

Nachhaltigkeitskonzepte für Grid Computing in der Medizin und den Life Sciences

Sustainability for Grid Computing in Medicine and Life Sciences

Stefan SCHOLZ^a, Alexander DOBREV^b, Sebastian C. SEMLER^a und
Michael H. BREITNER^c

^a*Telematikplattform für medizinische Forschungsnetze e.V.*
stefan.scholz@tmf-ev.de

^b*empirica Communication and Technology Research*

^c*Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Hannover*

Zusammenfassung. Die medizinische Forschung steht verstärkt vor der Herausforderung organisationsübergreifender Zusammenarbeit und zunehmender digitaler verteilter Datenmengen. Grid Computing ermöglicht den gezielten Zugriff auf verteilte Daten, unterstützt deren effiziente Weiterverarbeitung über geographische Grenzen hinweg und stellt unterstützende medizinische Software-Anwendungen bereit. Dank der Vielzahl öffentlich geförderter Projekte sind Grid-Infrastrukturen in der (Bio-)Medizin technologisch weitgehend ausgereift, dringend notwendige Nachhaltigkeitskonzepte fehlen jedoch. Im Rahmen des BMBF-Projektes MediGRID wurden erstmalig Nachhaltigkeitsfragen für Grid Computing in der (Bio-)Medizin umfassend in einer Marktstudie und einer internationalen Expertenbefragung untersucht. In den hier vorgestellten Ergebnissen der Untersuchungen werden ein Referenzgeschäftsmodell als Analyserahmen vorgestellt und marktconforme Anwendungsfelder, Rahmenbedingungen und Kritische Erfolgsfaktoren identifiziert und bewertet.

Abstract. The amount of digitalized data and the number of collaborations in medical research communities has increased. Grid computing tackles the requirements of large distributed data repositories by sharing and coordinating distributed resources dynamically and by providing corresponding medical software applications. Several publicly funded grid projects have passed the first hurdles and are becoming technologically stable. However, clear frameworks for economic sustainability are still demanded. Such sustainability concepts suitable for grid computing have been researched within the German MediGRID project through conducting a thorough market study and an international expert survey. The results of these analyses, based on a business model reference framework, give an insight in marketable application areas, surrounding conditions and critical success factors.

Schlagwörter. Grid Computing, Cloud Computing, Gesundheitswirtschaft, Medizin, Biomedizin, Marktstudie, Geschäftsmodell, MediGRID, D-Grid, TMF

Keywords. grid computing, cloud computing, health care, biomedicine, market study, business model, MediGRID, D-Grid, TMF

Einleitung

Die medizinische Forschung und Versorgung stehen verstärkt vor der Herausforderung organisationsübergreifender Zusammenarbeit sowie zunehmender und verteilter digitaler Daten. Grid Computing ermöglicht den gezielten Zugriff auf diese verteilten Datenbestände und unterstützt deren effiziente Weiterverarbeitung über geographische Grenzen hinweg. In technologischer Hinsicht ist Grid Computing eine vernetzte Infrastruktur zur gemeinsamen Nutzung örtlich verteilter, dynamischer und koordinierter IT-Ressourcen mit standardisierten Schnittstellen [1]. Die Interoperabilität der heterogenen Ressourcen wird regelmäßig über ein auf der Open Grid Service Architecture (OGSA) basierendes Schichtenmodell sichergestellt [2]. Häufig werden Grid-Computing-Infrastrukturen durch unterschiedliche Partner innerhalb einer Virtuellen Organisation in Form eines Partnergrids betrieben und ermöglichen damit die gemeinsame effiziente und kostengünstige Nutzung von IT-Ressourcen innerhalb des organisatorischen Netzwerks.

Die möglichen Anwendungsszenarien für Grid Computing im Gesundheitswesen sind vielfältig. Grid-Computing-Anwendungen unterstützen die medizinische Forschung bei genetischen Analysen und der Auswertung klinischer Studien. In der medizinischen Versorgung bietet Grid Computing Lösungen zur umfänglichen Vernetzung von Bild- und Patientendaten sowie zur Diagnoseunterstützung. In jüngster Vergangenheit stand der Einsatz von Grid-Computing-Technologien im Zusammenhang mit der Entwicklungsunterstützung für antivirale Medikamente im Zentrum der internationalen Diskussion [3].

Dank einer Vielzahl öffentlich geförderter Projekte sind Grid-Computing-Infrastrukturen in der Medizin und den Life Sciences („Healthgrids“) technologisch weitgehend ausgereift, dringend notwendige nachhaltige Zukunftskonzepte fehlen jedoch [4]. Die Aktivitäten der Mehrzahl der geförderten Initiativen sind auf die Förderphase beschränkt, eine nachhaltige Weiternutzung der Projektergebnisse erfolgt kaum. Dennoch haben sich bisher wenige wissenschaftliche Arbeiten der Frage nachhaltiger Geschäftsmodelle für Healthgrids gewidmet, an der aktuellen Praxis orientierte Untersuchungen fehlen fast vollständig [5-10].

Die hier vorgestellten Untersuchungsergebnisse einer umfänglichen Marktstudie medizinischer Grid-Computing-Initiativen und einer internationalen Expertenbefragung leisten einen Beitrag zum besseren Verständnis der Grid-Aktivitäten in der (Bio-)Medizin und unterstützen die Ableitung nachhaltiger Betriebskonzepte.

1. Methodisches Vorgehen

Im Rahmen des BMBF-Projektes MediGRID [11] wurden erstmalig umfassend Nachhaltigkeitskonzepte für Grid Computing in der (Bio-)Medizin untersucht. In einer von der TMF e.V. beauftragten Studie wurden 22 internationale (bio-)medizinische Grid-Computing-Initiativen im Rahmen einer Marktstudie auf ihre Struktur und Nachhaltigkeitsstrategien analysiert. In einer ergänzenden Expertenbefragung wurden 33 internationale Grid-Computing-Spezialisten zu Marktstruktur, Anwendungsszenarien und Nachhaltigkeitskonzepten interviewt.

Die **Marktstudie** basierte auf einer umfangreichen Literaturrecherche der untersuchten Initiativen, zwei Initiativen wurden exemplarisch detaillierter beleuchtet. Die Vorauswahl der 22 Grid-Initiativen erfolgte unter Berücksichtigung verschiedener Re-

levanzkriterien (geographische Verteilung, Projektgröße, Entwicklungsstand). Hierzu wurden einschlägige Fachkonferenzbeiträge, persönliche Interviews und weitere Literaturquellen ausgewertet. Für die Zielgruppe der medizinischen Forschung/Versorgung wurde beispielhaft die Initiative MammoGrid unter Einschluss von fallbezogenen Experteninterviews detaillierter untersucht. Diese Initiative wurde einer Kosten-Nutzen-Rechnung und einer Analyse wichtiger Geschäftsmodellkomponenten unterzogen. Die Kosten-Nutzen-Rechnung basierte auf eHealth IMPACT, einer Methode zur Evaluierung der sozioökonomischen Wirkung von eHealth-Aktivitäten [12,13].

Die **Expertenbefragung** wurde als leitfadengestütztes Telefoninterview durchgeführt, das sich durch teilstrukturierte Fragen und freie Antwortmöglichkeiten auszeichnete [14]. Alle Experten wurden nach spezifischen Kriterien (Wertschöpfungsaktivität, Branchenzugehörigkeit, geographischer Ursprung) vorausgewählt und persönlich kontaktiert. Aufgrund einer hohen Rücklaufquote von 80% entsprach die finale Expertenstichprobe der geplanten Zusammensetzung (s. Abb. 1). Alle Teilnehmer wurden im Interviewverlauf gebeten, die Fragen jeweils getrennt für Grid Computing im Allgemeinen und für den (bio-)medizinischen Bereich im Besonderen zu beantworten.

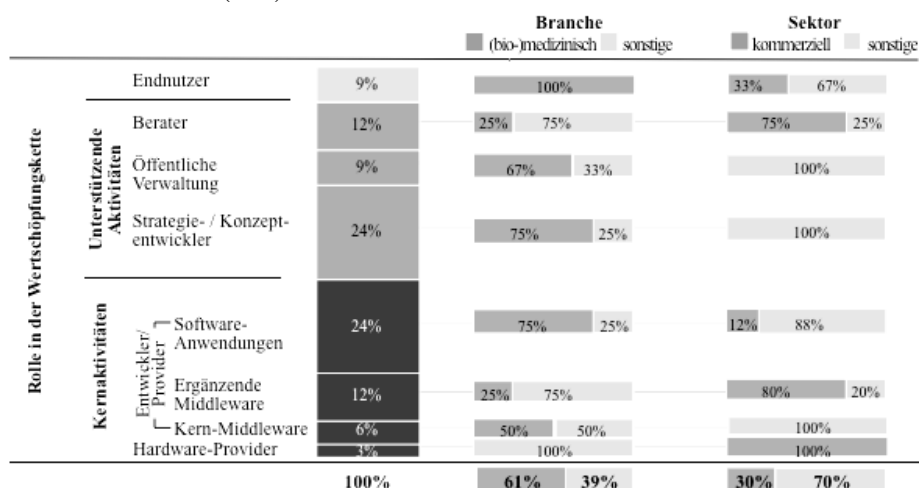


Abbildung 1. Zusammensetzung Expertenstichprobe

2. Untersuchungsergebnisse

Im Folgenden werden die Kernergebnisse beider Untersuchungen dargestellt und in den Kontext zu Geschäftsmodellüberlegungen für Grid Computing eingeordnet. Hierzu wird einleitend ein Referenzgeschäftsmodell für Grid Computing und seine Relevanz für die einzelnen Untersuchungen beschrieben.

2.1. Geschäftsmodellüberlegungen als konzeptioneller Rahmen

Erste Überlegungen für einen konzeptionellen Rahmen in Form eines Referenzgeschäftsmodells für Grid Computing finden sich in [15]. Nach den darin gefassten Überlegungen zeichnet sich ein solches Modell durch die Beachtung dreier Kernsichten aus:

- Nutzensicht – Nutzenversprechen zur Wertvermittlung,

- Wertschöpfungssicht – Wertschöpfungsnetzwerk zur Wertentstehung,
- Kapitalsicht – Gewinnerzielung bzw. Kostendeckung zur Wertvergütung.

Die Sichten setzen sich wiederum aus mehreren Partialmodellen zusammen. Die Nutzensicht beschreibt das sich aus der angebotenen Leistung (Produkt) und dem anzusprechenden Zielkundenmarkt ableitende Nutzenversprechen. Die Wertschöpfungssicht erfasst das Wertschöpfungsnetzwerk, bestehend aus einem Organisations- und einem rollenbasierten Wertschöpfungsmodell. Die Kapitalsicht beschreibt alle relevanten Finanzflüsse in Form von Erlös- und Kostenmodellen.

Rahmenbildende exogene Faktoren können die Ausgestaltung eines Geschäftsmodells sowohl im positiven Sinne stimulieren (enabling aspects) wie auch beschränken (limiting aspects).

Die einzelnen Untersuchungen beleuchten jeweils unterschiedliche Aspekte des Referenzmodells. Die Marktstudie konzentriert sich auf die Identifizierung der zu erbringenden Leistung in Form adressierter Anwendungsfelder, auf das Organisationsmodell und auf die Erlösmodelle der einzelnen Initiativen. Die Fallstudie beleuchtet zusätzlich konkrete Kundengruppen und das Nutzenversprechen der Initiative. Die Experteninterviews fokussieren zum einen auf die beeinflussenden Rahmenfaktoren (Marktentwicklungen, Kritische Erfolgsfaktoren) als auch wiederholt auf den Kern der Nutzensicht: potenziell erfolgreiche Anwendungsfelder und deren Zielkunden.

2.2. Kernergebnisse der Marktstudie

Die Marktstudie dient der Abbildung der aktuellen Situation für Healthgrids am Markt. Die einzelnen betrachteten Initiativen wurden auf verschiedene Aspekte hin untersucht, von denen die nachfolgenden näher erläutert werden sollen:

- Adressierte Anwendungsfelder
- Organisationsform
- Kapitalmodelle und Nachhaltigkeit

Adressierte Anwendungsfelder. Mehr als die Hälfte (13 von 22) der überprüften Fälle konzentriert sich auf mindestens zwei Anwendungsbereiche. Die am meisten verbreiteten Verknüpfungen sind medizinische Bildgebung zusammen mit einem biomedizinischen Simulationsverlauf oder mit einer pharmazeutischen Forschung. Dies wird häufig zusätzlich mit der Bildung und Integration von Daten bearbeitet.

Gridprojekte sind in den Bereichen Visualisierung und Bildgebung am gebräuchlichsten. Mehr als zwei Drittel (15 von 22) aller Fälle befassen sich mit der medizinischen Bildgebung und der Bildverarbeitung. Ein hervorzuhebender Teilbereich ist die Mammographie. Sie scheint beim Einsatz der Grid-Infrastruktur über bedeutenden Nutzen und Potentiale zu verfügen [16]. Die Hälfte der Fälle (11 von 22) konzentriert sich auf klinische Forschung. Fünf Anwendungen befassen sich mit biomedizinischen Simulationsentwicklungen. Zudem adressieren je vier Projekte epidemiologische Untersuchungen und genomische Forschung. Die Bereitstellung von ärztlicher Betreuung (3 von 22) und die pharmazeutische Forschung und Entwicklung (2 von 22) scheinen als Ziele von aktuellen Gridprojekten weniger interessant zu sein (Ergebnisse s. Abb. 2).

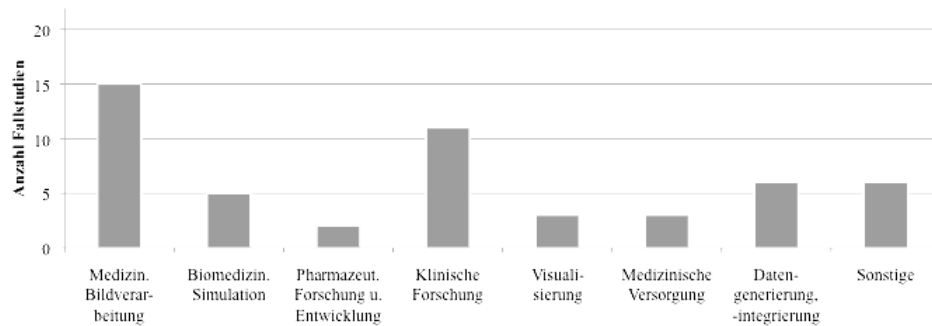


Abbildung 2. Aktuelle Anwendungsfelder von Healthgrids

Organisationsform. Alle untersuchten Initiativen treten als Partnergrid auf. Mehr als die Hälfte der Fälle (15 von 22) sind nationale Initiativen mit Partnern eines Landes. Sieben untersuchte Projekte sind länderübergreifend aufgestellt.

Die Mehrzahl der Initiativen beteiligt eine hohe Zahl unterschiedlicher Partner und Organisationen – zwischen zwei und 80 Beteiligte arbeiten jeweils zusammen. In allen 22 Projekten sind wissenschaftlich-akademische Teilnehmer aktiv. Sieben Konsortien sind rein wissenschaftlich zusammengesetzt. Die anderen Initiativen formen sich zusätzlich aus weiteren Teilnehmergruppen: nicht-öffentliche Forschungseinrichtungen (in acht Fällen), industrielle Partner (in sieben Fällen) und Anbieter der Gesundheitsversorgung (in sieben Fällen). Grundsätzlich ist bei allen Projekten die hohe Interdisziplinarität hervorzuheben – beispielsweise arbeiten biologische, medizinische, klinische, politische und Informatikexperten zusammen. In der Hälfte der Fälle werden die Grid-Initiativen über eine Universität (11 von 22) oder eine öffentliche Forschungseinrichtung (7 von 22) als zentraler Partner koordiniert (s. Abb. 3).

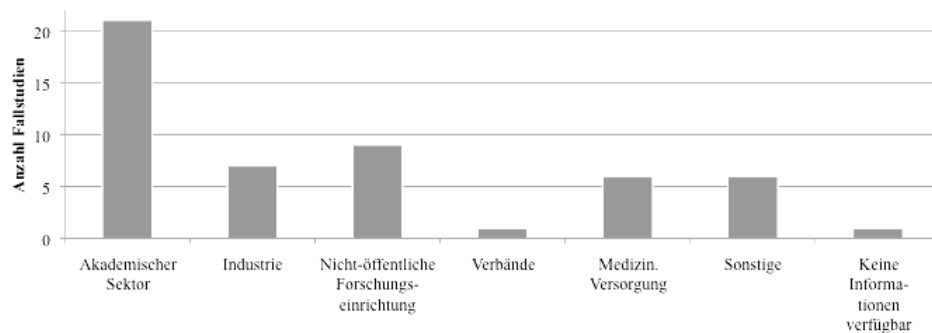


Abbildung 3. Partnerzusammensetzung von Healthgrid-Initiativen

Kapitalmodelle und Nachhaltigkeit. Alle Initiativen sind ursprünglich als zeitlich befristete Projekte mit einer Laufzeit von zwei bis vier Jahren aufgelegt. Danach enden die Initiativen oder sie werden in abgeänderter Form fortgeführt (Anschlussprojekte, veränderte Konsortien, Spin-Off). Aktuell sind noch sechs Initiativen aktiv (ACGT, @neurIST, BioGrid, caBIG, BioinfoGrid, NeuroGrid, NDMA). Die Finanzierung der Initiativen erfolgt überwiegend mit öffentlichen Mitteln (15 von 22; nationale oder europäische Fördermittel, Mittel von Forschungsinstitutionen). Private Finanzierungen sind in nur zwei Fällen explizit einbezogen, jedoch stellen kommerzielle Partner häufig Personalkapazitäten und technische Geräte.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass wirtschaftliche Nachhaltigkeit in heutigen Healthgrid-Initiativen mehrheitlich keine Rolle spielt. Das Gros der Initiativen arbeitet projektbezogen und endet mit dem Auslaufen der Förderung. Die Initiativen sind überwiegend forschungsorientiert und konzentrieren sich hauptsächlich auf die Entwicklung von Demonstrationslösungen und die Bereitstellung von Test-Beds sowie Proof-of-Concept-Umgebungen. Potenzielle Geschäftsmodelle spielen eine untergeordnete Rolle.

2.3. Nachhaltigkeit von MammoGrid als Fallbeispiel

Dieses Fallbeispiel soll Wirtschaftlichkeitsaspekte exemplarisch intensiver beleuchten. Das MammoGrid-Projekt hat sich die Entwicklung einer verteilten europäischen Mammographie-Referenzdatenbank zum Ziel gesetzt – bereitgestellt und aufbereitet über eine Grid-Infrastruktur. Es unterstützt die Zusammenarbeit zwischen medizinischem Personal über geographische Grenzen hinweg und ermöglicht Zweitmeinungen in Echtzeit durch den Austausch der gespeicherten Bilddaten. Zusätzlich stellen virtuelle Klassenzimmer eTraining-Angebote bereit, und spezifische CAD-Algorithmen unterstützen die Diagnosefindung.

Kosten-Nutzen-Analyse. Der ausgewiesene Nutzen von MammoGrid ist eine erhöhte Genauigkeit radiologischer Befunde sowie die Vermeidung von Redundanzuntersuchungen und zusätzlicher Eingriffe. Die Verteilung von Zweitbefundungen sowie die Identifizierung von Problemarealen durch die CAD-Diagnosetools ermöglichen dem medizinischen Personal eine effizientere Patientenbehandlung und Zeitauslastung. Finanziell direkt messbar sind zusätzlich Kosteneinsparung für Krankenversicherungen und öffentliche Kassen aufgrund einer reduzierten Untersuchungsanzahl im Rahmen der Brustkrebsvorsorge (Radiologie sowie Biopsieentnahme). Die anonymisierte Auswertung der gespeicherten Untersuchungsdaten ermöglicht ergänzend langfristig gezieltere und damit kostensparendere und erfolgversprechendere Behandlungsmaßnahmen. Auf der Kostenseite dominieren die Personal- und Systemkosten für Ressourcen und Instandhaltung. Erhöhte Behandlungskosten durch einen frühzeitigeren Eingriff aufgrund genauerer Vorsorgediagnosen werden ebenfalls berücksichtigt. Die nach der IMPACT-Methode ermittelten Nutzenwerte und Kosten sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Grafik zeigt, dass Grid-Initiativen langfristig einen positiven sozioökonomischen Mehrwert liefern können.



Abbildung 4. Sozioökonomischer Wert der MammoGrid-Initiative

Geschäftsmodellaspekte. Für MammoGrid wurden die Nutzensicht (Produktnutzen und Zielkunden) und die Kapitalsicht in Form potenzieller Erlösmodelle näher untersucht.

Die **Zielkunden** der Initiative lassen sich in zwei Typen untergliedern: Großstandorte („Sites“) und Satelliten. Während Sites die Möglichkeit haben, Daten einzustellen und zu lesen, können Satelliten Daten lediglich abrufen. Als Sites dienen große, meist öffentliche oder universitäre Krankenhäuser, während als Satelliten insbesondere größere Fachpraxen und kleine Krankenhäuser angesprochen werden. Zusätzlich bietet MammoGrid als Nebenweig kommerziellen Healthcare-IT-Anbietern Services zur Grid-Implementierung.

Das **Nutzenversprechen** gegenüber den Krankenhäusern speist sich aus einer höheren Diagnosequalität und damit einer erhöhten Patientensicherheit. Zusätzlich steigt die Effizienz der Arbeitsprozesse. Die Digitalisierung von Datenbeständen ermöglicht u.a. Personaleinsparung in der Bildprozessierung und -archivierung. Der Nutzen für IT-Anbieter ist direkt mit dem Erfolg der Grundinfrastruktur verbunden. Anbieter von MammoGrid-kompatiblen Lösungen profitieren bei Erfolg der Infrastruktur durch Zusatzumsätze mit den eigenen Lösungen.

MammoGrid plant ein **Erlösmodell**, das eine Einmalzahlung von 20.000 Euro zur Deckung der Kosten für bereitgestellte Hardware und die Installation für die beteiligten Krankenhäuser vorsieht. Gewinne erwartet MammoGrid aus zusätzlichen Services, die auf der Grundinfrastruktur aufbauen, insbesondere durch die Ausnutzung von Netzeffekten gegenüber externen IT-Anbietern. Die Gewinnschwelle für den kommerziellen Betrieb von MammoGrid hängt davon ab, wie die Kosten für die Hardwareerneuerung gedeckt werden. Falls die angebotenen Krankenhäuser die Erneuerungskosten tragen, deckt die Infrastruktur aus Betreibersicht gerade die Gesamtkosten. Würden die Kosten vom Anbieter getragen, entstünden langfristig hohe Verluste aus der Kerninfrastruktur. Würden die Kunden überzeugt, den Mitgliedsbeitrag beispielsweise alle fünf Jahre zu erneuern, könnte MammoGrid jedoch bereits kurz nach Einführung profitabel arbeiten.

2.4. Kernergebnisse der Expertenbefragung

Während die Marktstudie den aktuellen Entwicklungsstand von Healthgrid-Initiativen widerspiegelt, ermöglichen die Erkenntnisse der Expertenbefragung u.a. das Aufzeigen zukünftiger am Markt zu erwartender Entwicklungen, perspektivisch erfolgversprechender Healthgrid-Anwendungsbereiche sowie beeinflussender Erfolgsfaktoren. Folgende Untersuchungskomplexe der durchgeführten Expertenbefragung werden im Folgenden näher erläutert:

- Etablierungszeitraum und Marktentwicklungen
- Anwendungsgebiete und Zielgruppen
- Kritische Erfolgsfaktoren

Der erste Komplex adressiert zwei Fragen: **1. Wie viele Jahre werden bis zu einem regulären und stabilen Einsatz von Grid Computing vergehen? 2. Welches sind die drei wesentlichen Entwicklungen auf dem Markt für Grid Computing?**

Die überwiegende Zahl der auf die erste Frage antwortenden Experten beurteilen den Etablierungszeitraum von Grid-Computing-Lösungen „im Allgemeinen“ optimistisch. 69% glauben an einen nachhaltigen, marktfähigen Einsatz von Grid-Technologien innerhalb der kommenden drei Jahre. Knapp ein Viertel (23%) schätzt die erste Marktdurchdringung auf vier bis neun Jahre, 8% sehen diese frühestens in zehn Jahren.

Die Möglichkeit einer nachhaltigen Positionierung von Grid-Computing-Technologien im **medizinischen und biomedizinischen Umfeld** beurteilen die Experten weniger positiv. Eine Mehrheit von 68% aller Teilnehmer sieht einen nachhaltigen Einsatz frühestens in einem mittelfristigen Zeitraum, der zwischen vier und neun Jahren liegt. Nur 5% der Experten glauben an einen früheren Breitereinsatz, immerhin 26% an einen Breitereinsatz in frühestens zehn Jahren. Die Experten gehen von einer früheren Durchdringung im Forschungsbereich und einer späteren in der Versorgung aus. Dies entspricht branchentypischen Entwicklungen [17] (s. Abb. 3).

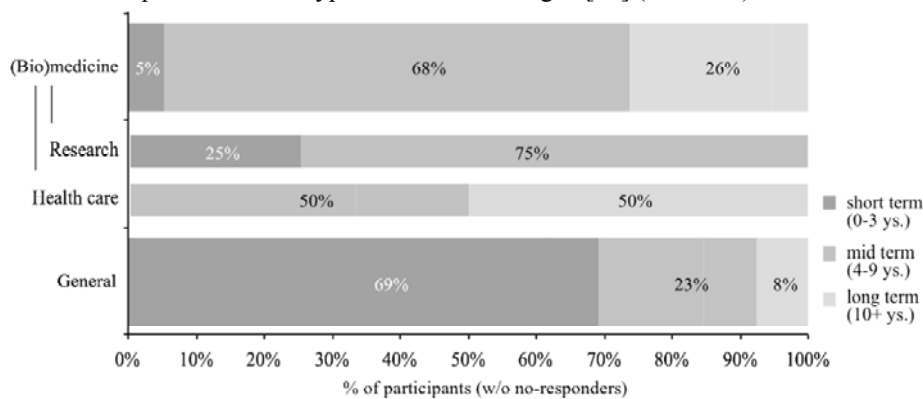


Abbildung 3. Zeitfenster bis zur Marktdurchdringung von Grid Computing

Bezüglich der zweiten Frage nach wesentlichen Markttrends identifizieren die Experten verschiedene strukturelle Veränderungen am Markt. 21% der Experten erkennen eine anhaltende Zunahme der Zusammenarbeit über geographische Grenzen hinweg, insbesondere im akademisch-wissenschaftlichen Umfeld. 17% sehen eine zunehmende Spezialisierung und die Herausbildung neuer Organisationsformen als einen wesentlichen Trend. Für immerhin noch 14% ist eine Zunahme von verteilten und gemeinsam genutzten Datenbeständen eine deutlich erkennbare Entwicklung. In Bezug auf technologische Entwicklungen weisen 34% der Befragten darauf hin, dass die Nachfrage nach Konzepten zur Virtualisierung und zum verteilten Rechnen ansteigen wird. Die Mehrheit der Befragten (64%) gab an, dass insbesondere Cloud Computing – als Sonderform des Grid Computings – in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnt.

Im **(bio-)medizinischen Umfeld** dominieren drei Trends. Erkennbar sei ein signifikanter Anstieg verteilter, gemeinsam genutzter Datenbestände (35%) und eine zunehmende Vernetzung zwischen Gesundheitseinrichtungen, insbesondere von Forschungseinrichtungen und Krankenhäusern (15%). Kritisch sehen die Experten jedoch die Entwicklung der Rahmengesetzgebung. 12% verbinden mit der Nutzung von Grid Computing zunehmend rechtliche Probleme, vor allem zu Datenschutzfragen.

Der zweite Komplex behandelt die Frage: **Welche drei Anwendungen (im Sinne von Software-Applikationen) des Grid Computings halten Sie für besonders erfolgversprechend? Welches ist die jeweilige Hauptkundengruppe?**

Im Hinblick auf Grid Computing im Allgemeinen nennen 65% der antwortenden Experten reine rechenleistungsgetriebene Anwendungsfelder, 35% sehen daten- und wissensgetriebene Anwendungsfelder als Bereiche mit hohem Potenzial. Innerhalb der rechenleistungsgetriebenen Anwendungen werden besonders Parameterstudien und

Simulationen mit 24% sowie Visualisierungstools mit 12% identifiziert. Zielindustrien seien primär die Hochenergiephysik, Meteorologie und Astronomie.

In der **Medizin und der Biomedizin** stellen 82% der Teilnehmer, die für diesen Bereich antworteten, Anwendungen im Forschungsbereich heraus und 53% für den medizinischen Versorgungsbereich. 46% nennen Anwendungen, die für beide Nutzergruppen gleichermaßen geeignet sind. Im Forschungsbereich dominieren Anwendungen, die hohe Rechenleistungen erfordern (82%). Hierunter fallen:

- Simulationen und Analysen innerhalb der Systembiologie (61%)
- Modellierung und Visualisierung (32%)
- Analyse klinischer und öffentlicher Daten für Forschungszwecke (39%)

Innerhalb der systembiologischen Anwendungen wurden insbesondere die in-silico Medikamentenforschung (36%) sowie die Genomik und Proteomik (32%) angeführt.

In der medizinischen Versorgung dominieren mit 32% ebenfalls Anwendungen, die primär nach hoher Rechenleistung verlangen, jedoch gefolgt von daten- und wissensgetriebenen Anwendungsbereichen (29%). Die rechenintensiven Anwendungen werden von Bildverarbeitungs-Tools (25%) dominiert. Der Zugang zu und Austausch von Bilddaten ist mit 11% der Antworten ebenfalls bei datengetriebenen Anwendungen führend. Abbildung 4 verdeutlicht die Untersuchungsergebnisse.

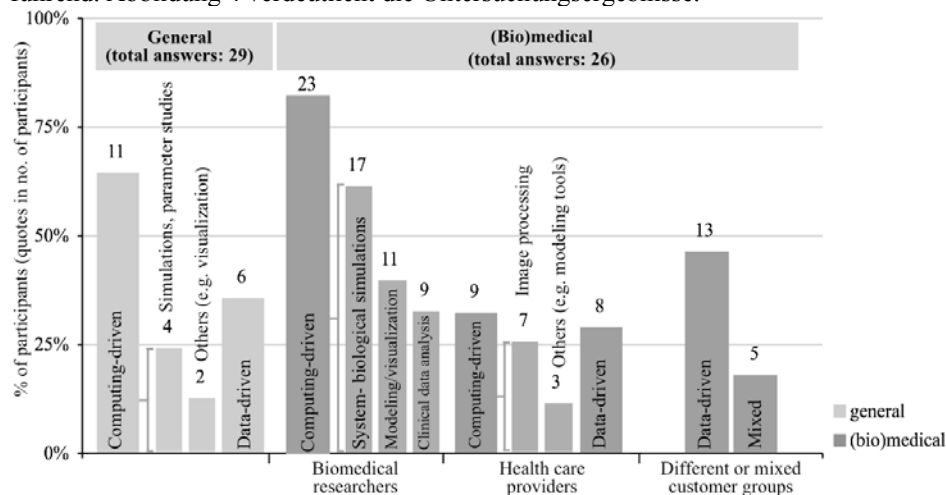


Abbildung 4. Erfolgversprechende Anwendungsfelder aus Expertensicht

Der dritte Komplex beantwortet die Frage: **Welche drei wesentlichen Bedingungen (Kritische Erfolgsfaktoren) sind für einen regulären und wirtschaftlich nachhaltigen Betrieb von Grid Computing entscheidend?**

Für Grid Computing im Allgemeinen wird der Produktqualität (u.a. Netzstabilität, Nutzerfreundlichkeit) und wirtschaftlichen Faktoren (u.a. Finanzierungssicherheit, vorhandene Betreibermodelle) mit jeweils 71% Nennung eine hohe Bedeutung beigegeben. Exogene Marktbedingungen, wie z.B. gesetzliche Rahmenbedingungen, spielen nur bei 29% der antwortenden Experten eine Rolle.

Für Grid-Computing-Lösungen in der **Medizin und der Biomedizin** messen die Experten im Gegensatz dazu allen drei Kategorien eine ähnliche Bedeutung bei, insbesondere exogene Marktbedingungen gewinnen an Bedeutung:

- Produktqualität und -leistung – 54%
- Wirtschaftliche Faktoren – 43%

- Exogene Marktbedingungen – 36%

Innerhalb der Domäne der Qualitäts- und Leistungserfolgswirkfaktoren stehen überzeugende Lösungen zum Datenschutz und zur Datensicherheit an oberster Stelle (43%), gefolgt von der Notwendigkeit benutzerfreundlicher Schnittstellen (32%) und einer unterbrechungslosen Verfügbarkeit der angebotenen Dienste (14%). In wirtschaftlicher Hinsicht steht für 29% der Experten die Erfordernis einer überzeugenden marktreifen Produktlösung („Killer Application“). 14% weisen auf die Notwendigkeit stichhaltiger Erlös-, Kosten- und Finanzierungsmodelle für den Unternehmenserfolg hin. Werden die Marktbedingungen untergliedert, halten 18% der Teilnehmer einen Gesetzgebungsrahmen, der die Besonderheiten des (bio-)medizinischen Sektors berücksichtigt, für unbedingt erforderlich. Dieselbe Anzahl weist auf sektor-spezifische kulturelle Erfolgsfaktoren hin, insbesondere die Notwendigkeit einer intensiven Zusammenarbeit zwischen Medizinern und Experten anderer Bereiche (u.a. IT-Personal, Biologen), die jeweils unterschiedliche Arten der sozialen Kommunikation auszeichnen. Abbildung 5 fasst die Ergebnisse zusammen.

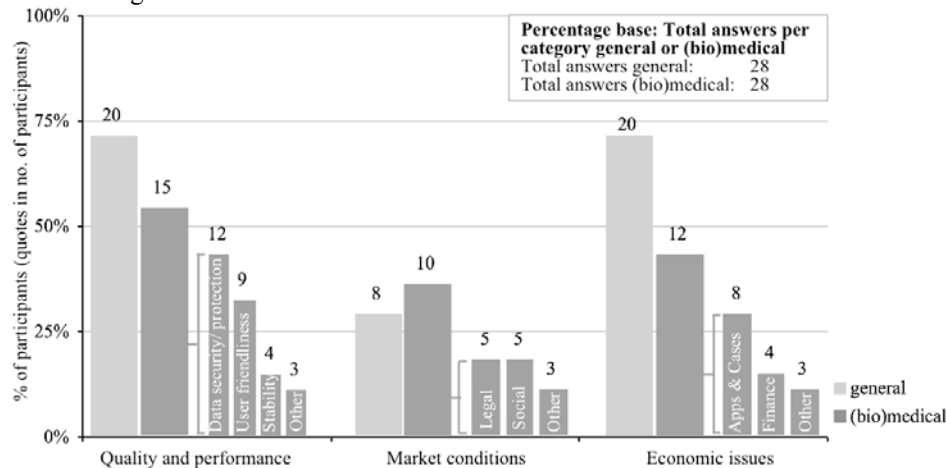


Abbildung 5. Kritische Erfolgsfaktoren für Grid Computing

3. Diskussion – Auswirkung der Ergebnisse auf Healthgrid-Geschäftsmodelle

Der Einsatz von Grid-Computing-Technologien im biomedizinischen Umfeld bietet eine Vielzahl gesundheitswirtschaftlicher und gesellschaftlicher Vorteile. Die Untersuchung zeigt jedoch, dass aktuelle Healthgrid-Initiativen auf kurzfristige wissenschaftliche Zielsetzungen ausgelegt sind und wirtschaftliche Nachhaltigkeitsaspekte selten eine Rolle spielen. Gleichzeitig lassen die Ergebnisse aber den Schluss zu, dass Grid-Computing-Technologien künftig eine größere Rolle auch in der Gesundheitswirtschaft spielen werden und langfristig erfolgreich zum Einsatz kommen können. Grid Computing ist kein statisches Konzept, sondern trägt über die Jahre in erweiterter Form neuen Marktbedürfnissen Rechnung. Aufgrund der besonderen Bedingungen im Gesundheitswesen mit hohen kulturellen Hürden sowie einer stark regulierten Marktstruktur mit vielen Stakeholdern ist die Etablierung neuer IuK-Technologien wie Grid Computing nur sehr zögerlich und als kontinuierlicher Prozesses möglich. Hierzu sind

jedoch nachhaltige Geschäftsmodelle unabdingbar. Das hier vorgestellte Referenzmodell identifiziert die wesentlichen zu adressierenden Geschäftsmodellkomponenten.

Aus den Ergebnissen der einzelnen Analysen lassen sich zusammenfassend strategische Handlungsempfehlungen für die Ausgestaltung nachhaltiger Geschäftsmodelle ableiten:

- Anwendungen sind wesentlich zielgruppenspezifischer zu entwickeln
- Bereitstellung einer kundenfreundlichen und stabilen „Killerapplikation“ für Grid-Infrastrukturen bei einfacher Produktgestaltung
- Rechtzeitige Definition und Verstetigung der Organisationsstruktur vor Projektende; Einbindung von Kunden in den Entwicklungsprozess
- Beschreibung und Implementierung nachhaltiger Kosten- und Finanzierungsmodelle, für die Vermarktungsphase auch Erlösmodelle
- Zielgruppenspezifische Öffentlichkeitsarbeit zur indirekten Beeinflussung der Rahmenbedingungen
- Permanente Beobachtung des Marktumfeldes und seiner Veränderungen

Innerhalb der Healthgrid-Community konnte über die vergangenen Jahre ein hoher Erfahrungsschatz aufgebaut werden. Es sollte nunmehr das Ziel sein, diesen Erfahrungsschatz gezielt und effizient in den Bereichen der Medizin einzusetzen, die langfristig besonders Erfolg versprechend sind. Dabei ist entscheidend, dass der hohe Mehrwert, der aus Grid-Computing-Lösungen abgeleitet werden kann, für jeden Beteiligten in den komplexen Strukturen moderner Partnergrids nachvollziehbar und individuell attraktiv ist. Gut elaborierte Geschäftsmodelle helfen, diese Werte transparent und nachvollziehbar zu machen.

Referenzen

- [1] Foster I, ed. The grid 2 - blueprint for a new computing infrastructure. San Francisco, Calif.: Morgan Kaufman 2004.
- [2] T. Myer, Grid Computing: Conceptual Flyover for Developers, IBM developerWorks, 2003, Online: <http://swatch.stanford.edu/archives/WPap/grid-fly.pdf>, Stand: 03.11.2009.
- [3] IBM. IBM and Medical Researchers Launch Effort To Find Flu Drug Treatments. Press release. IBM, Galveston, 2009.
- [4] I. Andoulsi, I. Blanquer, V. Breton et al., The SHARE Road Map: Healthgrids for Biomedical Research and Healthcare, Studies in health technology and informatics 138 (2008), 238-278.
- [5] R. Buyya, C.S. Yeo and S. Venugopal, Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities, International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC-08), Dalian, China (2008).
- [6] R. Buyya, D. Abramson and S. Venugopal, The grid economy, Proceedings of the IEEE 93 (2005), 698-714.
- [7] H.K. Bhargava and S. Sundaresan, Computing as Utility: Managing Availability, Commitment, and Pricing Through Contingent Bid Auctions, Journal of Management Information Systems 21 (2004), 201-227.
- [8] J. Altmann, M. Ion and A.A.B. Mohammed, Taxonomy of Grid Business Models, Grid Economics and Business Models, Springer, Berlin, Heidelberg (2007), 29-43.
- [9] K. Stanoevska-Slabeva, C.F. Talamanca, G.A. Thanos and C. Zsigri, Development of a Generic Value Chain for the Grid Industry, Grid Economics and Business Models, Springer, Berlin, Heidelberg (2007), 29-43.
- [10] S. Scholz, M.H. Breitner, S.C. Semler and M. Blaurock, Business Models for Grid Computing in Life Science: An Approach to Identifying Healthgrid Revenues, Mednet 2007, Leipzig, 1-12.
- [11] MediGRID Project. <http://www.medigrid.de>
- [12] Investigation of HealthGrid projects across the European Union and in the USA regarding business models and sustainability: Part I □ Market Study, Telematikplattform für Medizinische Forschungsnetze (TMF) e.V., Berlin 2007, <http://www.tmf-ev.de/healthgrids/HealthGridMarket-Part1.pdf>

- [13] A. Dobrev, S. Scholz, D. Zegners, K.A. Stroetmann and S.C. Semler, Economic Performance and Sustainability of HealthGrids: Evidence from Two Case Studies, *Studies in health technology and informatics* 147 (2009), 151-162.
- [14] S. Scholz, S.C. Semler, M.H. Breitner, Business Aspects and Sustainability for Healthgrids – an Expert Survey, *Studies in health technology and informatics* 147 (2009), 163-172.
- [15] S. Scholz, M.H. Breitner and M. Blaurock, A Sustainable Business Model Approach for Grid Computing – And a Life Sciences Example In: M. Birchler et al., Editors, *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008*, GITO-Verlag, Berlin (2008), 293-294.
- [16] S.R. Amendolia, F. Estrella, W. Hassan et al., MammoGrid: A Service Oriented Architecture Based Medical Grid Application, *Lecture Notes in Computer Science* 3251 (2005), 939-942
- [17] G. Neubauer, Medizinisch-technische Innovationen, *Die Krankenversicherung (KrV)* 9(07) (2007), 263-267.