

# Die Diffusion von Innovationen im Markt managen: Fallstudie zur Nutzung von Grid-Technologien für betriebliche Informationssysteme (BIS)<sup>1</sup>

Melanie Baier

Business Development  
C-LAB  
Fürstenallee 11  
33102 Paderborn  
Melanie.Baier@c-lab.de

**Abstract:** Es wird ein Konzept präsentiert, mit dem frühzeitig das Potenzial einer neuen Technologie als auch die Herausforderungen bei deren Diffusion im Markt strukturiert analysiert werden. Mit Hilfe von Expertengesprächen gelingt es, frühzeitig Diffusionsbarrieren der Grid Technologie in der Domäne BIS zu identifizieren, die Anhaltspunkte für notwendige Schwerpunktsetzungen im weiteren Entwicklungsprozess liefern und somit einen Beitrag zum ökonomischen Erfolg dieser Innovation leisten.

## 1 Einleitung

Die Diffusion einer Innovation stellt – in einer stilisierten Betrachtung – nach der Invention und der Innovation den letzten Schritt in einem Innovationsprozess dar. Technologiediffusion beschreibt die Geschwindigkeit, mit der sich eine technologische Innovation am Markt ausbreitet und widmet sich als Forschungsfeld den Erfolg bestimmenden Determinanten einer solchen Entwicklung. Der Diffusionsprozess ist für den ökonomischen Erfolg einer Innovation sehr bedeutsam. Durch die Anwendung einer Technologie wird neues Wissen erzeugt, welches in der Verbesserung der Technologie, der Identifikation weiterer Anwendungsgebiete oder gar der Entwicklung neuer Technologien seinen Ausdruck findet.

---

<sup>1</sup> Die vorliegende Veröffentlichung entstand im Rahmen des durch Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojektes „BIS-Grid Betriebliche Informationssysteme: Grid-basierte Integration und Orchestrierung“ (Förderkennzeichen 01IG07005A).

An einer Schnittstelle zu weiteren Anwendungsgebieten steht derzeit die Grid Technologie. Nach dem hier verwendeten Verständnis werden in einem Grid-System verteilte heterogene Ressourcen über offene Standards und Schnittstellen bereitgestellt, koordiniert und genutzt sowie entsprechende Dienste unterschiedlicher Güte abgewickelt [Fo02]. Während in einigen Wissenschaftsdomänen die Grid Technologie bereits intensiv verwendet und vorangetrieben wird, steht die Verbreitung der Grid Technologie unter marktwirtschaftlichen Wettbewerbsbedingungen noch am Anfang [Gr06].

In Anlehnung an BIS-Grid als eines der ersten Projekte für die kommerzielle Nutzung von Grid-Technologien wird in der vorliegenden Arbeit ein vereinfachtes Szenario definiert, welches eine Nutzung von Grid Technologien zur Integration dezentraler betrieblicher Informationssysteme unter marktwirtschaftlichen Wettbewerbsbedingungen fokussiert. Ziel der Arbeit ist es, für die Grid Technologie in einem neuen Anwendungsgebiet frühzeitig sowohl das Potenzial als auch die Herausforderungen bei deren Diffusion am Markt zu strukturieren und zu analysieren. Dazu werden im folgenden Abschnitt zunächst vier aus der innovationsökonomischen Literatur identifizierte Determinanten der Technologiediffusion generisch erläutert. Diese dienen als Analyserahmen für die im dritten Abschnitt vorgestellte Fallstudie. Aufgrund des noch neuen Anwendungsgebiets wurde die Durchführung von Expertengesprächen als geeignete Methode erachtet, um zu fundierten Erkenntnissen und Einschätzungen zu gelangen.<sup>2</sup> Die Ergebnisse der Expertengespräche werden in Abschnitt 4 präsentiert. Eine Zuordnung der Expertenaussagen entsprechend des Analyserahmens erlaubt mögliche Diffusionsbarrieren zu identifizieren, die Hinweise auf notwendige Schwerpunktsetzungen im noch laufenden Entwicklungsprozess geben. Die Diskussion möglicher Implikationen in Abschnitt 5 schließt den vorliegenden Beitrag ab.

## **2 Die Diffusion technologischer Innovationen**

### **2.1 Stand der Wissenschaft**

Technologiediffusionsprozesse werden – aufgrund der empirisch zahlreich bestätigten logistischen Wachstumsverläufe – häufig anhand einer S-Kurve dargestellt (vgl. Abb.1). Dieser Verlauf spiegelt zwei in der Ökonomie geltende stilisierte Fakten wider [Ha05]: Zum einen ist Technologieadoption ein „absorbierender Zustand“, d.h. aufgrund versunkener Kosten bei getroffener Investitionsentscheidung ist in der Summe nur selten zu beobachten, dass eine neue Technologie zu Gunsten einer alten aufgegeben wird.

---

<sup>2</sup> Expertengespräche stellen eine Möglichkeit der Befragung im Rahmen des Fallstudienansatzes dar. Fallstudien fokussieren im Gegensatz zu großzahligen Umfragen eine begrenzte Anzahl von Fällen, die nach Informationsreichtum, nicht nach Repräsentativität der Grundgesamtheit ausgewählt werden, Ziel einer Fallstudie ist daher nicht die statistische Generalisierbarkeit eines Tatbestandes, sondern spezifische Entwicklungen und Prozessabläufe nachzuvollziehen [BG07]. Das frühzeitige Stadium der Technologiediffusion im vorliegenden Fall impliziert eine relativ geringe Anzahl an Fachkundigen, so dass hier Expertengespräche mit der genannten Argumentation durchgeführt wurden. Zu einem späteren Zeitpunkt bei fortgeschrittenem Informationsstand der Anwender über die Technologie sind auch andere Formen der Befragung wie z.B. schriftliche Befragungen in Verbindung mit Dokumentenanalysen denkbar.

Zum anderen hat Technologieadoption aufgrund der Unsicherheit über den zukünftigen Nutzen der Technologie einen Optionswert, der sich daraus speist, dass mit fortschreitender Zeit die Informationen über Kosten und Nutzen zunehmen und damit die Wahrscheinlichkeit einer falschen Investitionsentscheidung minimiert wird.<sup>3</sup>

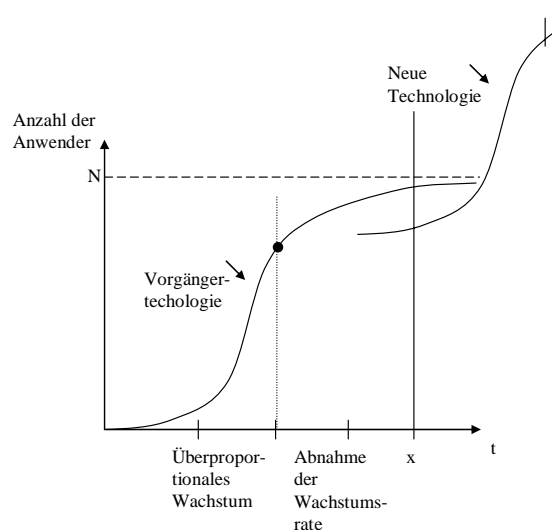


Abbildung 1: Das S-Kurven Konzept der Technologiediffusion

Erklärungsbeiträge zu S-förmigen Diffusionsprozessen lassen sich in unterschiedlich motivierten Modellansätzen wieder finden [Ge00]: So sehen epidemische Modelle als wesentliche Determinante des Diffusionsprozesses die Verbreitung von Informationen über eine neue Technologien und ihre Anwendung. Epidemische Modelle fokussieren auf Lernen im Diffusionsprozess durch Informationsagenten und werden daher vornehmlich in soziologisch orientierter Forschung [Ro95] oder im Marketing [Ba69] angewandt.<sup>4</sup> Während epidemische Modelle von individuellen Entscheidungen abstrahieren, gehen Probit Modelle davon aus, dass sich Individuen in bestimmten Charakteristika unterscheiden, welche die Rentabilität und damit den Zeitpunkt der Adoption determinieren. Die Untersuchung individueller Entscheidungen bei gegebenen Rahmenbedingungen findet hauptsächlich in der mikroökonomisch motivierten Forschung Anwendung [Gr57], [Ro72]. Im Ansatz der Informationskaskaden, der an die Überlegungen der oben genannten Modelle anknüpft, werden Netzwerkexternalitäten beschrieben, die zu positiven Rückkopplungen im Technologiediffusionsprozess führen können [Da85].

<sup>3</sup> Für Arbeiten zur stochastischen Modellierung von Diffusionsprozessen und Wettbewerbsprozessen konkurrierender Technologien siehe [GW97] sowie [KL05].

<sup>4</sup> Ein zum epidemischen Modell konsistenter ökonomischer Ansatz stellt die Untersuchung technologischer Spill-Over zur Identifizierung von „information superhighways“ dar [Ge00].

## 2.2 Konzeption der Analyse

Mit dem primär ökonomischen Fokus der Arbeit werden –ausgehend von dem Probit Model – zunächst Überlegungen zu Nutzen und Kosten einer Adoptionsentscheidung angestellt. Ergänzend dazu wird der Einfluss von Netzwerkeffekten im laufenden Diffusionsprozess untersucht. Aspekte der Unsicherheitsreduktion durch Informationsverbreitung und durch Lernen kommen in einem letzten Punkt zum Tragen. In Anlehnung an [Ha05] werden daher die folgenden vier Dimensionen der Technologiediffusion untersucht:<sup>5</sup>

- Nutzen
- Kosten
- Netzwerkeffekte
- Information und Unsicherheit

Dabei ist die Relevanz der vier Dimensionen mit ihren jeweiligen Ausprägungen bedingt durch das betrachtete gesellschaftliche Subsystem. Unterschiedliche Anreizmechanismen und institutionelle Rahmenbedingungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft können hier zu unterschiedlichen Fokussierungen führen. Die Auswahl der genannten vier Dimensionen für den auf die Wirtschaft gesetzten Fokus folgt der Überlegung, dass die Abwägung von Nutzen und Kosten Kern einer jeden ökonomischen Investitionsentscheidung ist; insbesondere dann, wenn sie unter marktwirtschaftlichen Wettbewerbsbedingungen getroffen wird. Systematisch unterschiedliche Raten der Technologieadoption als Ergebnis eines Kosten-Nutzen-Kalküls lassen sich beispielsweise zwischen großen und klein- und mittelständischen Unternehmen feststellen [Ge00]. Netzwerkeffekte beeinflussen sowohl die Kosten als auch den Nutzen und damit den Zeitpunkt der Adoption. Information und Unsicherheit spielen ebenfalls eine Rolle im Hinblick auf die Investitionssicherheit, insbesondere im Hinblick auf die Beständigkeit einer Technologie.

### 2.2.1 Nutzen

Der Nutzen einer neuen Technologie bestimmt sich im Wesentlichen durch den Vergleich mit den bestehenden Technologien, die in einem gewissen Substitutionsverhältnis zur neuen Technologie stehen.<sup>6</sup> Zusätzliche Merkmalsausprägungen oder ein Ausgleich zuvor konfligierender Merkmalsausprägungen (z.B. Rechenkapazität und Gewicht) einer technischen Lösung können den Nutzen erhöhen. Der Nutzen einer neuen Technologie wird in der Regel erst im Zeitverlauf, d.h. mit ihrer Anwendung wirksam.

---

<sup>5</sup>Die bei [Ha05] aufgeführte Dimension „Marktgröße, institutionelle Rahmenbedingungen und Marktstruktur“ wird hier nicht in der Form diskutiert. Während institutionelle Rahmenbedingungen in die Dimension Information und Unsicherheit einfließen, wird der Einfluss von Marktgröße und -struktur in diesem frühen Stadium der Technologiediffusion vernachlässigt. Dieser Aspekt sollte jedoch in folgenden Analysen diskutiert werden.

<sup>6</sup> Technischer Fortschritt und neue wissenschaftliche Erkenntnis beinhaltet auch immer die Möglichkeit, dass sich ein neues technologisches Paradigma formiert [Do88]. Was genau die Herausbildung neuer technologischer Paradigmen determiniert kann hier nicht diskutiert werden. Es soll lediglich verdeutlicht werden, dass Technologien entstehen können, die auf neuen Wirkprinzipien beruhen und aus diesem Grunde mit bestehenden Technologien nicht immer eindeutig vergleichbar sind.

Gerade zu Beginn der Adoption ist eine stetige Verbesserung der Technologie aufgrund von Lernprozessen zu erwarten, so dass der wahrnehmbare Nutzen nur sukzessive steigt.

### **2.2.2 Kosten**

Die Kosten, die bei Implementierung einer neuen Technologie anfallen, setzen sich zusammen aus den Akquisitionskosten und den Wechselkosten. Letztere bezeichnen Kosten, die für Komplementärinvestition, Prozessreorganisation und Aneignung von Fertigkeiten im Umgang mit der Technologie anfallen.<sup>7</sup> Die zusätzlich notwendigen Investitionen sind zeitintensiv und verzögern damit das Wirksamwerden des Nutzens der Technologie [BT95]. Fallen die Kosten einer neuen Technologie hauptsächlich als Fixkosten an, gewinnt außerdem die Größe des implementierenden Unternehmens an Bedeutung. Nicht nur ein Mangel an bestehenden Ressourcen, sondern insbesondere fehlendes Know-how, an das angeknüpft werden kann, kann zum kritischen Faktor werden.

### **2.2.3 Netzwerkeffekte**

Pfadabhängigkeiten in der Entwicklung technologischer Trajektorien sind zurückzuführen auf selbst verstärkende Momente im Entwicklungsprozess von Technologien. Direkte und indirekte Netzwerkeffekte sind Auslöser solcher selbst verstärkender Effekte. Direkte Netzwerkeffekte beziehen sich auf die Größe eines Netzwerkes und kommen insbesondere bei Technologien zum Tragen, deren Nutzen sich nicht nur aus einem autarken Wert, sondern im Wesentlichen aus dem (erwarteten) Synchronisationswert, d.h. dem kumulierten Nutzen aus den Interaktionsmöglichkeiten bestimmt. Dementsprechend ist jeder hinzu kommende Nutzer einer Technologie Auslöser von positiven externen Effekten, indem er Dritten einen Nutzen verschafft, den diese nicht über den Preis kompensieren müssen. Indirekte Netzwerkeffekte beziehen sich auf die Herausbildung von Standards als förderlicher Faktor der Technologiediffusion [Ar89]. Neben der Bedeutung von Standards spielt gerade in der forschungsnahen Entwicklung von Technologien die Bereitstellung geeigneter Infrastrukturen eine Rolle, um eine kritische Masse an Anwendern zu erreichen. Denn vor Erreichen einer kritischen Masse wirkt sich die mangelnde Anzahl an Anwendern negativ auf den Synchronisationswert aus und es kommt nicht zu den erwünschten positiven Netzwerkexternalitäten [Fr03].

### **2.2.4 Information und Unsicherheit**

Gerade im Hinblick auf forschungsnahen Technologien ist Information über ihre Existenz und über ihre Anwendbarkeit auf bestimmte Problemstellungen essenziell. Informationsträger, die schon über erste Erfahrungen mit der Technologie berichten können, sind dabei von besonderer Relevanz.

---

<sup>7</sup>Komplementärinvestitionen können zum Beispiel Investitionen in die betriebliche Infrastruktur sein.

Die dem Diffusionsprozess inhärente Unsicherheit und Dynamik hat zu der Herausbildung einiger bekannter Adoptionsstrategien geführt. So zeigen Grenadier und Weiss [97], dass bei Technologien, die sich in einer hohen Geschwindigkeit ablösen, die „Leapfrogging“ oder „Laggard“-Strategie vorteilhafte, d.h. dominante Strategien sein können, die eine Diffusion der aktuellen Technologie erschweren oder sogar verhindern (vgl. Tab.1).<sup>8</sup> Technologische Innovationen zu überspringen kann sich aber dann als Nachteil erweisen, wenn die Nutzung einer (aktuellen) technologischen Innovation Lerneffekte erzeugt, die für die Anschlussfähigkeit an Folgeinnovationen notwendig sind [Ka86].

Dominante <b>Adoptionsstrategien</b> in verschiedenen technologischen Umgebungen		<b>Geschwindigkeit</b> des technischen Fortschritts, d.h. wie schnell wird die zukünftige Innovation erwartet	
		schnell	langsam
<b>Relevanz</b> der zukünftigen Innovation; d.h. ihr Wert relativ zu der aktuellen	revolutionär	leapfrog	compulsive
	evolutionär	laggard	buy and hold

Tabelle 1: Dominante Adoptionsstrategien (in Anlehnung an [GW97])

### 2.3 Abgrenzung des Analysekonzepts

Empirische Arbeiten zu Diffusionsprozessen technologischer Innovationen zeichnen üblicherweise Variationen des S-Kurven Verlaufs nach [Ge00]. Es handelt sich damit um deskriptive ex-post Analysen, die keine Handlungsempfehlungen ableiten können. Um jedoch die Erkenntnisse des diffusionstheoretischen Ansatzes für die Managementebene nutzbar zu machen, wird im Rahmen dieser Arbeit eine ex-ante Perspektive eingenommen. Die frühzeitige Analyse einer Technologie in den genannten vier Dimensionen wird damit zu einem hilfreichen Instrument für ein proaktives Innovationsmanagement. Abhängigkeiten der Determinanten werden sichtbar und potenzielle Diffusionsbarrieren können identifiziert werden. Im folgenden Abschnitt ist dazu zunächst der Analyserahmen genauer zu spezifizieren.

---

<sup>8</sup> Die „leapfrog“ Strategie besagt, dass die aktuelle Innovation übersprungen wird, dann aber die zukünftige Innovation adoptiert wird. Bei der „laggard“ Strategie wird die aktuelle Innovation erst dann adoptiert, wenn die zukünftige Innovation verfügbar ist. Bei der „compulsive“ Strategie wird jede Innovation adoptiert während in der „buy-and-hold“ Strategie aktuelle Technologien adoptiert und beibehalten werden; zukünftige Technologien also nicht adoptiert werden.

### 3 Fallstudie: Die Nutzung von Grid in BIS

Betriebliche Informationssysteme definieren und reflektieren den Vermögenswert eines Unternehmens.<sup>9</sup> Die Umsetzung einer – hier anvisierten unternehmensübergreifenden – Grid-basierten Architektur der BIS steht damit vor besonderen Herausforderungen. Nicht nur die Gewährleistung von Datensicherheit, aber auch die Zuverlässigkeit der Prozesse ist geschäftskritisch.

In Anlehnung an das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt BIS-Grid „Betriebliche Informationssysteme: Grid-basierte Integration und Orchestrierung“, welches sich zum Ziel gesetzt hat, ein Service Grid zu entwickeln, das Grid-Technologie zur Integration dezentraler betrieblicher Informationssysteme nutzt, wurde für Expertengespräche über die vier definierten Einflussfaktoren folgendes vereinfachtes Szenario definiert: Betrachtet wird ein Business Grid, in dem von einem Grid-Provider eine kombinierte Leistung aus Rechenleistung und E-Services angeboten wird. Das hier primär betrachtete gesellschaftliche Subsystem ist damit die Wirtschaft mit den ihr inhärenten Anreizmechanismen. Als Anwendungsgebiet werden „betriebliche Informationssysteme (BIS)“ definiert, so dass ein mögliches resultierendes Leistungsobjekt aus einer hardwarenahen Dienstleistung (Rechenleistung), einer Applikationsdienstleistung in Form integrierter betrieblicher Informationssysteme (z.B. ERP, CRM, CAD) und einer Beratungsdienstleistung zusammengesetzt ist.

Dieses Szenario wurde allen Interviewpartnern vor Beginn des Expertengesprächs als Ausgangssituation vorgestellt. Zuvor haben die Gesprächspartner eine ca. 5-minütige Einleitung zu dem diffusionstheoretischen Ansatz als auch zu den vier ausgewählten Dimensionen erhalten. Bei den Interviews handelte es sich um ca. 45-minütige Einzel-Telefoninterviews, die im Zeitraum 17.08.-26.09.2007 durchgeführt wurden.<sup>10</sup> Als Interviewpartner konnten sechs Experten aus dem Bereich Grid-Computing gewonnen werden. Dabei handelte es sich um IT-Fachleute, die zum Zeitpunkt der Befragung in D-Grid II Projekten oder im Rahmen des D-Grid Integrationsprojektes (DGI) tätig waren. Alle Interviewpartner waren in Hochschulen oder wissenschaftlichen Einrichtungen tätig, wobei die Hälfte der Befragten eine Promotion aufweisen konnte und wissenschaftliche Führungspositionen innehatte. Entsprechend eines zuvor erstellten Interviewleitfadens wurden nacheinander Fragen zu den Bereichen Nutzen, Kosten, Netzwerkeffekte, Information und Unsicherheit gestellt. Dabei handelte es sich sowohl um offen als auch geschlossen formulierte Fragen. Die Gespräche wurden mit Hilfe von Tonbandaufnahmen aufbereitet, anonymisiert und entsprechend der vier Dimensionen auf Kernaussagen kondensiert.

---

<sup>9</sup>Das Verständnis eines betrieblichen Informationssystems (BIS) folgt der Definition von Amberg [Am99] und bezeichnet das gesamte informationsverarbeitende Teilsystem eines betrieblichen Systems. Es umfasst sowohl die Ebene der Informationsverarbeitungsaufgaben und ihre Beziehungen als auch die Ebene der Aufgabenträger. Ein Teilsystem betrieblicher Informationssysteme stellen betriebliche Anwendungssysteme (BAS) dar; sie bilden die automatisierten Aufgaben der Informationsverarbeitung, ihre Beziehungen und die automatisierten Aufgabenträger ab.

<sup>10</sup> Ein Interview wurde Face-to-Face durchgeführt.

Die aufbereiteten Aussagen wurden durch den Interviewer schließlich den diffusionsförderlichen und/oder -hinderlichen Faktoren zugeordnet (vgl. Tab.3). Zur Gewährleistung der Konstruktvalidität [Yi94] wurden die den Dimensionen zugeordneten, aufbereiteten Interviewergebnisse sowie die vorgenommene tabellarische Zuordnung (vgl. Tab.3) den einzelnen Interviewpartnern zur Nachprüfung zugesandt und Aussagen respektive Zuordnungen gegebenenfalls modifiziert.

## **4 Ergebnisse der Expertengespräche**

### **4.1 Nutzen**

Im Rahmen des an BIS-Grid angelehnten Szenarios ist potenzieller Nutzen zum Einen dadurch definiert, dass die Grid Technologie dazu verwendet werden kann, eigene betriebliche Informationssysteme Grid fähig zu machen bzw. auszulagern, zum anderen aber auch dadurch, dass eigene Dienste und/oder Ressourcen im Grid zur Verfügung gestellt werden (Grid Providing). Für diese unterschiedlichen Rollen wurden – so notwendig – von den Experten differenzierte Aussagen getroffen. Der von den Experten benannte Nutzen ist auf beide Rollen eines Akteurs übertragbar und lässt sich im Wesentlichen durch zwei Parameter beschreiben (vgl. Tab.3): *Verbesserung* von Merkmalsausprägungen im Sinne höherer Effizienz (Kostensparnis, Schnelligkeit) und *Hinzukommen* einer Merkmalsausprägung insofern, als die Einbindung heterogener Ressourcen über eine Schnittstelle ermöglicht wird. Neben der Gefahr des Kontrollverlustes bei Outsourcing der BIS über Grid ist als diffusionshinderlicher Faktor zu bezeichnen, dass der Begriff Grid im industriellen Umfeld für proprietäre Technologien genutzt wird, die nicht dem eigentlichen Grid Gedanken entsprechen.

### **4.2 Kosten**

Im Bereich der Kosten ist zwischen reiner Nutzung und Grid Providing zu unterscheiden. Für die Situation eines Grid-Providers kann entsprechend der Interviews zusammengefasst werden, dass bestehende Ressourcen in Form von Hardware, Infrastruktur, vorhandener Systemintegration und Know-how Synergiepotenziale freisetzen und damit die Akquisitionskosten respektive Komplementärinvestitionen niedrig halten. Unter der Annahme, dass diese Ressourcen relativ geringer in klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) vorhanden sind, ist dies für KMU in der Rolle eines Providers gleichzeitig als nachteilig zu bewerten. Durch zwei Interviewpartner wurde darauf hingewiesen, dass im Falle hoher Wettbewerbsintensität die Investition in Grid eine strategische Entscheidung darstellt und damit der Kostenaspekt unter Umständen eine nachrangige Bedeutung bekommt. Bei reiner Nutzung von Grid sind die Kosten für den Nutzer umso geringer, je intuitiver die Oberfläche ist, die durch den Provider zur Verfügung gestellt wird. Daran anknüpfend wurde durch einige Interviewpartner geäußert, dass Schulungen und Support für den Endanwender als auch für Provider mit weniger Expertenwissen derzeit in noch nicht ausreichendem Maße vorhanden sind und insbesondere KMU in der Formulierung derartiger Nachfrage zurückhaltend sind.

### 4.3 Netzwerkeffekte

Generell wurden die Chancen auf ein wachsendes Netzwerk für Grid in der Anwendungsdomäne BIS als positiv bewertet. Diese Abschätzung lässt sich durch weitere Hinweise ergänzen: Die Geschwindigkeit, mit der das Netz wachsen kann, wurde umso höher eingeschätzt, je mehr die Wertschöpfung im anwendenden Industriezweig bereits auf Vernetzung basiert. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass dieser Entwicklungsprozess zunächst in vertikaler Richtung (Hersteller-Lieferant) verläuft. Im Hinblick auf Standardisierungsbemühungen kann zwar einerseits als diffusionsförderlich bewertet werden, dass im Bereich der Wissenschaft schon erhebliche Vorarbeit geleistet wurde, andererseits der für die Industrie immens wichtige Parameter der Sicherheit noch keinen ausreichenden Niederschlag im Standardisierungsprozess gefunden hat. Diffusionsförderlich ist das Standardisierungsgremium „OGF“ zu bewerten, in dem seit 2006 sowohl wissenschaftliche als auch industrielle Interessen vertreten sind. Derartige institutionelle Arrangements spielen gerade in der vorwettbewerblichen Forschung eine große Rolle, da durch strategisches Handeln der Akteure technologische Pfade forciert werden [Wi03].

### 4.4 Information und Unsicherheit

In den Interviews wurden große Hürden im Bereich Datensicherheit, Rückfallmechanismen und Handhabbarkeit der Technologie benannt. Fehlende Information über die Technologie Grid an sich als auch die bisherige Vernachlässigung einer breiten, nicht-technisch orientierten Öffentlichkeit kann als diffusionshinderlich bezeichnet werden. Punktuell ist dort vermehrt Öffentlichkeitsarbeit zu verzeichnen, wo eine branchenspezifisch hohe Relevanz identifiziert wurde. Abschließend wurden die Interviewpartner gebeten, die vier Dimensionen für eine erfolgreiche Diffusion von Grid Technologie in BIS zu gewichten, d.h. Werte zwischen 0 und 1 für die Relevanz der einzelnen Determinanten zu vergeben (vgl. Tab.2). In der Tendenz lässt sich feststellen, dass der Kategorie Nutzen und Information/Unsicherheit eine relativ hohe Relevanz beigemessen wird. Netzwerkeffekte wurden nur in einem Fall als wichtigste Dimension klassifiziert (I1).

<i>Gewichtung der Diffusionsdeterminanten</i>	<i>Interviewpartner</i>					
	<b>I1</b>	<b>I2</b>	<b>I3</b>	<b>I4</b>	<b>I5</b>	<b>I6</b>
<b>1. Nutzen</b>	0.05	0.4	0.3	0.25	0.3	0.4
<b>2. Adoptionskosten</b>	0.15	0.1	0.2	0.35	0.3	0.1
<b>3. Netzwerkeffekte</b>	0.5	0.1	0.2	0.15	0.1	0.3
<b>4. Information und Unsicherheit</b>	0.3	0.4	0.3	0.25	0.3	0.2
<b>Summe</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Tabelle 2: Relevanz der Diffusionsdeterminanten

Determinanten der Diffusion der Grid-Technologie (BIS)		Diffusionsförderliche Faktoren	Diffusionshinderliche Faktoren
<b>1. Nutzen</b>		<p>I1:Paradigmenwechsel: Abstraktionsschicht (MW) ermöglicht den Aufbau einer 1:n Beziehung zur sicheren Nutzung entfernter Ressourcen  I2:Nutzen durch Outsourcing definiert und erweitert durch den Service Providing Ansatz  I3:Nutzen durch Kostensenkung, Einbindung heterogener Ressourcen, Schnelligkeit, Effizienz der Ressourcen  I4:Senkung von Anschaffungs- und Administrationskosten von Rechenressourcen, effiziente Nutzung von Ressourcen, Einbindung heterogener HW  I5:Nutzung verteilter Ressourcen unabhängig von Raum und Zeit (Ausnutzung versch. Arbeitszyklen, Investition nach Grundlast, nicht nach Spitzenlast); Zusammengang von Web Services und Grid Services; Unabhängigkeit von SW des Anwenders  I6:Ressourceneffizienz, Produktivitätssteigerung, Einbindung heterogener Ressourcen, Flexibilität</p>	<p>I2:Gefahren des Outsourcing; Nutzung des Begriffes Grid für proprietäre Cluster-Technologie  I5:Industrieseitig Nutzung des Begriffes Grid für bestehende Technologien für Marketingzwecke  I6:Proprietäre Grid Lösungen für Anwendungen im globalen Kontext, Paradigmenwechsel</p>
<b>2. Adoptionskosten</b>	Kosten der Akquisition	<p>I1:Providing: Aufwand für Kapselung der Ressourcen (Orchestrierung) abhängig von vorhandener Enterprise Application Integration (EAI); Implementierung der MW (2-3 PM je MW)  I2:Providing: Abhängigkeit vom Grad der Systemintegration  I3:Strategische Relevanz für GU relativiert Kostenfrage  I4:Providing: Synergieeffekte bei bestehenden HW-Ressourcen und Know-how (Programmierung, Monitoring); reine Nutzung: marginale Kosten bei Zurverfügungstellen einer intuitiven Oberfläche durch Provider  I5:Kostendegression bei Überschreiten einer kritischen Masse an Anwendern (Load Balancing) und Synergieeffekte (HW, Supportinfrastruktur)  I6:In Abhängigkeit der strategischen Relevanz/Nutzenzugewinn aus Grid-Anwendung; Synergieeffekte bei bestehenden Ressourcen und Know-how</p>	<p>I1:Providing: Abhängigkeit vom Grad bestehender Systemintegration als mögliche Hürde für Grid-Providing; Maß an Know-how im Hinblick auf MW notwendig, mögliche Zertifizierungskosten bei industr. Anwendung  I3:Abhängigkeit von Ressourcen und HW als möglicher Nachteil für KMU  I4:Providing:Abhängigkeit von vorhandener HW und Kenntnis der MW (Admin) als möglicher Nachteil für Providing durch KMU  I5:Mögliche Kostenpflichtigkeit der Zertifikate; Providing: Anstieg der Betriebskosten mit Leistungsfähigkeit der Rechenressourcen</p>
	Wechselkosten	<p>I1:Providing: Schulungskosten 3-5 Tage pro Entwicklungsmitarbeiter/Administrator; einfache Handhabe auf Anwenderseite (Unicore 6): 1Tage je MA bei reiner Nutzung  I2:Wechselkosten sinken mit Größe des Unternehmens  I3:Lerneffekte bei geg. Infrastruktur für weitere Applikationen  I5:Providing: Variiert mit der verwendeten MW (1-6 PM)  I6:Make or buy von Grid Diensten: Interner Kompetenzaufbau in Abhängigkeit der strat. Relevanz; Make (OS): 4-6PM zur Lauffähigkeit in kleiner Umgebung</p>	<p>I2:Nicht-technische Probleme bei Implementierung; Endanwendersupport vor Ort fehlt, wird aber zukünftig adressiert; KMU vernachlässigen Weiterbildung  I4:Bedarf an Schulungen für Endanwender ist erkannt und soll intensiviert werden; Schulungen für Provider mit "Nicht-Experten"-Wissen nötig  I5:Schulungsbedarf der Anwender wird nicht formuliert  I6:Zu hoher Schulungsbedarf für Endanwender; Übergang von lokaler zu globaler Grid Lösung birgt kulturelle und legale Fragen/Kosten</p>
<b>3. Netzwerkeffekte</b>	Direkte Netzwerkeffekte	<p>I1:Grad der vorhandenen Vernetzung der jeweiligen Industrie bestimmt die Geschwindigkeit  I2:Aktuell kleines Netzwerk mit möglicherweise hoher Wachstumsrate  I4:Netzwerkeffekte sind zu erwarten  I5:Wachstum von Wissenschaft in Richtung Industrie; Wirkrichtung von Hersteller auf Lieferant; "early birds" in der Automobilbranche (InHouse Grid)  I6:Win-Win Situation in vertikaler Richtung (Hersteller/Lieferant) zu erwarten</p>	<p>I3:Unternehmensinternes Grid: Beschränkung auf große Netze von GU  I4:Nachweisliche Demonstration von "Safety und Security" an Industrie zur Erreichung einer kritischen Masse  I6:Erprobung unternehmensinterner Grids: Global vernetzte GU; KMU als Folger der GU</p>
	Indirekte Netzwerkeffekte	<p>I1:Umsetzung einer standardisierten Schnittstelle mittels Grid-SW möglicherweise in 1-2 Jahren; Industrielle und wissenschaftliche Vertretung in Standardisierungsgremium "OGF"  I2:Etablierte Standards für Web Services (WSDL)  I3:Kompatibilität zu vorhandenen IT-Systemen  I4:WSRF Standard mit guten Chancen zur Durchsetzung (Unterstützung großer MWs)  I5:Interoperabilität der Systeme (MW-MW sowie MW-Clients) schreitet stetig voran  I6:Standardisierung auf vielen Ebenen schreitet voran; Kooperatives Verhalten zwischen OGF und OASIS (web service community) ; Industrie als Anforderungsgeber in OGF</p>	<p>I1:Komplexität bisheriger wissenschaftsgetriebener Standardisierungsansätze, Fokussierung von Sicherheitsaspekten in Standardisierung erst durch Industrie  I2:Grid Service Standard (WSRF) nicht abschließend sicher  I5:Zurückhaltung der Industrie im OGF</p>
<b>4. Information und Unsicherheit</b>		<p>I1:Wissen über Grid-Technologie tendenziell eher in GU vorhanden; erste Lösung "Outsourcing" geschäftskritischer Prozesse  I3:Punktuell intensive Öffentlichkeitsarbeit aufgrund branchenspezifisch hoher Relevanz  I4:Interesse und Information über Grid bei Bedarf an Rechenleistung  I6:Information in Grid-Communities und bei "early adopters" der Industrie</p>	<p>I1:Vertrauen in die Technologie; insb. permanente Zuverlässigkeit der Lösung (Rückfallmechanismen)  I2:Demonstration erster Erfolge fehlt; Unsicherheiten: Handhabbarkeit der MW, Industriespionage, Langlebigkeit der Technologie (OS-MW)  I3:Demonstration messbarer Erfolge fehlt; zu wenig breite Öffentlichkeitsarbeit; Sicherheit unternehmensübergreifender Grids  I4:Hohe Unsicherheit im Hinblick auf Sicherheit (unternehmenskritische BIS); neben Vermarktung des Dienstes ist Vermarktung von Sicherheit zwingend  I5:Unsicherheit hinsichtlich des Implementierungszeitraumes, des Mehrwertes und der Langlebigkeit der Technologie; Leapfrogging von GU  I6:Ökonomisch und institutionell: Mangel an Geschäftsmodellen, Marktaufbau; Sicherheit geschäftskritischer BIS. VPGs (analog zu VPNs) als erste Lösung zu unbekannt</p>

**Agenda:** GU: Großunternehmen; HW: Hardware; IT:Informationstechnologie; KMU: Klein- und mittelständische Unternehmen; MW: Middleware; OASIS: Organization for the Advancement of Structured Information Standards; OGF: Open Grid Forum; OS: Open Source; PM: Personenmonate; SW: Software; VPG: Virtual Private Grid; VPN: Virtual Private Network; WSDL: Web Service Description Language; WSRF: Web Service Resource Framework

Tabelle 3: Ergebnisse der Expertengespräche

## 5 Schlussfolgerung

Mit dem hier verwendeten Instrumentarium lassen sich Diffusionsbarrieren frühzeitig identifizieren und entsprechende Erkenntnisse für Schwerpunktsetzungen im weiteren Entwicklungsprozess zur Überwindung dieser Barrieren ableiten. So haben die Expertengespräche zu Potenzial und Herausforderungen von Grid Technologie in der Anwendungsdomäne BIS gezeigt, dass die Vermittlung eines wahrnehmbaren Nutzens sowie die Umsetzbarkeit und Gewährleistung von Datensicherheit zu den größten Herausforderungen in der nahen Zukunft gehören. Lassen sich diese Faktoren nicht nachweislich demonstrieren, kann keine kritische Masse an Nutzern erreicht werden, die Grid Technologie in einer unternehmensübergreifenden Anwendung akzeptiert. Sollte die Technologie diesen Schritt nicht schaffen, werden sicherlich die anvisierten Nutzenpotenziale (Kostensenkung, Ressourceneffizienz) zur Diskussion stehen. Diese Argumentation gilt insbesondere für die Verbreitung von Grid im Bereich BIS bei klein- und mittelständischen Unternehmen, die aufgrund fehlender Ressourcen auf Kooperationen in einem unternehmensübergreifenden Grid angewiesen sind. Ein „Outsourcing“ von unkritischen Geschäftsprozessen kann hier ein erster Schritt sein, um den Umgang mit der Grid Technologie in der Domäne BIS zu erlernen um dann Multiplikatorfunktion für weitere Anwender ausüben zu können. Großunternehmen dagegen können zu Nutzen durch stufenweise Implementierung gelangen, indem global verteilte Standorte sukzessive in ein unternehmensinternes Grid („enterprise grid“) eingebunden werden.

Der Fokus des hier präsentierten Konzeptes ist darauf gerichtet, theoretisch fundierte und empirisch bestätigte Determinanten der Technologiediffusion heranzuziehen und deren Relevanz für ein neues Anwendungsgebiet zu untersuchen. Mit Hilfe eines Perspektivenwechsels, d.h. aus der ex-ante Perspektive können Handlungsanweisungen formuliert werden, die jedoch einer regelmäßigen Validierung respektive Anpassung bedürfen. In diesem Sinne kann diese Analyse nur eine Momentaufnahme des Diffusionsprozesses abbilden. Um die dem Entwicklungsprozess inhärenten Feedbackschleifen zu berücksichtigen, sind wiederholte Befragungen zu späteren Zeitpunkten notwendig. Darüber hinaus sind zunehmend potenzielle Endnutzer einzubinden. Während hier nur Experten aus dem wissenschaftlichen Umfeld befragt wurden, sind zukünftig unbedingt Unternehmensvertreter einzubinden. Kommunikationsmaßnahmen zum Einsatz von Grid in BIS haben erste Grundlagen geschaffen, um an diesem Punkt anknüpfen zu können.

In wie weit es sich bei Grid tatsächlich um einen Paradigmenwechsel handelt und ihr damit das Attribut „revolutionär“ zuzuordnen ist [Ku70], konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht abschließend geklärt werden. Dies ist im Hinblick auf resultierende strategische Implikationen in einem weiteren Schritt mit Experten zu diskutieren. Dann lassen sich Erkenntnisse zu dominanten Adoptionsstrategien – entsprechend Tabelle 1 – ableiten. Möglicherweise ist eine entsprechende Klassifizierung auch davon abhängig, in welchem industriellen Anwendungsgebiet die Grid Technologie zum Einsatz kommt respektive welche strategische Relevanz die mittels Grid erzielten Gewinne haben.

## Literaturverzeichnis

- [Am99] Amberg, M.: Prozeßorientierte betriebliche Informationssysteme. Springer, Berlin Heidelberg, 1999.
- [Ar89] Arthur, W.B.: Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Events. In: *The Economic Journal* 99, 1989; S. 116-131.
- [Ba69] Bass, F.M.: A New Product Growth Model for Consumer Durables. In: *Management Science* 13, 1969; S. 215-227.
- [BG07] Borchardt, A. and Göthlich, S.: Erkenntnisgewinnung durch Fallstudien. In (Albers, S.; Klapper, D.; Konradt, U.; Walter, A.; Wolf, J. Hrsg.): *Methodik der empirischen Forschung*. 2. Auflage, Gabler, Wiesbaden, 2007; Kap. 1.
- [BT95] Bresnahan, T.F. and Trajtenberg, M.: General Purpose Technologies: Engines of Growth? In: *Journal of Econometrics* 65, 1995; S.83-108.
- [Da85] David, P.A.: Clio and the Economics of QWERTY. In: *American Economic Review* 75, 1989; S. 332-337.
- [Do88] Dosi, G.: Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation. In: *Journal of Economic Literature* 26, 1988; S. 1120-1171.
- [Fo02] Foster, I.: What is the Grid? A Three Point Checklist. Argonne National Laboratory & University of Chicago, 2002. Online unter: [www-fp.mcs.anl.gov/~foster/Articles/WhatIsTheGrid.pdf](http://www-fp.mcs.anl.gov/~foster/Articles/WhatIsTheGrid.pdf) (Zugriff 22.11.2007).
- [Fr03] Friedrich, B.C.: Internet Ökonomie- Ökonomische Konsequenzen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) Eine industrieökonomische Fallstudie. In: *Dresden Discussion Paper Series in Economics* 8, TU Dresden, 2003.
- [Ge00] Geroski, P.A.: Models of Technology Diffusion. In: *Research Policy* 29, 2000; S. 603-625.
- [Gr57] Griliches, Z.: Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. In: *Econometrica* 25, 1957; S. 501-522.
- [Gr06] Grauer, M.: IT aus der Steckdose und Wirtschaftsinformatik. In: *Wirtschaftsinformatik* 48, 2006; S. 68-78.
- [GW97] Grenadier, S.R. and Weiss, A.M.: Investment in technological innovations: An option pricing approach. In: *Journal of Financial Economics* 44, 1997; S. 397-416.
- [Ha05] Hall, B. H.: Innovation and Diffusion. In (Fagerberg, J.; Mowery, D.; Nelson, R. R. Hrsg.): *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press, Oxford, 2005; Kap. 17.
- [Ka86] Kaplan, R.S.: Must CIM be justified by faith alone? In: *Harvard Business Review* 64, 1986; S. 87-93.
- [Ku70] Kuhn, T.S.: *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago University Press, Chicago, 1970.
- [KL05] Kauffman, R.J. and Li, X.: Technology competition and optimal investment timing: a real options perspective. In: *IEEE Transactions on Engineering Management* 52, 2005; S. 15-29.
- [Ro72] Rosenberg, N.: Factors Affecting the Diffusion of Technology. In: *Explorations in Economic History* 10, 1972; S. 3-33.
- [Ro95] Rogers, E.M.: *Diffusion of Innovations*. 4th Edition, The Free Press, New York, 1995.
- [Wi03] Windeler, A.: Kreation technologischer Pfade: ein strukturationstheoretischer Analyseansatz. In (Koch, J.; Schreyögg, G.; Sydow, J. Hrsg.): *Strategische Prozesse und Pfade*, Gabler, Wiesbaden, 2003.
- [Yi94] Yin, R.K.: *Case Study Research, Design and Method*. 2nd Edition, Sage Publications, Thousand Oaks, London, New Delhi, 1994.