfang die elektronische Netzinfrastruktur und die konzeptionelle Grundlage der Organisationsform von Forschung und Entwicklung sowohl in der öffentlich-geförderten Wissenschaft als auch in der privaten F&E [z.B. 1, 2]. Oft haben die zu verarbeitenden Datenmengen ein bisher nicht gekanntes Ausmaß erreicht, das die Verarbeitungskapazitäten einzelner Organisationen überschreitet. Dazu ermöglichen Anwendungen des Grid-Computing unter anderem, dass die bei verschiedenen Organisationen vorhandenen Ressourcen, wie z.B. Rechnerleistung, in koordinierter Weise gemeinsam und in flexiblen Kombinationen integrativ genutzt und ausgetauscht werden können (bzw. Zugriff gewährt wird). Neben der Rechnerleistung handelt es sich bei den computer-basierten Ressourcen auch um Speicherplatz, wissenschaftliche Instrumente, Datenbestände, Modelle, Software oder Informationen [3].

Grids bilden die Basis-Infrastruktur für die Umsetzung der so genannten e-Science („digitally enhanced science“). Der Begriff „e-Science“ bezieht sich auf neue

wissenschaftliche Arbeitsweisen in globalen Kooperationen und auf die Realisierung der dazu dienenden fortschrittlichen technischen Infrastruktur [4, 5]. Neben den vielfältigen Förderungen zur Cyberinfrastructure (USA), Grid-Computing (EU) oder e-Science (UK) wurde auch jüngst in Deutschland das e-Science Programm ausgerufen. Die D-Grid Initiative, an der das Forschungszentrum Karlsruhe beteiligt ist [6], hat das deutsche e-Science Programm vorbereitet, das ab 2005 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird [7]. Das Programm hat sich zum Ziel gesetzt, Voraussetzungen der e-Science zu schaffen, d.h. eine Grid-Computing Infrastruktur aufzubauen, und sie in Pilot-Projekten zu realisieren. Das Programm zielt auf eine Arbeitsweise in der Wissenschaft, die durch gemeinsame, kooperative Entwicklung, gegenseitigen Öffnung und Nutzung der Ressourcen gekennzeichnet ist [7].

Herausforderungen des Grid-Computings

Der Vorteil des Grid-Computing (etwa gegenüber einzelnen Höchstleistungsrechnern) beruht auf der effizienteren Ausschöpfung der dezentral vorliegenden computer-basierten Ressourcen. Aus Nutzersicht sollen weltweit verstreute Ressourcen zugänglich werden, die in idealer Weise rasch und flexibel zur Verfügung stehen und zu neuen Leistungsbündeln integriert werden können. Die Besonderheit des Grid-Computing besteht unter anderem darin, dass die Res-

sourcen von unterschiedlichen Organisationen stammen und von ihnen administriert werden können. Mit technischen Mitteln, insbesondere durch Middleware, wird versucht, heterogene Ressourcen zu integrieren, so dass die Heterogenität und die unterschiedlichen Ursprünge an der Nutzerschnittstelle nicht mehr wahrnehmbar sein sollen.

Um diese Vision der Ressourcenintegration zu realisieren, sind neben den technischen aber auch eine Vielzahl sozio-ökonomischer bzw. juristischer Herausforderungen zu begegnen. Solche im Folgenden skizzierten Fragen sind politisch zu bewerten und zu beantworten sowie gesetzlich oder zumindest vertraglich zu regeln. Aus sozio-ökonomischer Perspektive geht es hierbei um die Anpassung oder Entwicklung geeigneter Institutionen.

Institutionelle Herausforderungen

Im vorliegenden Kontext werden Institutionen als formale und informelle Regeln und Normen zur Lenkung individuellen Verhaltens verstanden, einschließlich der Vorkehrungen zu ihrer Durchsetzung. Da sie strukturgebend und handlungskanalierend wirken, reduzieren sie die Unsicherheiten in Handlungen und Interaktionen von Individuen [z.B. 8, 9]. Die Ergebnisse des eigenen Handelns oder des Handelns in Austauschprozessen mit anderen Individuen werden besser vorhersehbar und planbar, wodurch Friktionen und Koordinationsaufwand vermindert und mehr Anreize zum Austausch gegeben werden. Bei-

spielsweise ist anzunehmen, dass mehr Ressourcen in Austauschprozesse eingebracht werden, wenn Regeln genau definieren, was man für die Bereitstellung erhält und diese Entlohnung ausreichend ist.

Beim Aufbau von Grid Infrastrukturen sind grundlegend Regeln des netzbasierten Austauschs für die oben genannten Ressourcen zu entwickeln und zu etablieren bzw. fortzuentwickeln. Es muss definiert werden, wer wann zu welchen Konditionen auf welche Ressourcen zugreifen darf. Die Institutionengestaltung des Grid-Computings bezieht sich dabei unter anderem auf Finanzierung, Zugang und Ressourcenallokation, Bewertung und Kompensation der Ressourcennutzung, Anreize zur Bereitstellung, Interoperabilität und Ressourcenbeschreibung, Sicherung der Qualität, oder die Wahrung intellektueller Eigentumsrechte.

Beispielsweise ergeben sich hinsichtlich der Zugangsfragen zu Grid-Computing Infrastrukturen und grid-basierten Ressourcen politische und juristische Fragestellungen, die aus der föderalen Förderungsstruktur sowie der Mittelbindung an Forschungsorganisationen rühren. Ebenso sind Organisationsformen (Gremien) der Erteilung von Zugang an neue Dimensionen der e-Science anzupassen oder neu zu gestalten.

Bezüglich der Motivation zur Verfügungsstellung von Ressourcen ist es beispielsweise noch offen, inwieweit und unter welchen Bedingungen Wissenschaftler motiviert werden können, wissen-

schaftliche Datensätze in gemeinsame grid-basierte Datenbanken einzuspeisen. Aus der Gesamtsicht der Wissenschaft wäre eine derartige Ressourcenteilung angesichts begrenzter finanzieller Mittel in bestimmten Situationen sinnvoll, allerdings sind auf individueller Ebene Motivationsfragen noch weitgehend ungeklärt [10]. Es ist z.B. abzusehen, dass sich die Situation für verschiedene Wissenschaftsbereiche dahin gehend unterscheidet, ob ihre Ergebnisse eher in Patenten oder Publikationen verwertet werden. In allen Fällen sind Institutionen, die geeignete Anreize stiften, anzupassen oder einzurichten.

Hinsichtlich der Kompensation für Ressourcennutzungen, insbesondere zwischen verschiedenen Organisationen, sind zunächst Fragen der Bewertung der Ressourcen und ihrer Nutzung zu lösen, die aus ökonomischer Perspektive insbesondere für Daten und diverse Arten von Information noch nicht vollständig geklärt sind. Zudem sind geeignete Geschäftsmodelle und Formen der Verrechnung mit oder ohne Geldeinheiten zu entwickeln. Dabei bietet sich etwa der Gebrauch von Geldeinheiten insbesondere dann an, wenn Geldeinheiten bereits die Basis der Kalkulation des Ressourcenanbieters bilden. Geldeinheiten bedürfen keiner (schwierigen) Umrechnungen mehr und senken dadurch die Koordinationsaufwendungen des organisations-übergreifenden Ressourcenaustausches.

Insgesamt kann erwartet werden, dass derartige institutionelle Fragestellungen noch schwieriger zu

beantwortet sind, wenn es nicht nur um den grid-basierten Austausch von Rechnerleistung, sondern wenn es – wie anvisiert – um Datensätze, Modelle, verschiedene Informationsarten oder sogar Expertise geht.

Institutionelle Vorkehrungen der e-Science lassen sich teilweise in Software codieren, wie z.B. bei Zugangsregelungen. Zum einen muss dabei sichergestellt werden, dass die durch Software-Codierung faktisch entstehenden Regelungen, den Gegebenheiten und Erwartungen entsprechen, die aus herkömmlichem Recht, Normen und Gewohnheiten im Wissenschaftssystem resultieren. Das Verhältnis zwischen der Entwicklung und Etablierung von institutionellen Vorkehrungen in legitimierten politischen Entscheidungs- und Beteiligungsprozessen einerseits und der Softwareentwicklung und -implementierung andererseits bedarf Aufmerksamkeit und Klärung. Zum anderen kann erwartet werden, dass die Codierung in Software unvollständig alle institutionellen Fragestellungen abbildet, da z.B. Ausnahmen berücksichtigt werden müssen oder da eine Softwarecodierung zu komplex würde.

Fazit

Wissenschaftliche Aktivitäten sind immer soziale Prozesse, auch wenn sie in elektronischen Umgebungen stattfinden. Institutionelle und organisatorische Vorkehrungen, die diese sozialen Prozesse lenken, sind auf die neuen e-Science Infrastrukturen anzupassen oder die Infrastruk-

turtechniken kommen den institutionellen und organisatorischen Anforderungen des Wissenschaftssystems nach. Es kann allerdings erwartet werden, dass ohne die grundlegende Beantwortung derartiger Fragestellungen nicht die angestrebte breite Nutzung der Potentiale des Grid-Computing realisiert wird.

Derartige „people-centric“ Herausforderungen, die vor allem mit interdisziplinären wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen An-

sätzen angegangen werden können, werden auch von der Fachdisziplin des Grid-Computing selbst erkannt [1, 10, 11, 12]. So fordern etwa Foster et al. [13]: „The social, economic, and political aspects of Grids are going to become increasingly important. ... The large number of users, cultures, and usage modalities will demand not only new policy specification, monitoring, and enforcement mechanisms but also an improved understanding of the social and economic issues

that influence stability and productivity. Social scientists also have much to contribute to our understanding of issues of trust and usability.“

Literatur

- [1] K. Baxevanidis, H. Davies, I. Foster, F. Gagliardi, *Grids and research networks as drivers and enablers of future Internet architectures*, *Computer Networks* 40(1), 2002, 5-17
- [2] W.E. Johnston, *Computational and data Grids in large-scale science and engineering*, *Future Generation Computer Systems* 18(8), 2002, 1085-1100
- [3] I. Foster, C. Kesselman, *The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure, 2nd Edition*, Morgan Kaufmann 2003
- [4] J. Taylor *e-Science definition:* <http://www.e-science.clrc.ac.uk>
- [5] M. Kunze, H. Marten, *Grid-Computing und e-Science*, *Nachrichten – Forschungszentrum Karlsruhe* 34(4), 2002, 280-283
- [6] *D-Grid Initiative:* <http://www.d-grid.de>
- [7] *D-Grid Initiative, e-Science in Deutschland: F&E Rahmenprogramm 2005 bis 2009*, 6.7.2004: <http://www.d-grid.de>
- [8] C. North, *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press 1990
- [9] O.E. Williamson, *The Economic Institution of Capitalism*, The Free Press 1985
- [10] T. Hey, A.E. Trefethen, *The UK e-Science Core Programme and the Grid*, *Future Generation Computer Systems* 18(8), 2002, 1017-1031
- [11] D.E. Atkins, K.K. Droegemeier, S.I. Feldman, H. Garcia-Molina, M.L. Klein, D.G. Messerschmitt, P. Messina, J.P. Ostriker, M.H. Wright, *Revolutionizing Science and Engineering Through Cyberinfrastructure. Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cyberinfrastructure, 2003*, <http://www.cise.nsf.gov/sci/reports/atkins.pdf>
- [12] D. De Roure, J.A. Hendler, *E-Science: The Grid and the Semantic Web*, *IEEE Intelligent Systems* 19(1), 2004, 65-71
- [13] I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke, *The Anatomy of the Grid, Enabling Scalable Virtual Organizations*, *International Journal of High Performance Computing Applications* 15(3), 2001, 200-222, 62