



BERUFSAKADEMIE | M A N N H E I M
university of cooperative education | staatliche studienakademie

Innovative Architekturen

Go Grid!
Faszination Grid Computing
und aktuelle EU-Projekte

von

Christian Hasselbach
Thijs Metsch



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Inhaltsverzeichnis

1	Grid Computing	2
2	Abtrennung vom Grid zum Web und Clustern	3
3	Nutzen von Grid Computing	3
4	Aufbau von Grids	3
5	Vorgänger	4
5.1	Verteiltes Rechnen und Distributed Computing	4
5.2	Cluster Computing	5
5.3	Peer-to-Peer Computing	5
5.4	Internet-Computing	5
6	Standards	6
6.1	Open Grid Service Architecture	6
7	Grid Middleware	6
7.1	Globus Toolkit	6
7.2	Unicore	7
8	EU-Projekte	7
9	Projekte	8
9.1	NEXTGRID	9
9.2	D-GRID	9
9.3	CERN - LHC	9
9.4	DataMiningGrid	10
9.5	Provenance	10
10	Fazit	12

Einleitung

In der modernen Informatik, sind immer neue innovative Architekturen entwickelt worden. Einige haben sich dabei als so ertragreich gezeigt, das sie heute feste Standards bilden. Eine neue Architektur, die diesen Weg noch gehen will, ist Grid Computing, welche möglicherweise eines Tages das Internet, so wie wir es kennen, ablösen wird.

Ziel dieser Arbeit ist es zunächst einen Überblick zu vermitteln, was Grid Computing ist und es sollen aktuelle EU-Projekte vorgestellt werden. Da die EU sehr stark die Entwicklung des Grids fördert.

In diesem Bericht wird deshalb zunächst Grid Computing erläutert und die Abgrenzung zum Web und Clustern aufgezeigt. In diesem Zusammenhang, werden auch kurz andere innovative Architekturen vorgestellt, deren neue Ideen und Konzepte in das Grid einfließen. Anschließend wird ein Überblick über die aktuelle Grid Middleware gegeben. Im zweiten Teil wird allgemein das starke EU Förderungsprogramm beleuchtet und einige Projekte genauer erläutert.

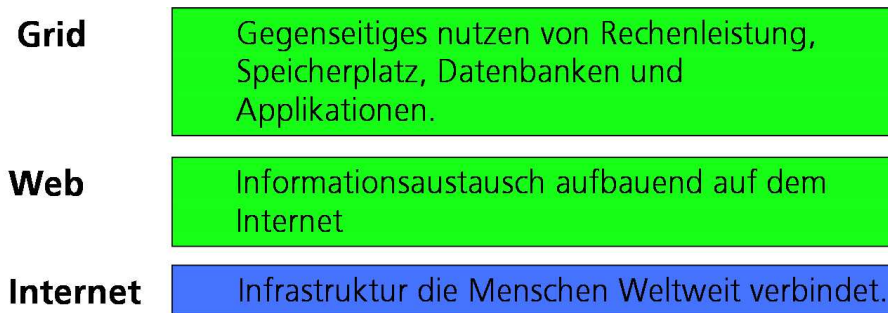


Abbildung 1: Entwicklungsstufen des Internets.

1 Grid Computing

Unter einem Grid versteht man den Zusammenschluss verschiedenster Ressourcen zu einem großen und über eine einfache Schnittstelle ansprechbarem System. Eine Ressource ist ein Element eines Rechners der im Grid eingebunden wird. Dieses Element kann ein Datenspeicher oder Prozessorleistung sein. Im Grid werden diese Ressourcen in einer virtuellen Organisation eingebunden, welche diese verwaltet. Nun ist es möglich mit Hilfe der Schnittstelle festzustellen, welche Ressourcen vorhanden oder gerade frei sind, um diese dann gezielt anzusprechen. Dabei ist die geographische Position der Ressource nicht mehr von Interesse. Ein Grid hat somit folgende charakteristische Eigenschaften - Ein Grid

- koordiniert die verschiedenen Ressourcen und ordnet sie virtuellen Organisationen zu,
- nutzt offene und standardisierte Schnittstellen und Protokolle, um die Entwicklung und Nutzung des Grids zu vereinfachen und
- stellt nicht-triviale Quality-of-Service-Funktionalitäten bereit.

Ein Grid erlaubt es, seine Ressourcen in einer koordinierten Weise abzufragen und einzusetzen. Zum Beispiel können Durchsatz und Auslastung der Ressourcen so jederzeit abgefragt und berücksichtigt werden.

Ian Foster und Carl Kesselmann definierten in ihrem Buch "The Grid - Blueprint for a new Computing Infrastructure" ein Grid wie folgt: "Ein Computational Grid ist eine Hardware und Software Infrastruktur die eine verlässliche, konsistente und kostengünstige Schnittstelle zu HighEnd Computer Ressourcen herstellt." [1]

Ein Grid kann man in Analogie zu einem Stromnetz sehen. Ein Stromnetz verbindet auch verschiedene Ressourcen (Atomkraftwerke, Wasserkraftwerke) in virtuelle Organisationen (RWE, EON, Stadtwerke) und stellt diese dem Nutzer über standardisierte Schnittstellen (Steckdose) und Protokolle (230Volt - 50/60Hz) bereit.

2 Abtrennung vom Grid zum Web und Clustern

Die Basis für das Web und für das Grid ist jeweils das Internet. Wie Abbildung 1 zeigt, verbindet das Internet Menschen untereinander. Die nächste Stufe ist das Web. Es stellt Information für alle Benutzer des Internets bereit.

Der nächste Schritt ist das Grid. Es stellt dem Benutzer Computer-Ressourcen, Daten und Applikationen zur Verfügung. So braucht der Benutzer nicht mehr lokal Applikationen zu installieren. Ebenso kann man so das Lizenz-Problem lösen. Lizenzen stehen im Grid bereit und können verwendet werden. Abgerechnet wird natürlich nur für die Zeit in der man die Lizenz braucht.

Hier ist auch der Unterschied zu einem Cluster. Ein Cluster stellt nur Rechenressourcen zur Verfügung. Während ein Grid auch Daten und Applikationen bereitstellt.

3 Nutzen von Grid Computing

Gerade für die Wissenschaft wird Grid Computing vom großen Interesse sein. Einige Projekte aus der Forschung benötigen das Grid, um überhaupt ihre Probleme lösen zu können, dies sind vor allem die Medizin bei der Entwicklung von neuen Medikamenten oder die Bioinformatik bei der Entschlüsselung von DNS. Das Grid ist der nächste logische Schritt nach dem Web. Es bildet die Zukunft für das Internet. Benutzer können sich einfach im Grid anmelden und darin Rechenleistung, ihre Daten und Applikationen nutzen. Auch das Mobile-Computing kann vom Grid Computing profitieren. Gerade die kleinen Devices, wie Handhelds oder Mobile-Phones könnten sich im Grid anmelden. So ist der Benutzer endlich unabhängig von seinem Standort und hat Zugriff auf das Grid (und damit auf Daten, Rechenleistung und Applikationen).

Zukünftig wird auch im Bereich von Spielen das Grid eine wichtige Rolle spielen. Schon jetzt werden Grids aufgebaut die es erlauben bei Game-Servern die Nutzer, ohne das sie es merken, auf einen anderen Server zu transferieren.

4 Aufbau von Grids

Man kann Grids nach folgende Kategorien einordnen:

- Nach Typ

Computational Grids Grids die dem Benutzer reine Rechenleistung zur Verfügung stellen.

Scavenging Grids Grids welche ungenutzte Rechenressourcen zusammenschließen um diese dann nutzen zu können.

Data Grids Grids welche rein für die Datenspeicherung vorhanden sind.

- Nach Größe siehe Abbildung 2

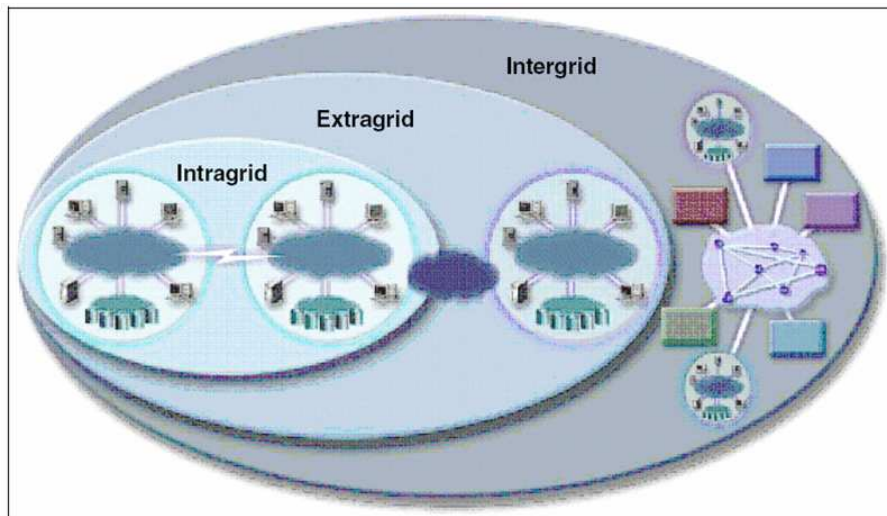


Abbildung 2: Typen von Grids.

Intragrid sind Grids welche innerhalb einer Firma aufgebaut sind.

ExtraGrid sind solche Grids, die aus dem Zusammenschluss von mehreren Intragrids bestehen.

Intergrid wird das Globale Grid sein.

5 Vorgänger

Das Grid ist momentan noch in der Entwicklung, deshalb ist es schwer abzuschätzen wie es sich in der Zukunft entwickelt. Die Stärken und angestrebten Ziele sind zwar definiert, es ist allerdings noch unklar ob diese sich so umsetzen lassen. Ein kleiner Ausblick auf die zukünftige Entwicklung ist durch die moderne Computer-Evolution möglich, dessen Ideen das Grid in sich vereinen wird.

5.1 Verteiltes Rechnen und Distributed Computing

Verteiltes Rechnen wird heutzutage überall dort angewand, wo die normale Rechenleistung eines Rechners nicht mehr ausreicht, um ein Problem in einer angemessenen Zeit zu erfüllen. Beispiele für solche Probleme sind das aufwendige berechnen von Crashtests, Kalulationen für die Wettervorhersage oder etwaige Simulationen. Das Rechenleistungsproblem wird über die verteilte Simulation wie folgt gelöst. Es werden mehrere Computerressourcen, wie Rechenleistung und Speicherplatz etc. zusammengeschlossen, die über das Netzwerk wie eine Ressource benutzt werden. Verteiltes Rechnen wird also immer dann angewand, wenn mehrere Computer ein Problem zusammen lösen. Grid-Computing ist somit im weiten Sinne nichts anderes als eine spezielle Art des verteilten Rechnens. Darüber hinaus gibt es noch viele andere, einige von diesen werden nachfolgend kurz erläutert.

5.2 Cluster Computing

Auf der Suche nach einer Möglichkeit den teuren Mainframe-Rechnern und Supercomputer parolle zu bieten, haben Donald Becker und Thomas Sterling 1994 mehrere Computer zusammen vernetzt und miteinander kommunizieren lassen. Der erste Cluster mit dem Namen Beowulf war geboren. Bei einem Cluster werden mehrere unabhängige Computer über Software und Netzwerk zu einem Verbund von Rechnern vereinigen. Mit dieser Technik ist es möglich, einen leistungsstarken Rechner mittels Low-Cost Komponenten (COTS components of the shelf) zu bauen. Neben den deutlichen Geldersparnissen, ist ein weiterer wichtiger Vorteil die Skalierbarkeit. Der Cluster kann jederzeit vergrößert werden, indem einfach neue Computer dem System zur Verfügung gestellt werden. Dabei gibt es allerdings Grenzen, durch die Kommunikation, die zwischen den Rechnern bestehen muss. Heutzutage hat sich der Cluster bzw. dessen Software jedoch so verbessert, das Systeme mit mehreren hundert Rechnern keine Seltenheit mehr sind.

5.3 Peer-to-Peer Computing

Peer-to-Peer Computing ist vor allem durch die File-Sharing-Programme wie Napster, Morpheus, E-Donkey oder Kazaa berühmt geworden. Über eine Software ist es hier möglich, sich mit einem Netzwerk von anderen Usern zu verbinden und so direkt Dateien, wie Musik, Bilder oder Filme auszutauschen. Dabei ist es nur möglich Dateien zu erhalten, die explizit als "freigegeben" eingeteilt wurden, so dass keine privaten Dateien für alle erhältlich sind. Der größte Sprung dabei war, das über diese Software, direkt Dateien oder andere Daten ohne den Weg über einen zentralen Server zugreifbar sind. Das Problem Peer-to-Peer Computing ist allerdings das hiermit leicht umgehbare Urheberrecht, welches durch das direkte Tauschverfahren leicht ausgehebelt wird.

5.4 Internet-Computing

Jeder kennt das SETI@home Projekt. Es ist das Parade-Beispiel für Internet-Computing. SETI@home ist ein virtueller "Supercomputer", der die Daten der Arecibo Radio Teleskope aus Puerto Rico, nach extraterestischer Intelligenz analysiert. Dabei wird das Internet als Kommunikationsplattform genutzt. Faktisch wurden somit bis zu 3 Millionen PCs, die über die ganze Welt verteilt waren, gleichzeitig verbunden. Dies hatte zur Folge, das umgerechnet über wenige Jahre eine Rechenkapazität von über 600.000 Jahren Rechenzeit im Vergleich zu einem normalen PC erzielt wurden. Der Erfolg des SETI@home Projekts hat viele weitere @home Anwendungen inspiriert. SETI@home ist dabei ein Bildschirmschoner, der nur dann Rechenzeit des Computers veranschlagt, wenn dieser nicht benutzt wird. Die einzelnen Rechner arbeiten dabei simultan an verschiedenen Teilen eines Problems, indem sie Teildaten über das Internet erhalten und die Ergebnisse an das zentrale System für weitere Berechnungen zurück senden. SETI@home ist dabei weiterhin ein gutes Beispiel für das "cycle scavenging" Konzept. Dieses besagt, das man sich darauf verlässt freie Rechenzeit auf Computern zu erhalten, die

man nicht beeinflussen kann. Der Benutzer könnte jederzeit das Programm unterbrechen und so die volle Rechenleistung seines Systems für sich beanspruchen. Dieses Konzept ist allerdings nicht für jede Aufgabe oder Problem verwendbar, da durch das extrem verteilte Rechnen viele Daten aufeinmal berechnet werden, muss das Grundproblem gut partitionierbar sein.

6 Standards

Das Global Grid Forum [2] (GGF) ist eine Open Community Initiative welche die Entwicklung von Grid Middleware Software Lösungen, mittels Dokumentation und Spezifikationen unterstützt. Das GGF hat die folgende Spezifikation verabschiedet. Beide Standards fließen in die Entwicklung vom Globus Toolkit ein.

6.1 Open Grid Service Architecture

Die Open Grid Service Architecture (OGSA) beschreibt wie ein Grid und dessen Infrastruktur aufgebaut sein soll. Ebenso wird das Programmiermodell für Grid Services beschrieben. Einige Kernpunkte der OGSA sind:

- Einsatz von Authentifizierungsmechanismen
- Ermittlung, Überwachung und Management von Services im Grid
- Aufbau von virtuellen Organisationen
- Management von Ressourcen
- Einsatz von Standards wie SOAP und XML

7 Grid Middleware

Als erste Grid Middleware Software Lösung setzt das Globus Toolkit (siehe 7.1), ab der Version 3.0, die OGSA um. Mit Hilfe des Globus Toolkit wurden die folgende Grid Service entwickelt.

7.1 Globus Toolkit

Das Globus Toolkit [3] in der Version 3.0 ist eines der ersten Grid-Software Lösungen, die die Standards, die vom Global Grid Forum festgelegt wurden, vollständig unterstützt. Das Globus Toolkit wird in einer Zusammenarbeit zwischen Argonne National Laboratory, University of Chicago, University of Southern California Information Sciences Institute, University of Edinburgh, Swedish Royal Institute of Technology und dem High Performance Computing Laboratory der Northern Illinois University entwickelt.

Diese Universitäten und Einrichtungen haben sich zur Globus Alliance zusammengeschlossen, um das Open Source Globus Toolkit weiterzuentwickeln. Das Globus Toolkit selber ist plattformunabhängig.

Im Sinne des Globus Toolkits gibt es Server und Clients in einem Grid. Server stellen Ressourcen bereit, während Clients diese anfordern können. Auf den Servern laufen zumeist Gatekeeper, welche eine sichere Verbindung zwischen dem Client und dem Server aufbauen. Ein Gatekeeper ist zu vergleichen mit dem inetd Daemon auf UNIX Systeme.

Aufbauend auf der Grid Security Infrastructure (GSI) gibt es drei wichtige Elemente im Globus Toolkit: Das Resource Management, Data Management und die Information Services. Das Resource Management dient dazu Ressourcen zu suchen sowie Jobs an das Grid zu senden, beziehungsweise deren Status zu erfragen. Ein Job setzt sich aus einem Programm und allen benötigten Daten und Argumenten zusammen. Die Information Services speichern alle Daten über das Grid, zumeist in einem LDAP Server¹, ab. Das Daten Management schließlich sorgt, für die Unterstützung von Daten-Transfer zwischen den Knoten. Innerhalb dieser drei Kategorien gibt es eine Anzahl von Komponenten die für das Globus Toolkit wichtig sind [4].

7.2 Unicore

Im Gegensatz zum Globus Toolkit, welches eine horizontale (und damit schichtenweise) Architektur implementiert, ist Unicore vertikal aufgebaut. Das heißt, das jede einzelne Applikation in einzelne Pakete eingebettet wird. Aus diesen einzelnen Paketen wird nun ein Kette aufgebaut. Es existieren somit keine Schichten.

8 EU-Projekte

Die Europäische Union hat dieses Jahr beschlossen, dem Forschungsfeld Grid-Computing 52 Millionen Euro zur Verfügung zu stellen. Dieses Geld geht an 12 EU Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die darauf abzielen das Grid von den Entwicklungslaboratorien in die Industrie zu bringen. Mit dem Ziel jedem Zugriff auf die enormen Rechenleistungen und dem bisherigem Wissen, welches nur den größten Unternehmen und Laboratorien zur Verfügung standen, zu gewährleisten, werden Grid Services somit für einen Anstieg im Wettbewerb und die Erschaffung neuer Märkte sorgen. Den Benutzern des Grid wird es somit weiterhin möglich sein alles zu überwachen und zu modellieren, von klimatischen Veränderungen bis hin zu Crashtestszenarien. Durch das dadurch erhaltene Verständnis, ist es möglich Maßnahmen zu ergreifen, welche die Lebensqualität noch mehr steigern kann. Weiterhin will man mit dieser Maßnahme erreichen, dass die europäische Forschung und das technologische Kapital ausgebaut wird, was zu besseren Konkurrenzfähigkeit und besseren Produkten führt. Der Großteil des Geldes geht dabei

¹LDAP steht für Lightweight Directory Access Protocol und dient als Verzeichnis Dienst. Ein Beispiel für ein Verzeichnis Dienst ist das Telefon Buch. Hier werden Namen Nummer zugeordnet und können dementsprechend sortiert und abgefragt werden.

an vier Projekte die jeder ungefähr 9 Millionen Euro erhalten. Zusammen mit den acht kleineren Projekten bringt dies dutzende von Universitäten, Forschungseinrichtungen, sowie große und kleine Unternehmen zusammen, die über ganz Europa verteilt sind. Die Projekte werden finanziert durch die Information Society Technologies (IST), als Teil des sechsten EU Research Framework Programme (FP6). [5]

9 Projekte

Derzeit existieren mehr als ein dutzend Projekte in der EU, die sich mit dem Thema Grid-Computing auseinander setzen. Die bekanntesten hierbei sind, die folgenden:

- Akogrimo
- CERN
- CoreGRID
- DataMiningGrid
- D-GRID
- GridCoord
- HPC4U
- inteliGrid
- K-WF Grid
- NextGRID
- OntoGrid
- Provenance
- SIMDAT
- UniGridS

Nachfolgend werden von dieser großen Auswahl zunächst ein von der EU in dem sechsten EU Research Framework Programme besonders geförderten vorgestellt. Bei diesem Projekt handelt es sich um NEXTGRID. Anschließend wird das deutsche Projekt D-GRID vorgestellt und abschließend die drei interessanten Projekte CERN, DataMiningGrid und Provenance.

9.1 NEXTGRID

Das NEXTGRID Projekt wird mit 11 Millionen Euro von der EU finanziert. Das Projekt strebt an, eine neue Grid Architektur zu liefern, welche zugeschnitten auf Wirtschafts- und Industriebedürfnisse ist. Ziel ist es diese neue Architektur bis 2010 fertig zu haben. NEXTGRID ist dabei Teil einer großen Initiative die sicherstellen will, das Europa ein Vorreiter bei dieser so lebendigen und entscheidenden neuen Technologie bleibt. Partner auf diesem Weg sind unter anderem Intel, Fujitsu Siemens, NEC, Microsoft, SAP, T-Systems, HP Invent Europe und das Forschungszentrum Jülich. Viele dieser Firmen und Einrichtungen haben dabei schon gemeinsam an dem UNICORE Projekt gearbeitet, dessen Resultat die UNICORE Software ist.

9.2 D-GRID

D-GRID ist eine Initiative zur Förderung eines grid-basierten e-Science-Frameworks in Deutschland, durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Das D-GRID hat sich vier Ziele gesetzt. Zunächst will man mit dem Projekt Anwender in der Wissenschaft überzeugen, und zwar durch die Schaffung sogenannter Community Grids und indem man die Standardisierung begleitet. Weiterhin will man Dienste und Informationen zur Verfügung stellen, um die Fortentwicklung der wissenschaftlichen Dienste zu gewährleisten, was derzeit beispielsweise durch Rechenzentren oder Bibliotheken vollzogen wird. Das dritte Ziel ist es einen kontinuierlichen Prozess zu verwirklichen, indem ein schrittweises Vorgehen immer ausgehend von der aktuellen Kompetenz des Nutzers und über Reviews und Calls die internationale Vernetzung vorangetrieben wird. Als letztes Ziel steht die Nutzung der wirtschaftlichen Perspektiven im Fordergrund. Dieses will man vor allem durch die Einbeziehung der Wirtschaft und Industrie in die Projekte erreichen. Somit hat das BMBF ein Projekt ins Leben gerufen, dass die Schaffung eines e-Science Kompetenznetzwerkes, durch Forschung auf dem Gebiet der Gridsoftware, die Schaffung einer Basisinfrastruktur sowie die Etablierung von e-Science-Pilotprojekten erreichen will. Für diese Forschung beziehungsweise dieses Projekt wurden bereits 22 Millionen Euro vom BMBF bereitgestellt. [6]

9.3 CERN - LHC

Cern steht für Centre Européen pour la Recherche Nucléaire. Es ist ein in der Nähe von Genf (Schweiz) angesiedeltes Kernforschungslabor, welches über mehrere Teilchenbeschleuniger verfügt. Im Rahmen dieser Kernforschung sollen Protonen aufeinander geschossen werden. Von der Ergebnissen erhofft man sich neue Erkenntnisse über die Materie. Weiterhin soll nach schweren supersymmetrischen Teilchen, dem umstrittenen Higgs-Boson und dem Quark-Gluon-Plasma gesucht werden. Derzeit ist man am CERN u.a. intensiv an der Entwicklung des World Wide Grid beschäftigt. Dieses wird benötigt, um die ungeheuren Datenmengen die ab 2007 anfallen, wenn der neue Ringbeschleuniger seine Messungen auf-

nimmt, zu bewältigen. Bei einem Aufprall zweier Protonen werden circa 40 Millionen Ereignisse pro Sekunde entstehen, von denen allerdings nur hundert interessant sind. Um diese Filterung vorzunehmen wird die Idee des Grid immer weiter voran getrieben. Weiterhin soll somit die enorme Anzahl an Daten, die auch mit der gefilterten Menge entstehen, bewältigt werden. Bei einer brauchbaren Datenmenge von etwa 0,1 Gigabyte pro Sekunde würden theoretisch pro Jahr immer noch 10 Petabytes an Daten anfallen. [7]

9.4 DataMiningGrid

Die zukünftige Umgebungen, die in der Lage sind komplexe Probleme zu lösen sind dadurch geprägt, das eine steigende Zahl von digitalen Daten und ein anwachsendes Bedürfnis nach koordinierter Ressourcenteilung, auch über geographisch weitentfernte Standorte hinweg, existiert. Die nächste Generation der Grid Technologie verspricht die nötige Infrastruktur für das nahtlose verteilen von Computerressourcen für komplexe Problemlösungsumgebungen. Themenbezogene, gezielte Datensuche ist somit eines der wichtigsten Informationstechnologien, um den Prozess der Analyse und Interpretation von Daten in der modernen Wissensgesellschaft und -industrie sowie dem High-Tech-Sektor (Forschung und Engineering) zu automatisieren. Momentan existiert kein kohärentes Framework für die Entwicklung und Betreuung solcher DataMining-Applikationen für das Grid. Das DataMiningGrid Projekt will diese Lücke schließen, indem generische und reichsunabhängige DataMining-Tools und Services geschaffen werden. Durch die große Relevanz über viele Sektoren hinweg, hat das DataMiningGrid Projekt das Potential, das Teilen und Nutzen von Informationen in ganz Europa zu verbessern. Partner in diesem bestreben sind unter anderem das Fraunhofer Institut, die DaimlerChrysler AG und das Israel Institute of Technology (TECHNION). [8]

9.5 Provenance

Heutige Grid-Architekturen leiden darunter, dass es keine Möglichkeiten und Infrastrukturen gibt, Ergebniserstellung in geeigneter Weise zurückzuverfolgen und somit verlässliche Netzwerke aufzubauen. Provenance erlaubt es Nutzern nachzuvollziehen, auf welche Art und Weise ein spezielles Ergebnis erzeugt wurde indem geeignet mitprotokolliert wird, welche Services in welcher Reihenfolge zur Erzeugung genutzt wurden. Das Gesamtziel des Provenance-Projekts ist das Design, die Konzeption und die Implementierung einer industriell verwendbaren offenen Provenance-Architektur für Grid-Systeme und dessen Evaluierung anhand komplexer Grid-Anwendungen, hier im speziellen aus dem Bereich Aerospace Engineering und dem Management von Organ-Transplantationen. Dazu gehören eine skalierbare und sichere Architektur, ein Vorschlag zur Standardisierung der Protokolle und Datenstrukturen, Tools zur Konfiguration und Benutzung der Provenance-Architektur, eine Open-Source Referenzimplementierung und die Installation und Validierung in einem industriellen Umfeld. Die Bedeutung dieses

Projekts liegt in der Bereitstellung von Mechanismen die es einem erlauben, in Grids erzeugten und verwalteten Informationen zu verifizieren und zu trauen. Das bedeutet, dass die Historie der Informationen inklusive der Prozesse, die sie erzeugt haben, in einer Form dokumentiert wird, die eine Überprüfung und Validierung durch berechnete Benutzer zulässt. Dieses ebenfalls von der EU geförderte Projekt wird beispielsweise vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., IBM United Kingdom sowie den Universitäten Southampton und Cardiff (Wales) unterstützt. [9]

10 Fazit

Grid Computing ist der nächste logische Schritt nach dem Web. Sie bildet die Zukunft für das Internet. Jedoch steht man noch am Anfang einer Revolution. Noch kann Know-How direkt in Geld umgesetzt werden. Im Moment sind so manche Ressourcen ungenutzt. Die Problematik liegt in die fehlende Software und Menschen die diese einsetzen können. Auch die große Trennung von der Politik und die technische Seite steht dem Durchbruch im Weg. Die Techniker entwickeln immer weiter neue Software Lösungen während die Politiker sich noch nicht einig sind wie man das Grid realisieren soll.

Literatur

- [1] The Grid - Blueprint for a New Computing Infrastructure, Ian Foster und Carl Kesselmann, Morgan Kaufmann , 1998
- [2] Global Grid Forum Homepage. <http://www.ggf.org/>
- [3] The Globus Alliance. <http://www.globus.org>
- [4] IBM Redbook, Introduction to Grid Computing with Globus, September 2003
- [5] Publictechnology Homepage. <http://www.publictechnology.net/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=1715>
- [6] D-Grid Initiative. <http://www.d-grid.de/>
- [7] Wikipedia - CERN. <http://de.wikipedia.org/wiki/CERN>
- [8] DataMiningGrid. <http://www.datamininggrid.org/home.htm>
- [9] SISTEC / DLR Provenance <http://www.dlr.de/sc/projekte/PROVENANCE/>

Abbildungsverzeichnis

1	Entwicklungsstufen des Internets.	2
2	Typen von Grids.	4