

Matros, Raimund; Stute, Philipp; Heereman von Zuydtwyck, Nicolaus; Eymann, Torsten

Working Paper

Make-or-Buy im Cloud-Computing: Ein entscheidungsorientiertes Modell für den Bezug von Amazon Web Services

Bayreuther Arbeitspapiere zur Wirtschaftsinformatik, No. 45

Provided in Cooperation with:

University of Bayreuth, Chair of Information Systems Management

Suggested Citation: Matros, Raimund; Stute, Philipp; Heereman von Zuydtwyck, Nicolaus; Eymann, Torsten (2009) : Make-or-Buy im Cloud-Computing: Ein entscheidungsorientiertes Modell für den Bezug von Amazon Web Services, Bayreuther Arbeitspapiere zur Wirtschaftsinformatik, No. 45, Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Bayreuth, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:703-opus-5524>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/52634>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

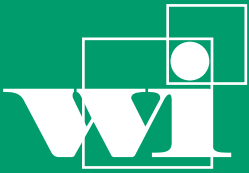
Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



Bayreuther Arbeitspapiere zur Wirtschaftsinformatik

Raimund Matros, Philipp Stute, Nicolaus Heereman von Zuydtwyck, Torsten Eymann

Make-or-Buy im Cloud-Computing – Ein entscheidungsorientiertes Modell für den Bezug von Amazon Web Services

Bayreuth Reports on Information Systems Management



Die Arbeitspapiere des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik dienen der Darstellung vorläufiger Ergebnisse, die i. d. R. noch für spätere Veröffentlichungen überarbeitet werden. Die Autoren sind deshalb für kritische Hinweise dankbar.

Alle Rechte vorbehalten. Insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen – auch bei nur auszugsweiser Verwertung.

Authors:

Raimund Matros
Philipp Stute
Nicolaus Heereman von Zuydtwyck
Prof. Dr. Torsten Eymann

The Bayreuth Reports on Information Systems Management comprise preliminary results which will usually be revised for subsequent publications. Critical comments would be appreciated by the authors.

All rights reserved. No part of this report may be reproduced by any means, or translated.

**Information Systems Management
Working Paper Series**

Edited by:

Prof. Dr. Torsten Eymann

Managing Assistant and Contact:

Raimund Matros
Universität Bayreuth
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (BWL VII)
Prof. Dr. Torsten Eymann
Universitätsstrasse 30
95447 Bayreuth
Germany

Email: raimund.matros@uni-bayreuth.de

ISSN 1864-9300

Make-or-Buy im Cloud-Computing – Ein entscheidungsorientiertes Modell für den Bezug von Amazon Web Services

Zusammenfassung [deutsch]

Die Frage nach Eigenfertigung oder Fremdbezug von IT-Servicedienstleistungen ist häufiger Bestandteil unternehmerischer Entscheidungen. Neben bekannten Outsourcingvarianten wie z. B. Application-Service-Provisioning, steht neuerdings eine weitere Alternative zur Verfügung: Cloud-Computing. In dem vorliegenden Artikel wird die Problemstellung „Eigenerstellung oder Fremdbezug von Cloud-Computing-Services“ untersucht. Dabei wurde ein formaler Ansatz für die Make-or-Buy-Entscheidung entwickelt, dessen Verlässlichkeit durch die Anwendung auf realistische Szenarien gezeigt wird. Die Untersuchung zeigt auch, dass neben der in der Literatur verbreiteten Ansicht, die Wirtschaftlichkeit von Cloud-Computing-Services hänge vor allem von der übertragenen Datenmenge ab, sowohl der von den Autoren neu eingeführte Auslastungsgrad, welcher Schwankungen in der Auslastung der Rechenkapazität beschreibt, als auch die Menge an zu speichernden Daten eine wesentliche Rolle spielen. Diese Beobachtung ist auf Skalen- und Risiko-Pooling-Effekte zurückzuführen, wie sie seitens der Cloud-Computing-Anbieter ausgenutzt werden um ihre Kosten durch Fixkostendegression zu senken.

Stichworte [deutsch]

Cloud-Computing, Make-or-Buy, Transaktionskosten, Break-Even

Vorspann als Fließtext ohne Spiegelstriche [deutsch]

In dem vorliegenden Artikel wird die Problemstellung „Eigenerstellung oder Fremdbezug von Cloud-Computing-Services“ untersucht. Dabei wurde ein formaler Ansatz für die Make-or-Buy-Entscheidung entwickelt, dessen Verlässlichkeit durch die Anwendung auf realistische Szenarien gezeigt wird. Die Untersuchung zeigt auch, dass neben der in der Literatur verbreiteten Ansicht, die Wirtschaftlichkeit von Cloud-Computing-Services hänge vor allem von der übertragenen Datenmenge ab, sowohl der von den Autoren neu eingeführte Auslastungsgrad, welcher Schwankungen in der Auslastung der Rechenkapazität beschreibt, als auch die Menge an zu speichernden Daten eine wesentliche Rolle spielen. Diese Beobachtung ist auf Skalen- und Risiko-Pooling-Effekte zurückzuführen, wie sie seitens der Cloud-Computing-Anbieter ausgenutzt werden um ihre Kosten durch Fixkostendegression zu senken.

1 Entscheidungsproblem Eigenfertigung oder Cloud-Computing-Fremdbezug

Die Frage nach Eigenfertigung oder Fremdbezug von IT-Servicedienstleistungen ist häufiger Bestandteil unternehmerischer Entscheidungen. Wo Entscheider in IT-Abteilungen bislang zwischen Application-Service-Provisioning oder Managed Services wählen konnten, steht neuerdings eine weitere Alternative zur Verfügung: Cloud-Computing. Darunter wird die Bereitstellung von IT-Services verstanden, die nach Bedarf und ohne gesonderte Rüstkosten über das Internet erfolgen kann [Weiss 2007, S. 22; Bégin 2008, S. 7 ff.; Hayes 2008, S. 9 ff.]. Zentraler Bestandteil der Bereitstellung und Dienstleistungserbringung ist die aufwandsgerechte Abrechnung der Leistung, wie sie seit langem in der Literatur gefordert wird [Foster und Tuecke 2005, S. 32; Stockinger 2007, S. 6]. Einer der größten Anbieter von Cloud-Computing-Services ist Amazon Web Services (AWS). Obwohl AWS eine beachtliche Anzahl an Kunden vorzuweisen hat¹, ist die Bepreisung von IT-Services in verteilten Infrastrukturen, und damit auch die Entscheidungsgrundlage für Make-or-Buy-Entscheidungen, eine ungelöste Herausforderung aktueller Forschung [Caracas und Altmann 2007, S. 3]. Nachfrager von entfernten IT-Services mangelt es an geeigneten Werkzeugen um rationale Make-or-Buy-Entscheidungen treffen zu können [Klems et al. 2008, S. 1 f.]. Die Ergebnisse einer empirischen Untersuchung von Grid-Computing-Nutzern signalisieren ebenfalls Forschungsbedarf, da herkömmliche Total-Cost-of-Ownership-Modelle in verteilten Systemen, wie z. B. im Cloud-Computing, nicht anwendbar sind [Westhoff 2008]. Der vorliegende Artikel liefert einen Beitrag zur aktuellen Diskussion der Abrechnung und entscheidungsorientierten Analyse von Cloud-Computing-Diensten. Durch die Entwicklung eines theoretischen Ansatzes werden Aussagen über die Vorteilhaftigkeit von fremdbezogenen Cloud-Computing-Services getroffen. Durch eine Überprüfung anhand ausgewählter Fallbeispiele, die den Fremdbezug von AWS zum Gegenstand haben, wird die praktische Anwendbarkeit analysiert und konkrete Handlungsempfehlungen gegeben. Anschließend werden die Grenzen des Modells analysiert und kritisch diskutiert. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse und einem Ausblick auf weiterführende Forschungsfragen.

2 Stand der Forschung

Die meisten Arbeiten mit Bezug zu Eigenfertigung oder Fremdbezug in verteilten Systemen beschäftigen sich mit der möglichst akkuraten Verrechnung von elektronischen Leistungen und sind im Bereich Grid-Computing zu finden [Foster et al. 2001, S. 200 ff.]. Grid-Computing ist technologische Grundlage und Enabler des Cloud-Computing-Geschäftsmodells [Jha et al. 2008, S. 1].

¹ Laut einer Pressemitteilung von Amazon haben sich bislang (Stand Oktober 2008) 440.000 Benutzer bei Amazon Web Services registriert. (Quelle: <http://aws.amazon.com/>)

Caracas und Altmann beschäftigen sich in ihrer Arbeit mit der Analyse von Abrechnungseinheiten und Preisschemata ohne sich mit einem entscheidungsorientierten Ansatz zu beschäftigen [Caracas und Altmann 2007, S. 3]. Die meisten Arbeiten zu verteilten Grid-Systemen, die sich mit Leistungsverrechnung befassen, haben die automatisierte Allokation innerhalb einer Systemumgebung zum Ziel [Beardsmore et al. 2002; Barmouta und Buyya 2003; Dimitrakos et al. 2003; Rosario et al. 2003; Gardfjall et al. 2006]. Die Anzahl der Arbeiten, die reale Kosten in Ihre Betrachtung miteinbeziehen, ist dahingegen sehr überschaubar. Afgan und Bangalore sehen die Absenz eines allgemeinen Verrechnungsansatzes als Hinderungsgrund für die Verbreitung von Grid bzw. Cloud-Services ohne einen eigenen Lösungsansatz zu präsentieren [Afgan und Bangalore 2007, S. 88]. Brandl et al. liefern in ihrer Arbeit einen technisch orientierten Ansatz zur Bestimmung von Verrechnungsschlüsseln für Hardware-Einheiten bei einzelnen Service-Aufrufen durch Load-Tests [Brandl et al. 2007, S. 85 ff.]. Der Fokus der Arbeit liegt auf der innerbetrieblichen Kapazitätsplanung, die nur indirekt mit der Make-or-Buy-Entscheidung verbunden ist. Göhner et al. erkennen auch die unzureichenden Verrechnungsansätze in verteilten Umgebungen und entwickelten, ähnlich wie Brandl et al., ein Schema für die Verrechnung von Service-Aufrufen [Göhner et al. 2007, S. 7 ff.]. Dabei verwenden sie das Konzept der Prozesskostenrechnung und fokussieren sich auf die Abrechnung innerhalb virtueller Organisationen. Make-or-Buy-Entscheidungen werden nicht thematisiert. Hier setzen Opitz et al. an und zeigen an einem Fallbeispiel die kostenrechnerische Vorteilhaftigkeit von Grids [Opitz et al. 2008, S. 395 f.]. Die Annahmen bezüglich der Kosten und ihrer Verteilung sowie die Schlüsselung der Kosten lassen jedoch keine entscheidungsorientierten Analysen für den Einzelfall zu [Opitz et al. 2008, S. 387 ff.]. Die betrachteten Fallbeispiele entstammen der Forschungswelt und sind daher nicht mit einer kommerziellen Anwendung vergleichbar. Palankar et al. untersuchen ebenfalls einen Anwendungsfall in einem Forschungsszenario und kommen zu dem Schluss, dass sich AWS, in ihrem Fall der Speicherdienst vom Amazon, nicht lohnt [Palankar et al. 2007, S. 14 f.]. Der Schwerpunkt ihrer Arbeit liegt allerdings auf technischen Anforderungen. Obwohl sie zusätzlich mit Kostennachteilen argumentieren bleiben sie eine detaillierte Analyse schuldig. Einen weiteren Beitrag leistet Gray, indem er die vier Kostenkomponenten Datentransfer, Rechenleistung, Datenbankzugang und Datenspeicherung für die Kostenermittlung von IT-Services identifiziert. Anhand dieser Kosten gelangt er in einer Fallvergleichsanalyse zu dem Schluss, dass die Nutzung von Cloud-Computing nur für Nutzungsprofile mit geringem Datentransfer und geringem Datenvolumen vorteilhaft ist [Gray 2004, S. 6]. Außerdem konstatiert er, dass Transportkosten einen Großteil der Gesamtkosten ausmachen. Klems et al. hingegen versuchen sich dem Problem mit einem abstrakten Bezugsrahmen zu nähern [Klems et al. 2008, S. 1]. Sie zielen nicht nur auf Transportkosten ab sondern identifizieren drei Basisdienste (Storage, Processing, Transfer) die von Cloud-Computing-Providern erbracht werden. Ziel

ihrer Arbeit ist die Bestimmung der Vorteilhaftigkeit von fremdbezogenen Cloud-Computing-Diensten. Sie sehen Ihren Bezugsrahmen als Basis für die Erweiterung eines Total-Cost-of-Ownership-Referenzmodells [Klems et al. 2008, S. 3], bleiben aber einen formalen Ansatz schuldig. Des Weiteren fehlt die Identifikation konkreter Kosten ohne die eine entscheidungsorientierte Kostenrechnung nicht möglich ist.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen neuen, formalen Ansatz zu entwickeln, der bestehende Erkenntnisse aufgreift um rationale Entscheidungen über die Vorteilhaftigkeit von fremdbezogenen Cloud-Computing-Diensten zu ermöglichen.

3 Theoretischer Rahmen für die Make-or-Buy-Entscheidung im Cloud-Computing

Für die Entwicklung des theoretischen Rahmens wird im Folgenden wird auf die Arbeiten von Koomey, Gray, Klems et al., Göhner et al. und Opitz et al. zurückgegriffen um die Kosten zu identifizieren [Gray 2004; Göhner et al. 2007; Koomey et al. 2007; Klems et al. 2008; Opitz et al. 2008]. Die Kostenquantifizierung erfolgt im vierten Abschnitt und richtet sich nach aktuellen statistischen Daten sowie öffentlich zugänglichen Unternehmensdaten. Des Weiteren wird die Idee der Entscheidungsorientierung bei Cloud-Computing von Opitz et al. und Klems et al. aufgegriffen. Weitere notwendige theoretische Grundlagen aus der Kosten- sowie der Transaktionskostentheorie werden nachfolgend erläutert.

3.1 Entscheidungsproblem Fremdbezug aus Kostensicht

Unternehmen entscheiden individuell, ob ökonomische Ziele durch marktorientierte oder innerbetriebliche Transaktionen verfolgt werden [Porter 1999, S. 379]. Die Entscheidung nach Eigenfertigung oder Fremdbezug ist häufig komplexer als zunächst für den Entscheider ersichtlich [Picot und Franck 1993, S. 181]. Diese Entweder-Oder-Entscheidung, die unter dem Terminus „Make-or-Buy“ bekannt ist, legt den Integrationsgrad der Unternehmung fest [Rembeck 1973, S. 25]. Der bekannteste Ansatz für diese Entscheidung ist die Methode der Kostenrechnung [Picot und Franck 1993, S. 183]. Dabei werden dem Marktpreis die Rohstoffpreise zuzüglich der Kosten für den Leistungserstellungsprozess gegenübergestellt [Männel 1984, S. 77 ff.]. Da beim Cloud-Computing der Fremdbezug neben den Marktpreisen zusätzliche Kosten für die Bereitstellung verursacht, werden im Folgenden alle relevanten Kostenbestandteile anhand der Transaktionskostentheorie erläutert.

3.2 Transaktionskostentheorie als Grundlage für die Make-or-Buy-Entscheidung

Bei der Erstellung von Cloud-Computing-Services fallen verschiedenartige Produktionskosten an. Die Produktionskosten können in fixe Anteile, wie z. B. Hard- und Software, Kommunikation bzw. Personal, und variable Anteile, wie z. B. Elektrizität, unterteilt werden. Bei Fremdbezug entstehen Kosten für die zu beziehende Leistung sowie Transaktionskosten. Die Gegenüberstellung der Produktionskosten und der Kosten für den Fremdbezug ermög-

licht eine rationale Auswahl einer der beiden Alternativen. Grundlage dieser Entscheidung ist die Transaktionskostentheorie [Williamson und Streissler 1990, S. 96 f.]. Ein Unternehmen entscheidet sich für Eigenerstellung, wenn die Kosten der Koordination über den Markt höher sind als die Kosten für eine unternehmensinterne Leistungserbringung. Für die Entscheidung über den Fremdbezug von Cloud-Computing-Diensten wurden, wie in Bild 1 ersichtlich, die vier relevanten Faktoren Commoditisierungsgrad, Unsicherheit, Standortpezifität und Häufigkeit identifiziert, die die Entscheidung beeinflussen können und im Folgenden kurz erläutert werden.

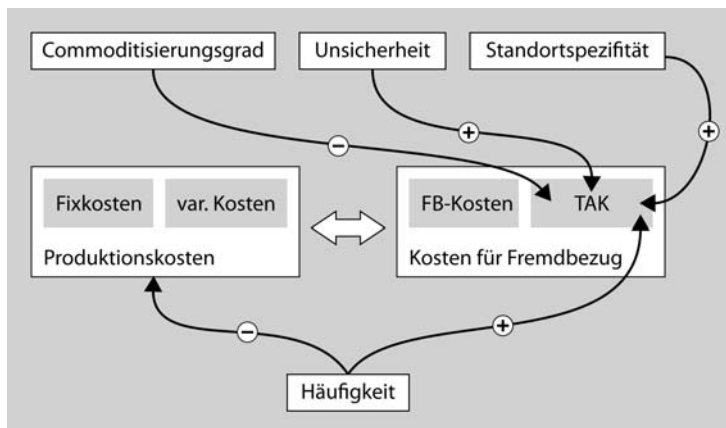


Bild 1 Transaktionskostenmodell für Cloud-Computing-Dienste

3.2.1 Commoditisierungsgrad

Commodities sind leicht austauschbare Standardprodukte. Da der Fall eines vollständigen Substitutes in der Regel nicht gegeben ist, kann der Grad an Commoditisierung als eine Kennzahl für Austauschbarkeit verstanden werden. Beispielsweise kann bei börsengehandelten Produkten² von einem hohen Commoditisierungsgrad ausgegangen werden. Cloud-Computing-Dienste wie z. B. Rechenleistung oder Speicherkapazität können ebenfalls einen hohen Commoditisierungsgrad aufweisen [Carr 2003, S. 44 ff.]. Eine Reihe von Faktoren trägt zum leichteren Austausch von Cloud-Computing-Services bei: Standardisierungen durch Gremien oder Institutionen³ oder z. B. niedrige Wechselkosten. Im Idealfall ist die Menge an Produktattributen, die für eine Kaufentscheidung von Bedeutung ist, auf den Preis beschränkt. Dann ist ein schneller Wechsel des Anbieters möglich und die Transaktion geht mit geringen Kosten einher. Die Anbieter können zudem die Nachfrage nach diesen nicht-spezifischen Gütern aggregieren und somit Risiko-Pooling-Effekte ausschöpfen [Williamson 1981, S. 552]. Das vorliegende Modell geht von einem hohen Commoditisierungsgrad aus,

² Der institutionelle Handel von Commodities ist über Börsen, wie z. B. die Chicago Mercantile Exchange, geregelt. Dort werden vorwiegend Agrargüter größtenteils über den Preis gehandelt.

³ Ein IT-Standardisierungsgremium mit Relevanz für Cloud-Computing-Services ist beispielsweise die Storage Networking Industry Association (<http://www.snia.org/>), die sich um standardisierte Speicherlösungen bemüht. Standardisierungen können allerdings auch durch Mitwirkungen von Institutionen wie z. B. staatlichen Einrichtungen durchgesetzt werden.

wie er bei dem Angebot von Amazon Web Services vorliegt. Neben der leichten Austauschbarkeit werden die Transaktionskosten auch noch von Unsicherheit beeinflusst.

3.2.2 Unsicherheit

Williamson unterscheidet parametrische Unsicherheit und Verhaltensunsicherheit. Die parametrische Unsicherheit beschreibt das Risiko unvorhergesehener Umweltzustände. Im Cloud-Computing kann damit die Unsicherheit der Dienstübertragung durch das Internet und das Risiko eines Systemausfalls beim Provider abgebildet werden. Systemausfälle können sich sowohl im Unternehmen als auch bei Geschäftspartnern ereignen. Die Ausfallverteilung für die internen Systeme kann auf Basis eigener Messungen geschätzt werden. Für die Ausfallwahrscheinlichkeit in verteilten Systemen können keine Aussagen getroffen werden. Hier müssen vertragliche Vereinbarungen die Zuverlässigkeit festlegen. Eine Untersuchung von Dai zeigt, dass die Verteilung von Ausfällen in verteilten Systemen nicht normalverteilt ist und durch komplexe Abhängigkeiten gekennzeichnet sein kann [Dai et al. 2007, S. 681 f.]. Aus diesem Grund, und der Möglichkeit der vertraglichen Absicherung, wird im Rahmen dieser Arbeit der Unterschied bei der technischen Unsicherheit von Make-or-Buy-Entscheidung vernachlässigt. Von einem systemischen Risiko bei der Dienstübermittlung durch das Internet wie auch von der Verhaltensunsicherheit in Form von Principal-Agent-Konflikten wird ebenfalls abstrahiert.

3.2.3 Standortspezifität

Im Fall von fremdbezogenen Cloud-Computing-Diensten fallen Übertragungskosten bei der Dienstübermittlung durch Internetprovider an. Durch diesen Transportkostensatz werden die Transaktionskosten für den Fremdbezug beeinflusst. Umso niedriger der Transportkostensatz ausfällt umso geringer ist die Standortspezifität.

3.2.4 Häufigkeit

Mit der Häufigkeit ist die Menge an zu übertragenden Daten gemeint. Dieser variable Wert beeinflusst ebenfalls die Transaktionskosten [Gray 2004, S. 6]. Durch die Ausweitung der Dienste auf Speicherung von Daten in der Cloud reduzieren sich die Transaktionskosten jedoch nahezu auf die einmalige Übertragung der Daten. Ein detaillierter generischer Ansatz zur Kostenanalyse soll nun untersuchen, inwieweit Commoditisierungsgrad und Standortspezifität die Entscheidung zwischen Eigenbereitstellung der Rechenleistung und Bezug von einem Cloud-Computing-Anbieter beeinflussen.

3.3 Entscheidungsmodell für Cloud-Computing

Um zu einem entscheidungsorientierten Modell zu gelangen wird im Folgenden der transaktionskostentheoretische Ansatz formalisiert und in ein Kostenvergleichsmodell für Cloud-Computing umgewandelt. Der verwendete Ansatz greift auf die Break-even-Analyse zurück.

Diese bestimmt in ihrer Grundform die erforderliche Absatzmenge eines Produkts, bei der die anfallenden Gesamtkosten von den Erträgen gedeckt werden [Welzel 1987, S. 5]. Ein ähnlicher Ansatz, ohne Bezug zu Cloud-Computing-Diensten, ist in der Literatur bei Herff zu finden, der, ausgehend von einem Break-Even-Ansatz, ein Modell zur Entscheidungshilfe für Eigenfertigung oder Fremdbezug entwickelt hat [Herff 2002, S. 65 f.].

Als Produkt für das entwickelte Modell wird hier die Überlassung einer Rechenleistungseinheit (x_c) für einen definierten Zeitraum, beispielsweise eine Stunde, einen Monat oder ein Jahr betrachtet. Zunächst folgt die Untersuchung der Kosten der Eigenerstellung (K^E). Die fixen Kosten (K_{fix}) ergeben sich aus den Kosten für Speicherkapazität in Abhängigkeit von der bereitgestellten Menge ($p_s(x_s) \cdot x_s$) sowie anderen Fixkosten wie z. B. Personalkosten (K_{other}). Der Preis für die Speicherkapazität ist in der Realität nicht pro Gigabyte (GB) fixiert, so dass dieser sich mit steigender Menge in Intervallen mit den Intervallgrenzen b_s verändert. Die variablen Kosten ($k_{var}(a)$) bestehen aus dem Quotient der Infrastrukturkosten für eine Einheit Rechenleistung (k) und dem Auslastungsgrad (a). Dieser Auslastungsgrad wird folgendermaßen definiert: Die betrachtete Entscheidungssituation gibt ein Service-Level-Agreement (SLA) vor, welches beispielsweise einen minimalen Datendurchsatz zum Gegenstand hat. Allerdings wird innerhalb des Modells von SLAs wie z.B. Latenzzeit, die nicht durch Rechenoperationen zu erfüllen sind, abstrahiert. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache und unter Annahme nicht konstanter Nutzungsverläufe ist bei Eigenerstellung eine 100%ige Auslastung der Infrastruktur nicht möglich. Der Auslastungsgrad ist normiert zwischen 0 und 1, je nach approximierter Nutzungsschwankung. Dies soll an einem Beispiel verdeutlicht werden: Wird die maximal benötigte Rechenleistung von 500 GFLOPS bspw. nur zu 1/10 des betrachteten Zeitraums zu 100% genutzt, die restliche Zeit jedoch nur eine Basislast von 20% besteht, so ergibt sich der Auslastungsgrad (a) zu:

$$a_{\text{Beispiel}} = \frac{1}{10} \cdot 100\% + \frac{9}{10} \cdot 20\% = 28\%$$

Sind die Angaben über die Auslastung lediglich als komplexere Funktion und nicht in der dargestellten Weise stufenweise darstellbar, so kann die Schätzung der Auslastung auch stetig durch Integration über die betrachtete Periode durchgeführt werden. Im Gegensatz dazu ist bei Fremdbezug von Cloud-Computing-Services jederzeit eine nahezu bedarfsgerechte Anpassung der bezogenen Rechenleistungskapazität an den aktuellen Bedarf möglich. Daraus ergibt sich für die Kosten der Eigenerstellung:

$$K^E = K_{fix}(x_s) + k_{var}(a) \cdot x_c$$

mit

$$K_{fix}(x_s) = \left\{ \begin{array}{l} p_{s1} \cdot x_s + K_{other} \text{ für } x_s \in [0; b_{s1}[\\ \dots \\ p_{sn} \cdot x_s + K_{other} \text{ für } x_s \in [b_{sn-1}; \infty[\end{array} \right\}$$

und

$$k_{var}(a) = \frac{k}{a}$$

Wird die betrachtete Leistung von einem externen Anbieter erbracht, so muss das Unternehmen dafür einerseits den vereinbarten Preis für Rechenleistung ($p_c \cdot x_c$) und Speicherplatz ($p_{fn}(x_s) \cdot x_s$) entrichten, andererseits zusätzlich die Kosten tragen, die bei der Übertragung der maßgeblichen Daten zum Anbieter entstehen ($p_T(x_T) \cdot x_T$). Diese bestehen aus Kosten für die eigene Internetanbindung und aus Kosten, die durch den Cloud-Computing-Anbieter berechnet werden. Wie auch bei der Eigenerstellung sind die Kosten für Speicherkapazität und Datenübertragung nicht pro GB fixiert, so dass auch hier je nach Anbieter komplexere Funktionen zum Einsatz kommen.

$$K^F = p_c \cdot x_c + p_T(x_T) \cdot x_T + p_{fn}(x_s) \cdot x_s$$

Um den Punkt zu ermitteln, ab welchem die Eigenerstellung gegenüber dem Fremdbezug vorteilhaft ist, werden die Kosten gleichgesetzt und nach der Menge an Rechenleistungseinheiten umgestellt. Daraus ergibt sich eine vom Auslastungsgrad, der übertragenen Datenmenge sowie der Menge der gespeicherten Daten abhängige Funktion:

$$f(x_T, x_s, a) = x_c = \frac{K_{fix}(x_s) - p_T(x_T) \cdot x_T - p_s(x_s) \cdot x_s}{p_c - k_{var}(a)}$$

Die Aussage der Funktion ist wie folgt zu interpretieren: Bei einer Schätzung des durchschnittlichen Auslastungsgrades bei Eigenerstellung sowie der übertragenen und gespeicherten Daten in GB gibt das Modell die Menge an Rechenleistungseinheiten an, ab welcher der Fremdbezug von Cloud-Computing-Services nicht mehr wirtschaftlich ist. Sind Zähler und/ oder Nenner negativ, so kehrt sich die Interpretation der Funktion um: Sie gibt dann eine Menge von Rechenleistungseinheiten zurück, ab der der Fremdbezug vorzuziehen ist. Die Funktion ist in Bild 2 dargestellt. Auf der Applikate ist die Indifferenzmenge abgetragen, die sich in Abhängigkeit von den erforderlichen Speicherkapazitäten (x_s , Abszisse) sowie des Auslastungsgrades (a , Ordinate). Die Traffickmenge (x_T) wurde hier als konstant definiert. Die markanten Wendepunkte sind auf die abschnittsweise definierten Kostenfunktionen für Speichermenge (x_s) und Traffickmenge zurückzuführen.

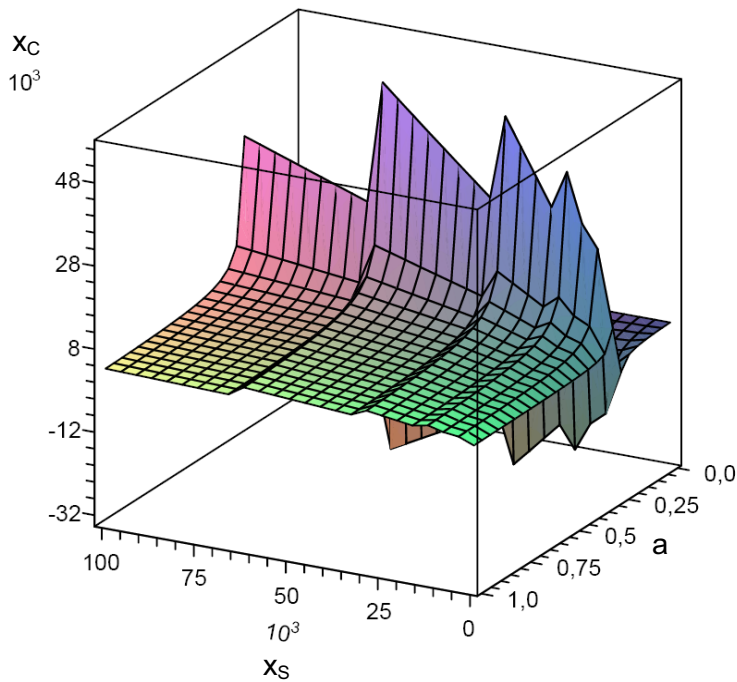


Bild 2 Grafische Darstellung der Indifferenzmenge

3.4 Beschränkungen und Grenzen des Entscheidungsmodells

Das beschriebene Modell unterliegt in der dargelegten Form einigen Annahmen. Diese sind in Annahmen der betrachteten Kosten der Eigenerstellung und des Fremdbezugs sowie Annahmen der Verwendung von Kostenrechnungsansätzen im Generellen und des Kostenvergleichs im Speziellen zu unterteilen. Zunächst sollen die Einschränkungen der betrachteten Kosten der Eigenerstellung betrachtet werden:

- Einmalige Kosten der Eigenerstellung wie Setup-Kosten etc. werden im Modell ausgeblendet [Mißler-Behr und Hötger 1996, S. 4]
- Bei geringen Mengen an nachgefragter Rechenleistung können in der Indifferenzmenge Ungenauigkeiten auftreten, da ein moderner Computer ein Vielfaches der hierbetrachteten Einheit (1 GFLOPS) zur Verfügung stellt, das Modell jedoch die beliebige Teilbarkeit der Ressourcen unterstellt.
- Das Modell erlaubt eine Aussage lediglich im Intervall bis zur vollen Auslastung der Ressourcen, deren Berücksichtigung mit Fixkosten erfolgt.

Hinsichtlich der Kosten des Fremdbezugs von Cloud-Computing-Services ist festzuhalten, dass die Produktattribute für Cloud-Computing-Services sich an das Geschäftsmodell von Amazon Web Services anlehnen, da dieser Anbieter zurzeit den Markt definiert und als Provider im folgenden Anwendungsbeispiel einbezogen wird.

Neben modellbezogenen Annahmen und Beschränkungen gibt es auch allgemeine Grenzen bei der Verwendung von Kostenrechnungsansätzen für die Make-or-Buy-Entscheidung. Männel merkt in diesem Zusammenhang an, dass die ausschließliche Konzentration auf Kostenvergleiche nicht immer zielführend ist [Männel 1973, S. 63]. Picot und Wolff äußern sich in einer ähnlichen Weise [Picot und Wolff 1994, S. 59]. Beide Autoren erläutern insbesondere die wichtige Beziehung von organisatorischen Verflechtungen bei der Wahl der Fertigungstiefe und die Berücksichtigung von relevanten Rahmenbedingungen, die neben dem Kostenaspekt zum Tragen kommen können. Zudem geht das Modell davon aus, dass alle Einflussgrößen für die Errechnung der Indifferenzmenge bekannt und sicher sind [Ewert und Wagenhofer 2005, S. 197].

4 Anwendungsbeispiel für Amazon Web Services

4.1 Identifikation relevanter Kosten für die Eigenerstellung

Bei der Erstellung von Cloud-Computing-Services fallen verschiedenartige Kosten an, die in die Kategorien Hard- und Software, Kommunikation, Elektrizität und Personal eingeordnet werden können. Von den Kosten für die Gebäudeinfrastruktur wird abstrahiert, da in den Beispielen auf eine Erweiterung der Rechenleistungskapazität in einem vorhandenen Rechenzentrum abgestellt wird. Es handelt sich demnach um ein zusätzliches Projekt, so dass die Schlüsselung von Server-Racks auch bei kleineren Mengen Racks sinnvoll ist, da sie anderweitig genutzt werden können bzw. vorhandene nutzbar sind und für die Betreuung der Hardware der Einsatz eines Service-Technikers ausreicht. Als Einheit für Rechenleistung wird Floating Point Operations per Second (FLOPS) verwendet. Trotz der Defizite, die dieser Einheit bezüglich ihrer Vergleichbarkeit zugeschrieben werden, erscheint sie zum jetzigen Zeitpunkt als bestgeeigneter Maßstab. Die Kosten sind gemäß des Modells in fixe und variable Kosten zu unterteilen. Als Wechselkurs für notwendige Währungsumrechnungen wird 0,7729 €/€⁴ verwendet.

4.1.1 Variable Kosten

Anhand des TrueTCO-Modells [Kooimey et al. 2007, S. 2 f.] wurden Kosten identifiziert, welche für die Schlüsselung auf eine Rechenleistungseinheit geeignet sind bzw. ihr direkt zuzurechnen sind. Dazu gehören unter anderem die Anschaffungskosten des Servers, der Energieverbrauch, die Netzwerkinfrastruktur und die notwendigen Racks (Vgl. Tabelle 1). Dabei wurde ein aktueller Strompreis für Geschäftskunden zugrunde gelegt [BMW 2008]. Bei den Anschaffungskosten sowie Verbrauchswerten für den ausgewählten Server wurden die Angaben des Herstellers zugrunde gelegt. Andere Preise und Verbrauchswerte entstammen dem erwähnten Modell.

⁴ Stand: 23.10.2008

4.1.2 Fixe Kosten

Gemäß einer Studie des Marktforschungsinstitutes PersonalMarkt Services betrug das Bruttojahresgehalt für Beschäftigte der deutschen IT-Branche ohne Personalverantwortung (Beratung, Entwicklung, Administration, Support) im Jahr 2007 zwischen 37.340 und 63.239 Euro [o.V. 2008]. Laut Eurostat kamen 2006 in Deutschland zu den Bruttolöhnen noch 31% zu den Gesamtarbeitskosten hinzu [Eurostat 2008]. Somit reicht die Bandbreite der Gesamtarbeitskosten von 48.925 bis 82.211 Euro. Approximativ wird ein Mittelwert verwendet. Dazu addieren sich die Kosten für das Bereithalten von Speicherkapazität. Diese sind wie im Modell beschrieben in Intervallen definiert um den auftretenden Skaleneffekten Rechnung zu tragen. Die Bandbreite für die gesamten Kosten für ein GB/Monat reicht von 1,80€ bis 0,25€ bei großen Speichermengen⁵.

Tabelle 2 Kostenschlüsselung der Serverkosten

Server-Hardware

Typ ⁶	HP DL160p G5
Leistung in GFLOPS ⁷	42,56
Anschaffungspreis ⁶	1.212,68
Nutzungsdauer Server/Networking/Rack Management in Jahren ⁸	3
Nutzungsdauer Rack/Kabel in Jahren ⁸	15
(Deutscher) Strompreis in €/kWh ⁹	0,1069
Anschaffungskosten Server pro Jahr	404,23

Energie

Stromverbrauch Server in W ¹⁰	205
Stromverbrauch Kühlung in W ⁸	133,25
Stromverbrauch Auxiliaries in W ⁸	71,75
Gesamter Stromverbrauch in KW	0,41
Energiekosten Server pro Jahr	383,94

Networking

Stromverbrauch pro U in KW ⁸	0,150
Höheneinheiten Networking pro Server ⁸	0,125
Preis pro Höheneinheit Networking ⁸	1.159,35
Preis Networking pro Server ⁸	144,92
Kosten für Verkabelung pro Server ⁸	196,24
Networkingkosten Server pro Jahr	25,23

Rack

Anschaffungskosten Rack (42U) und Hardware ⁸	6.183,20
Anschaffungskosten Internal Networking und Rack Management ⁸	6.183,20

⁵ Vgl. <http://www.its.monash.edu.au/staff/systems/dsm/technical/cost-recovery/cost-comparison-dasan.html>

⁶ Vgl. <http://h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en/sm/WF25a/15351-15351-3328412-241644-3328421-3580694.html>

⁷ Vgl. <http://www.intel.com/support/processors/xeon/sb/CS-020863.htm#1>

⁸ Vgl. <http://uptimeinstitute.org/content/view/21/55/>

⁹ Vgl. [BMWl 2008]

¹⁰ Vgl. <http://h30099.www3.hp.com/configurator/powercalcs.asp>

Server pro Rack (exklusive Rack Management, Networking)	24
Rackkosten Server pro Jahr	103,05

Gesamtkosten Server pro Jahr	916,45
Gesamtkosten Server/h	0,1046
Gesamtkosten GFLOPS/h	0,00246

(alle Preise und Kosten in €)

4.2 Identifikation relevanter Kosten für den Fremdbezug

Beim Fremdbezug von Cloud-Computing-Leistungen fallen Kosten für die Rechenleistung, Speicherkapazität sowie die Übertragung der Daten von und zum Anbieter an. Amazon gibt für die kleinste erhältliche Instanz an, deren Rechenleistung entsprechen ungefähr der Leistung eines 1,0-1,2 GHz schnellen Intel Xeon oder AMD Opteron Prozessors¹¹. Unter Heranziehung von Angaben der Intel Corporation [Intel 2008] wurde ermittelt, dass ein Xeon Prozessor mit zwei Kernen über eine Leistung von 8 GFLOPS pro GHz verfügt. Damit ergibt sich für die Nutzung von 1 GFLOPS im Mittel ein stündlicher Preis von 0,0088 € (Wechselkurs: 1 \$ = 0,7729 €).

Die Kosten, die bei der Übertragung von Daten über das Internet anfallen, wurden auf der Basis von neun Produkten, die sich an Geschäftskunden richten, überschlagen. Unter Vernachlässigung von Bereitstellungs- und Installationskosten wurde erkenntlich, dass die Übertragung von 1 GB Daten ungefähr 0,23 € kostet. Dazu kommen die Kosten, welche Amazon für den Transfer ins eigene Netz verlangt. Diese liegen je nach Volumen zwischen umgerechnet 8 und 13 Eurocent pro GB.

Für die Speicherung der Daten durch den Dienst S3 fallen ebenfalls in einem Stufentarif zwischen 12 und 14 Eurocent pro GB und Monat an.

4.3 Szenario 1 - Versicherungskalkulation

Betrachtet wird die Abteilung einer Versicherung, die für das im Rahmen des Risikomanagement erforderliche Bewerten von Lebensversicherungen in Betracht zieht, Cloud-Computing-Services einzusetzen [BEinGRID 2008, S. 36]. Durch die Berücksichtigung so genannter variabler Annuitäten wie Einkommen und Lebenserwartung sollen komplexe Algorithmen Risiken bestehender Verträge sowie Preise für Angebote, die die Versicherung gegenüber Neukunden ausspricht, ermitteln. Dazu ist vorgesehen, dass auf täglicher Basis eine sehr große Menge stochastischer Monte-Carlo-Simulationen sowie Sensitivitätsanalysen durchgeführt wird [BEinGRID 2008, S. 36].

¹¹ Quelle: <http://aws.amazon.com/ec2/instance-types/>

Die Versicherung schätzt den Bedarf an Rechenleistung dafür unter Volllast auf 4,5 TFLOPS (106 Rechner mit jeweils 42,56 GFLOPS). Dazu wird angenommen, das System werde in 20% der Laufzeit zu 100%, in den übrigen 80% der Fälle zu drei Vierteln in Anspruch genommen. Damit ergibt sich ein Auslastungsgrad von 80% (Berechnung: $0,2 \cdot 1 + 0,8 \cdot 0,75$). Annahmegemäß müssen die durchgeführten Rechnungen bzw. Rechenergebnisse von der Versicherung aufgrund gesetzlicher Vorgaben teilweise archiviert werden. Die Projektverantwortlichen des Unternehmens haben kalkuliert, dass dazu Speicherkapazitäten von rund 100 TB erforderlich sind. Insgesamt wird mit Datentransfers von etwa 50 GB pro Stunde gerechnet. Legt man die im Abschnitt 4.1 genannten Marktwerte zu Grunde, so ergibt sich eine Indifferenzmenge von $f(50; 100.000; 0,8) \approx 1.185$ GFLOPS. Daraus ergibt sich die klare Handlungsempfehlung, die beschriebene Aufgabenstellung in Eigenerstellung (Make) zu beschaffen (Begründung: 4.500 GLFOPS \gg 1.185 GFLOPS). Diese Handlungsempfehlung kann auf den Umstand zurückgeführt werden, dass im vorgestellten Szenario ein hoher Auslastungsgrad erzielt werden kann und die fremdbezogenen Cloud-Computing-Services ihren offensichtlichsten Vorteil, die beliebige Skalierbarkeit, nicht in großen Umstand ausspielen können. Hinzu kommt, dass durch eine Datenübertragung von 50 GB pro Stunde im Falle des Fremdbezugs mit erheblichen Kosten für Datentransfers kalkuliert werden muss.

4.4 Szenario 2 - Luftströmungssimulation

Ein Rennsport-Team berechnet das Luftströmungsverhalten seiner Fahrzeuge mit Hilfe von Computational-Fluid-Dynamics-Softwareprodukten (CFD) [Larsson et al. 2005, S. 45 ff.]. Da das gesamte Fahrzeug simuliert wird, ist dazu ist eine Rechenleistung von 125 Prozessoren mit je 42,56 GFLOPS (insgesamt 5,3 TFLOPS) unter Volllast notwendig¹². Da diese Simulationen jedoch nur nach Konstruktionsveränderungen durchgeführt werden, wird diese Leistung nur in 30% der verfügbaren Zeit in Anspruch genommen. Den Rest der Zeit wird das System nicht genutzt, woraus sich ein Auslastungsgrad von 30% ergibt. Um vorhandene Tests zu archivieren und später vergleichen zu können werden zudem 11 TB Speicherplatz benötigt. Bei einer angenommenen Datenübertragung der Modelle bis der Rechenergebnisse von 5 GB/h ergibt sich eine Indifferenzmenge von $f(5; 11.000; 0,3) \approx 29.000$ GFLOPS. Daher ist in der vorliegenden Situation der Bezug der Rechenleistung von AWS der Eigenbereitstellung vorzuziehen. Ein niedriger Auslastungsgrad, eine geringe übertragene Datenmenge sowie der Kostenvorteil bei großen Speichermengen bedingen die Handlungsempfehlung des Fremdbezugs, da die Indifferenzmenge mit 29 TFLOPS deutlich über der benötigten Rechenleistung von 5,3 TFLOPS liegt. Die Daten beider Szenarien sind zusammenfassend in Tabelle 2 hinterlegt.

¹² Als Quelle für den Rechenaufwand dient die Schätzung der Firma DALCO (http://www.dalco.ch/uploads/media/dalco_sauber_ger_5Dec04.pdf)

Tabelle 2 Zusammenfassung der Ergebnisse

	Szenario 1	Szenario 2
Rechenleistung	4.500 GFLOPS	5.300 GFLOPS
Datenmenge	100 TB	11 TB
Datenübertragung	50 GB / h	5 GB / h
Auslastungsgrad	80%	30%
Indifferenzmenge	1.185 GFLOPS	29.000 GFLOPS
Handlungsempfehlung	Eigenerstellung	Fremdbezug

5 Zusammenfassung und Ausblick

In dem vorliegenden Artikel wurde die Problemstellung „Eigenerstellung oder Fremdbezug von Cloud-Computing-Services“ untersucht. Dabei wurde ein formaler Ansatz für die Make-or-Buy-Entscheidung entwickelt, dessen Verlässlichkeit durch die Anwendung auf realistische Szenarien gezeigt werden konnte. Die Untersuchung hat ebenfalls gezeigt, dass neben der in der Literatur verbreiteten Ansicht, die Wirtschaftlichkeit von Cloud-Computing-Services hänge vor allem von der übertragenen Datenmenge ab [Gray 2004, S. 6], sowohl der von den Autoren neu eingeführte Auslastungsgrad, welcher Schwankungen in der Auslastung der Rechenkapazität beschreibt, als auch die Menge an zu speichernden Daten eine wesentliche Rolle spielen. Diese Beobachtung ist auf Skalen- und Risiko-Pooling-Effekte zurückzuführen, wie sie seitens der Cloud-Computing-Anbieter ausgenutzt werden um ihre Kosten durch Fixkostendegression zu senken. Aus kostentheoretischer Sicht ist zu erwarten, dass die Bereitstellung von Cloud-Computing-Diensten durch spezialisierte Provider in Zukunft eine immer größere Rolle spielen wird.

Bei der Erarbeitung des Entscheidungsmodells sind mit dem Ziel der einfachen Anwendbarkeit einige wirtschaftlich relevanten Merkmale außer Acht gelassen worden. Weitere Forschungsarbeit ist beispielsweise in Hinblick auf die (kalkulatorischen) Kosten des eingesetzten Kapitals erforderlich. Ebenso ist näher zu untersuchen, ob die – hier nur unterstellte – Lebensdauer der Hardware in der Realität zutreffend ist bzw. auf Grund eines eventuellen Restwertes Wiederverkaufsmöglichkeiten bestehen.

Bei der Verwendung des Entscheidungsmodells für die Anwendungsfälle sind zwar realistische, jedoch recherchierte Zahlen zum Einsatz gekommen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf im Hinblick auf eine praktische Evaluierung des Modells.

Literatur

Afgan, E. und Bangalore, P. (2007): Computation Cost in Grid Computing Environments. In: Proceedings of the First International Workshop on The Economics of Software and Computation.

Barmouta, A. und Buyya, R. (2003): GridBank: a Grid Accounting Services Architecture (GASA) for distributed systems sharing and integration. In: Parallel and Distributed Processing Symposium, 2003. Proceedings. International, S. 8.

Beardsmore, A., Hartley, K., et al. (2002): GSAX Grid Service Accounting Extensions. In: GGF OGSA Resource Usage Service Working Group.

Bégin, M.-E. (2008): An EGEE comparative study: Grids and Clouds, evolution or revolution? presented at OGF 23, June 1. - 6. 2008. Barcelona, Spain.

BEinGRID (2008): Better Business Using Grid Solutions - Eighteen Successful Case Studies from BEinGRID.

BMWI (2008): Internationaler Preisvergleich Elektrizität für Industrie.
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/Energiedaten/energiepreise-und-energiekosten5-internationaler-energiepreisvergleich-industrie,property=blog,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.xls>,
Abruf am: 28.10.2008.

Brandl, R., Bichler, M., et al. (2007): Cost accounting for shared IT infrastructures. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 49(2), S. 83-94.

Caracas, A. und Altmann, J. (2007): A Pricing Information Service for Grid Computing. 5th International Workshop on Middleware for Grid Computing, Newport Beach, California, USA.

Carr, N. G. (2003): IT Doesn't Matter. In: Harvard Business Review 81(5), S. 41-49.

Dai, Y. S., Pan, Y., et al. (2007): A Hierarchical Modeling and Analysis for Grid Service Reliability. In: IEEE Transaction On Computers, S. 681-691.

Dimitrakos, T., Mac Randal, D., et al. (2003): An emerging architecture enabling grid based application service provision. Enterprise Distributed Object Computing Conference.

Eurostat (2008): Bruttolöhne und Gehälter insgesamt.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1996,39140985&_dad=portal&_schema=PORTAL&screen=detailref&language=de&product=REF_TB_labour_market&root=REF_TB_labour_market/t_labour/t_lc/tps00113, Abruf

Ewert, R. und Wagenhofer, A. (2005): Interne Unternehmensrechnung Berlin, Heidelberg, Springer.

Foster, I., Kesselman, C., et al. (2001): The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. In: International Journal of High Performance Computing Applications 15(3), S. 200-222.

Foster, I. und Tuecke, S. (2005): Describing the elephant: the different faces of IT as service. In: ACM Queue 3(6), S. 26-29.

Gardfjall, P., Elmroth, E., et al. (2006): Scalable Grid-wide capacity allocation with the SweGrid Accounting System (SGAS). In: Submitted for Journal Publication.

Göhner, M., Waldburger, M., et al. (2007): An Accounting Model for Dynamic Virtual Organizations. In: Proceedings of the Seventh IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid, S. 241-248.

Gray, J. (2004): Distributed Computing Economics. Arxiv preprint cs/0403019. M. Research.

Hayes, B. (2008): Cloud computing. In: Communication of the ACM 51(7), S. 9-11.

Herff, M. (2002): Outsourcing-entscheidungen: Beurteilungshilfen bei der Wahl zwischen "eigenfertigung und Fremdbezug" unter Berücksichtigung von qualitativen und quantitativen Aspekten, Shaker.

- Intel (2008): Intel microprocessor export compliance metrics.
<http://www.intel.com/support/processors/sb/CS-023143.htm#1>, Abruf am: 2.11.2008.
- Jha, S., Merzky, A., et al. (2008): Using Clouds to Provide Grids Higher-Levels of Abstraction and Explicit Support for Usage Modes.
- Klems, M., Nimis, J., et al. (2008): Do Clouds Compute? A Framework for Estimating the Value of Cloud Computing. 7th Workshop on e-Business. Paris.
- Koomey, J., Brill, K. G., et al. (2007): A Simple Model for Determining True Total Cost of Ownership for Data Centers. In: white paper, Uptime Institute.
- Larsson, T., Sato, T., et al. (2005): Supercomputing in F1 - Unlocking the Power of CFD 2nd European Automotive CFD Conference, Frankfurt.
- Männel, W. (1973): Die wirtschaftliche Bedeutung qualitativer Unterschiede zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug. In: Entscheidungen zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug in der Praxis, Herne, Berlin, S. 63-103.
- Männel, W. (1984): Wirtschaftliche Fundierung von Entscheidungen über Eigenfertigung und Fremdbezug. In: Controller Magazin(2), S. 75-80.
- Mißler-Behr, M. und Hötger, B. (1996): Stochastische und unscharfe Ansätze in der Break-Even-Analyse. Augsburg, Institut für Statistik und Mathematische Wirtschaftstheorie. 145.
- o.V. (2008): IT-Branche: Berater führen die Gehaltsliste an.
http://www.focus.de/jobs/karriere/gehalt/it-branche-berater-fuehren-die-gehaltsliste-an_aid_318479.html, Abruf am: 15.11.2008.
- Opitz, A., König, H., et al. (2008): What Does Grid Computing Cost? . In: Journal of Grid Computing 6(4), S. 385-397.
- Palankar, M., Onibokun, A., et al. (2007): Amazon S3 for Science Grids: a Viable Solution? In: 4th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI'07).
- Picot, A. und Franck, E. (1993): Vertikale Integration. In: Ergebnisse empirischer betriebswirtschaftlicher Forschung, Zu einer Realtheorie der Unternehmung, Festschrift für Eberhard Witte, Stuttgart, S. 179-219.
- Picot, A. und Wolff, B. (1994): Zur ökonomischen Organisation öffentlicher Leistungen:» Lean Management« im öffentlichen Sektor. In: Produktivität öffentlicher Dienstleistungen, S. 51-120.
- Porter, M. (1999): Wettbewerbsstrategie: Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten, 10. Auflage, Frankfurt am Main.
- Rembeck, M. (1973): Unternehmung und Make or Buy. In: Entscheidungen zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug in der Praxis, Herne, Berlin, S. 23-38.
- Rosario, M. P., Andrea, G., et al. (2003): An Economy-based Accounting Infrastructure for the DataGrid. Proceedings of the Fourth International Workshop on Grid Computing, IEEE Computer Society.
- Stockinger, H. (2007): Defining the grid: a snapshot on the current view. In: The Journal of Supercomputing 42(1), S. 3-17.
- Weiss, A. (2007): Computing in the clouds. In: ACM 11(4), S. 16-25.
- Welzel, O. (1987): Möglichkeiten und Grenzen der stochastischen Break-even-Analyse als Grundlage von Entscheidungsverfahren Heidelberg, Physica-Verlag.

Westhoff, J. (2008): Grid Computing in Small and Medium-Sized Enterprises: An Exploratory Study of Corporate Attitudes towards Economic and Security-Related Issues. Bayreuther Arbeitspapiere zur Wirtschaftsinformatik. 32.

Williamson, O. und Streissler, M. (1990): Die ökonomischen Institutionen des Kapitalismus: Unternehmen, Märkte, Kooperationen, Mohr, Tübingen.

Williamson, O. E. (1981): The Economics of Organization: The Transaction Cost Approach. In: American Journal of Sociology 87(3), S. 548-577.

Die Frage nach Eigenfertigung oder Fremdbezug von IT-Servicedienstleistungen ist häufiger Bestandteil unternehmerischer Entscheidungen. Neben bekannten Outsourcingvarianten wie z. B. Application-Service-Provisioning, steht neuerdings eine weitere Alternative zur Verfügung: Cloud-Computing. In dem vorliegenden Artikel wird die Problemstellung „Eigenerstellung oder Fremdbezug von Cloud-Computing-Services“ untersucht. Dabei wurde ein formaler Ansatz für die Make-or-Buy-Entscheidung entwickelt, dessen Verlässlichkeit durch die Anwendung auf realistische Szenarien gezeigt wird.