

Institut für Parallele und Verteilte Systeme
Abteilung Anwendersoftware

Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
D – 70569 Stuttgart

Master-Thesis Nr. 3240

Die Bedeutung von Open-Source-Software
für Cloud Computing in KMU

Markus Hummel

Studiengang: Wirtschaftsinformatik
Prüfer: PD Dr. Holger Schwarz
Prof. Dr. Frank Leymann
Betreuer: PD Dr. Holger Schwarz
Dr. Sami Rabieh
begonnen am: 01.04.2011
beendet am: 01.10.2011
CR-Klassifikation: C.2.4, H.4.1, J.1, K.5.1, K.6.0

Gliederung

Abkürzungsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
1. Einleitung.....	1
2. Grundlagen von Open-Source-Software.....	4
2.1. Geschichte und Definition.....	4
2.2. Lizenzen	6
2.3. Vor- und Nachteile	9
2.4. Beispiele	12
3. Grundlagen des Cloud Computing	14
3.1. Wegbereitende Basiskonzepte.....	14
3.2. Definition und Abgrenzung	20
3.3. Organisatorische Cloud-Architektur.....	22
3.4. Technische Cloud-Architektur	23
4. Open-Source-Lösungen im Bereich Cloud Computing	34
4.1. Software-Infrastruktur.....	35
4.2. Framework.....	41
4.3. Anwendung.....	44
4.4. Zusammenfassung	52
5. Quantitative Analyse	54
5.1. Rahmenbedingungen	54
5.2. Aufbau des Fragenkatalogs.....	56
5.3. Auswertung.....	57
5.4. Zusammenfassung	71
6. Qualitative Analyse	73
6.1. Momentane Einschätzung von Cloud Computing	74
6.2. Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz.....	79
6.3. Zukünftige Bedeutung von Cloud Computing.....	84
6.4. Zusammenfassung	86
7. Handlungsempfehlungen für KMU.....	87
7.1. Empfehlungen für die Public Cloud aus Anwendersicht	87
7.2. Empfehlungen für die Public Cloud aus Anbietersicht	98
7.3. Anwendungsszenarien für die Private Cloud	99
7.4. Checkliste	101
8. Fazit.....	104
Anhang.....	VI
Literaturverzeichnis	XX

Abkürzungsverzeichnis

AGPL	-	Affero General Public License
AMI	-	Amazon Machine Image
API	-	Application Programming Interface
ASP	-	Application Service Providing
AWS	-	Amazon Web Services
BDSG	-	Bundesdatenschutzgesetz
BI	-	Business Intelligence
BIND	-	Berkeley Internet Name Domain
BSD	-	Berkeley Software Distribution
CaaS	-	Computation-as-a-Service
CC	-	Cluster Controller
CLC	-	Cloud Controller
CRM	-	Customer Relationship Management
DaaS	-	Data-as-a-Service
EBS	-	Elastic Block Storage
EC2	-	Elastic Compute Cloud
ERP	-	Enterprise Resource Planning
ESB	-	Enterprise Service Bus
Eucalyptus	-	Elastic Utility Computing Architecture Linking Your Programs To Useful Systems
ETL	-	Extract, Transform, Load
FSF	-	Free Software Foundation
GPL	-	General Public License
HDFS	-	Hadoop Distributed File System
HPCaaS	-	High Performance Computing as a Service
HuaaS	-	Humans-as-a-Service
IaaS	-	Infrastructure-as-a-Service
IDE	-	Integrated Development Environment
IfM	-	Institut für Mittelstandsforschung
KMU	-	kleine und mittlere Unternehmen
LAN	-	Local Area Network
LGPL	-	Lesser General Public License
MFG	-	Medien- und Filmgesellschaft
MPL	-	Mozilla Public License
NaaS	-	Network-as-a-Service

NC	-	Node Controller
NPL	-	Netscape Public License
OLAP	-	Online Analytical Processing
OpenQRM	-	Open Qluster Resource Manager
OSI	-	Open-Source-Initiative
PaaS	-	Platform-as-a-Service
PC	-	Personal Computer
PRS	-	Physical Resource Set
QoS	-	Quality of Service
REST	-	Representational State Transfer
S3	-	Simple Storage Service
SaaS	-	Software-as-a-Service
SAN	-	Storage Area Network
SLA	-	Service Level Agreement
SOA	-	Serviceorientierte Architektur
SOAP	-	Simple Object Access Protocol
SQL	-	Structured Query Language
StaaS	-	Storage-as-a-Service
TCO	-	Total Cost of Ownership
UDDI	-	Universal Description, Discovery and Integration
UML	-	User Mode Linux
VM	-	Virtuelle Maschine
VPC	-	Virtual Private Cloud
VPN	-	Virtual Private Network
VRS	-	Virtual Resource Set
VPL	-	Vtiger Public License
Weka	-	Waikato Environment for Knowledge Analysis
WSDL	-	Web Services Description Language
XaaS	-	Everything-as-a-Service
XML	-	Extensible Markup Language

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Computing-Paradigma (nach Furht, 2010)	1
Abbildung 2: Gartner Hype Cycle (nach Gartner, Inc., 2010b)	2
Abbildung 3: Verbreitung von Open-Source-Lizenzen (nach Renner et al., 2005)	6
Abbildung 4: Software-Lizenzierungsarten (nach Gutsche, 2006)	8
Abbildung 5: Hypervisor-Vergleich (nach Gull, 2010).....	15
Abbildung 6: Das SOA-Dreieck (nach Melzer, 2010)	18
Abbildung 7: Eigenschaften von Cloud Computing (nach Baun et al., 2011)	20
Abbildung 8: Organisatorische Cloud-Architektur	22
Abbildung 9: Technische Cloud-Architektur (nach Baun et al., 2011)	23
Abbildung 10: Der Force.com-Entwicklungsprozess (nach Redkar, 2009).....	27
Abbildung 11: Die wichtigsten SaaS-Anwendungsbereiche (nach Lünendonk, 2008).....	29
Abbildung 12: Das OpenCirrus Cloud-Schichtenmodell (nach Baun et al., 2011)	34
Abbildung 13: Der hierarchische Aufbau von Eucalyptus (nach Baun et al., 2011)	37
Abbildung 14: Ablauf von Amazon Elastic MapReduce (nach Baun et al., 2011).....	43
Abbildung 15: Allgemeine Informationen zu den Umfrageteilnehmern.....	58
Abbildung 16: Momentane und zukünftige Bedeutung von Cloud Computing.....	59
Abbildung 17: Wissensstand zum Thema Cloud Computing.....	59
Abbildung 18: Aussage zur Integration von Cloud-Diensten in die IT-Architektur.....	60
Abbildung 19: Aussage zur Gefahr von Systemausfällen	60
Abbildung 20: Aussage zur fehlenden vertraglichen Bindung	61
Abbildung 21: Aussage zur Sicherheitsproblematik	61
Abbildung 22: Aussage zu potentiellen Kostennachteilen.....	62
Abbildung 23: Aussage zu potentiellen Kostenvorteilen.....	62
Abbildung 24: Aussage zu sozialen Risiken	63
Abbildung 25: Aussage zu spezifischem Expertenwissen.....	63
Abbildung 26: Aussage zu Verlust von Know-How	64
Abbildung 27: Aussage zur Fokussierung auf die Kernkompetenzen	64
Abbildung 28: Aussage zur fehlenden Anpassbarkeit der Cloud-Dienste.....	65
Abbildung 29: Aussage zur fehlenden Zukunftssicherheit.....	65
Abbildung 30: Beitrag von Open-Source-Software zum Abbau der Cloud-Risiken.....	66
Abbildung 31: Nachteile von Open-Source-Software.....	67
Abbildung 32: Aktuelle Nutzung von Cloud Computing und Open-Source-Software.....	67
Abbildung 33: Aktuelle Nutzung von Open-Source-Lösungen in der Cloud-Architektur	68
Abbildung 34: Aktuelle Nutzung der organisatorischen Cloud-Architektur.....	68
Abbildung 35: Aktuelle Nutzung der technischen Cloud-Architektur.....	69

Abbildung 36: Aktuelle Nutzung von Infrastructure-as-a-Service	69
Abbildung 37: Aktuelle Nutzung von Platform-as-a-Service	70
Abbildung 38: Aktuelle Nutzung von Software-as-a-Service	71
Abbildung 39: Traditionelle und Cloud-Skalierung (nach Cáceres et al., 2010).....	88

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von Open-Source-Software aus Anwendersicht.....	12
Tabelle 2: Grid und Cloud Computing (nach Repschläger et al. 2010; Rimal et al., 2011)	21
Tabelle 3: Open-Source-Infrastrukturdiene (angelehnt an Baun et al., 2011).....	36
Tabelle 4: Open-Source-CRM-Lösungen (angelehnt an Plessner et al., 2010).....	45
Tabelle 5: Open-Source-ERP-Lösungen (angelehnt an Dittmann, 2009).....	47
Tabelle 6: Open-Source-BI-Lösungen (angelehnt an Manhart, 2009).....	49
Tabelle 7: Open-Source-Groupware-Lösungen (angelehnt an Greisle, 2011)	51
Tabelle 8: Open-Source-DMS-Lösungen.....	52
Tabelle 9: KMU-Definitionen (nach IfM Bonn, 2002; Europäische Kommission, 2003)	54
Tabelle 10: Interview-Partner.....	73
Tabelle 11: Vor- und Nachteile des externen Bezugs von IT-Diensten aus Anwendersicht ..	98
Tabelle 12: Checkliste für die Einführung von Cloud Computing in KMU	102
Tabelle 13: CaaS-Anbieter	VI
Tabelle 14: StaaS-Anbieter	VII
Tabelle 15: NaaS-Anbieter	VIII
Tabelle 16: PaaS-Anbieter	VIII
Tabelle 17: SaaS-Anbieter im CRM-Bereich.....	IX
Tabelle 18: SaaS-Anbieter im ERP-Bereich	X
Tabelle 19: SaaS-Anbieter im BI-Bereich	XI
Tabelle 20: SaaS-Anbieter im Groupware-Bereich	XI
Tabelle 21: SaaS-Anbieter im DMS-Bereich.....	XII

1. Einleitung

Durch die Globalisierung und Internationalisierung der Märkte sehen sich Unternehmen einem zunehmenden Wettbewerbs- und Kostendruck ausgesetzt (Walter et al., 2007). Für die Reduktion von Kosten wird eine Auslagerung der IT von Führungskräften in Betracht gezogen, da die Bereitstellung von IT-Diensten nur in wenigen Fällen zu den Kernkompetenzen des Unternehmens zählt und der strategische Nutzen nur schwer nachweisbar ist (Krcmar, 2005; Carr, 2003). IT-Dienstleistungen können seit einigen Jahren mit Cloud Computing „aus der Wolke“ bezogen werden und müssen nicht intern bereitgestellt werden. Eine weitere Möglichkeit zur Kostenreduktion ist die Nutzung von Open-Source-Software, für die keine Lizenzkosten bezahlt werden müssen (Mertens et al, 2005). Das Zusammenspiel und mögliche Synergieeffekte der beiden Konzepte Cloud Computing und Open-Source-Software werden in dieser Abschlussarbeit untersucht.

Als Hinführung zum Themengebiet Cloud Computing wird in Abbildung 1 die Entwicklung der verschiedenen Computing-Paradigmen dargestellt (Voas & Zhang, 2009). In der ersten Phase nutzten die Anwender mächtige Großrechner über Terminals ohne eigene Funktionalität. Anschließend wurden die Terminals von leistungsfähigeren PCs (Personal Computer) abgelöst. In Phase 3 kam das Netzwerk hinzu, das die Zusammenarbeit der Anwender und Server erleichterte. Durch die Verbindung der Netzwerke von verschiedenen Unternehmen ist in Phase 4 das Internet entstanden.

Mit Grid Computing wurden

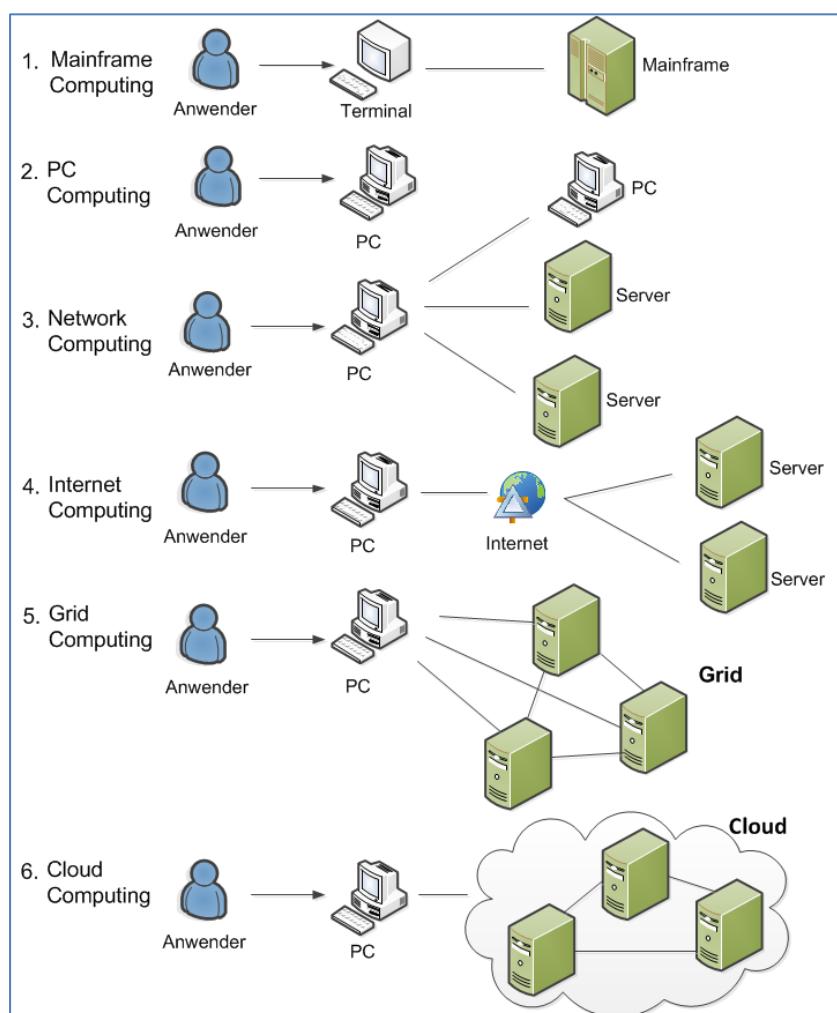


Abbildung 1: Computing-Paradigma (nach Furht, 2010)

Berechnungsaufgaben in Phase 5 auf verschiedene Organisationen über das Internet verteilt. Heute befinden wir uns in Phase 6, in der Cloud Computing den Zugriff auf verteilte und

hochskalierbare Dienste „aus der Wolke“ ermöglicht. Durch die Einfachheit und die Standardisierung der Dienste ermöglicht Cloud Computing die Industrialisierung bzw. Kommoditisierung der IT. Sowohl für Anwender als auch für Anbieter ändert sich das Geschäftsmodell grundlegend. In traditionellen Architekturvarianten müssen die Anwender Software und Hardware kaufen, Betriebssysteme und Plattformen auswählen, Systeme installieren und testen, den Betrieb sicherstellen und Wartungsarbeiten durchführen. Bei Cloud Computing ist keine eigene IT-Infrastruktur für die Bereitstellung von IT-Diensten notwendig, da benötigte Dienste in sehr kurzer Zeit über das Internet bezogen werden können und der Kunde lediglich einen Web-Login benötigt. Die Abrechnung erfolgt im „Pay-as-you-go“-Modell, so dass nur für die tatsächlich in Anspruch genommenen Leistungen ein Entgelt entrichtet werden muss (Jaekel & Pott, 2010).

Wie schon im Vorjahr wird Cloud Computing vom Marktforschungsinstitut Gartner als wichtigster IT-Trend des Jahres 2011 angesehen (Gartner, Inc., 2010a). Um die Bedeutung und die momentane Einschätzung des Themengebiets Cloud Computing weiter zu verdeutlichen, wird in Abbildung 2 der Gartner Hype Cycle dargestellt:

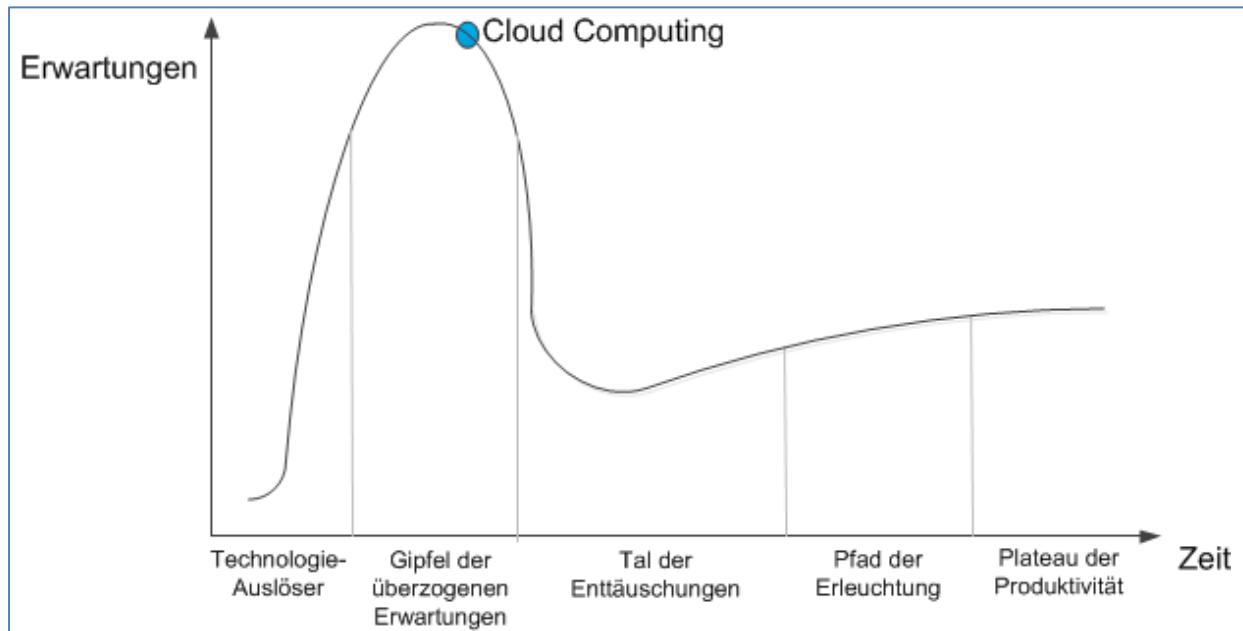


Abbildung 2: Gartner Hype Cycle (nach Gartner, Inc., 2010b)

Im Gartner Hype Cycle werden die verschiedenen Phasen beschrieben, die eine neue Technologie bei der Einführung durchläuft. Auf der Y-Achse sind die Erwartungen an die Technologie und auf der X-Achse der Zeitverlauf abgebildet. Der typische Verlauf der Kurve ist durch einen sehr starken Anstieg zu Beginn gekennzeichnet, gefolgt von einem ebenso starken Abstieg. Der Verlauf der Kurve zeigt, dass die Erwartungen an eine neue Technologie in vielen Fällen überzogen sind und nicht erfüllt werden können. Erst nach der „Hype“-Phase wird langfristig das Plateau der Produktivität erreicht. Cloud Computing befindet sich im Jahr 2011 auf dem Gipfel der überzogenen Erwartungen und ist kurz vor dem Fall in das Tal der

Enttäuschungen. Davon lässt sich ableiten, dass das Potential von Cloud Computing nicht realistisch eingeschätzt wird. Es wird noch mehrere Jahre dauern, bis Cloud Computing wirtschaftlich profitabel in der unternehmerischen Praxis angekommen ist. Eine objektive und realistische Betrachtung des Themenkomplexes Cloud Computing ist somit umso wichtiger und wird in dieser Abschlussarbeit versucht.

In dieser Masterarbeit werden mehrere Zielsetzungen verfolgt: Im Hinblick auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in Baden-Württemberg sollen die vorhandenen Kenntnisse, die Bedeutung, die Einsatzmöglichkeiten, die Akzeptanz und die Hemmnisse im Bereich Cloud Computing festgestellt werden. Aus diesen Feststellungen werden Schlussfolgerungen für die Bedeutung von Open-Source-Software zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing abgeleitet. Für KMU sollen zusätzlich Handlungsempfehlungen zusammengestellt und eine Checkliste für die Einführung von Cloud Computing dargestellt werden.

Im Anschluss an diese Einleitung wird zunächst auf die Grundlagen von Open-Source-Software eingegangen, gefolgt von den Grundlagen des Cloud Computing. In Kapitel 4 wird ein Marktüberblick von Open-Source-Lösungen im Bereich Cloud Computing dargestellt. Um die Akzeptanz der Thematik zu erhöhen und sinnvolle Einsatzmöglichkeiten für KMU zu untersuchen, werden in Kapitel 5 die Ergebnisse einer quantitative Analyse in Form einer Umfrage und in Kapitel 6 die Ergebnisse einer qualitativen Analyse in Form von Experten-Interviews vorgestellt. In Kapitel 7 werden Handlungsempfehlungen für KMU aus den Erkenntnissen der vorhergehenden Kapitel abgeleitet. Dabei werden Empfehlungen beschrieben, mit deren Hilfe die Vorteile von Cloud Computing ausgenutzt und die Risiken reduziert werden können. Insbesondere der Beitrag von Open-Source-Software wird bei den Empfehlungen berücksichtigt. Abschließend werden in einem Fazit die wesentlichen Ergebnisse der Ausarbeitung zusammengefasst und ein Ausblick in die Zukunft präsentiert.

2. Grundlagen von Open-Source-Software

In Kapitel 2 werden die Grundlagen von Open-Source-Software erläutert. Zunächst wird auf die geschichtliche Entwicklung des Begriffs eingegangen, gefolgt von den Kriterien, die eine Open-Source-Software von anderen Software-Arten unterscheidet. Ein besonderes Augenmerk wird auf die verschiedenen Open-Source-Lizenzen gelegt, die untereinander und mit anderen Lizenzierungsarten verglichen werden. Anschließend werden die Vor- und Nachteile von Open-Source-Software untersucht. Das Kapitel wird mit mehreren bekannten Beispielen abgeschlossen.

2.1. Geschichte und Definition

Im Folgenden wird zunächst kurz die Entstehungsgeschichte des Begriffs „Open Source“ beschrieben (nach Gutsche, 2006; Teupen, 2007 und Hildenbrand et al., 2005).

Bis in die späten sechziger Jahre wurde Software ausschließlich in Kombination mit der dazugehörigen Hardware verkauft. Erst 1969 gab IBM die Bündelung von Hard- und Software aufgrund eines Kartellverfahrens auf, so dass Software ab diesem Zeitpunkt ein eigenständiges wirtschaftliches Gut gewesen ist. Infolgedessen wurde immer mehr kommerzielle und durch Copyright-geschützte Software veröffentlicht. Dieser Trend schränkte die Weiterentwicklung der Software und die Kooperation von Entwicklern stark ein. Aus diesem Grund gründete Richard Stallman im Jahr 1985 die Free Software Foundation (FSF) zur Entwicklung eines freien Betriebssystems, das stark an das kommerziell vertriebene Unix angelehnt sein sollte. Das Projekt wurde GNU genannt, wobei GNU ein Akronym für „GNU's not Unix“ ist. In den folgenden Jahren wurden die wesentlichen Komponenten des Betriebssystems zügig fertiggestellt, lediglich der Betriebssystemkern bzw. Kernel bereitete dem Team große Probleme. Der finnische Student Linus Torvalds begann 1991 unabhängig von der FSF mit der Entwicklung des Kernels Linux, der in das GNU-Projekt integriert wurde. Das komplette Betriebssystem des GNU-Projekts wurde 1994 unter dem Namen Linux veröffentlicht. Den Durchbruch erlebte die Bewegung durch die Freigabe des Quellcodes des Netscape Browsers im Jahr 1998, was sich in einem rasanten Anstieg des öffentlichen Interesses äußerte. Im gleichen Jahr wurde der Begriff „Freie Software“ durch Open-Source-Software ersetzt und die Open-Source-Initiative (OSI) gegründet. Deren Ziel war es, die Etablierung quelloffener Software in der Industrie zu fördern. Bei der OSI stehen die wirtschaftlichen Aspekte im Vordergrund, wohingegen die FSF großen Wert auf den sozialen und ethischen Aspekt legt.

Für die Entwickler der Software spielen monetäre Beweggründe in den meisten Fällen keine große Rolle. Vielmehr stehen die Verbesserung der Software für den Eigenbedarf, das Weiterentwickeln der eigenen Fähigkeiten sowie der Spaß am Programmieren im Vordergrund.

Für viele Entwickler ist auch der Aufbau einer Reputation zur Verbesserung des beruflichen Status von Bedeutung (Brand, 2009). Für Unternehmen ermöglicht die Unterstützung von Open-Source-Lösungen das Anbieten von Komplementärprodukten und Dienstleistungen sowie die Verwendung der freien Software im eigenen Unternehmen bzw. in eigenen Produkten. Diesen Vorteilen stehen Risiken wie die fehlende Kontrolle über das geistige Eigentum, der Verlust von Wettbewerbsvorteilen und der Aufbau einer negativen Reputation durch unverschuldetes Fehlverhalten der Software gegenüber (Gutsche, 2006).

Eine Software darf sich nur Open Source nennen, wenn die Software durch eine von der OSI anerkannten Lizenz geschützt ist (Brügge et al., 2004). Eine Lizenz muss folgende Kriterien für die Verbreitung von Open-Source-Software erfüllen (Open Source Initiative, 1998):

- *Freie Weitergabe*: Die Lizenz darf niemanden bei der Weitergabe der Software als Komponente eines Software-Pakets, das aus Modulen verschiedener Quellen besteht, einschränken. Für die Nutzung der Lizenz darf keine Gebühr verlangt werden. Mit dieser Anforderung soll sichergestellt werden, dass langfristige Ziele nicht wegen kurzfristiger Gewinninteressen verworfen werden.
- *Beinhaltung des Quellcodes*: Die Software muss den Quellcode in kompilierter und nicht kompilierter Form enthalten. Die weitere Verteilung muss durch die Lizenz explizit erlaubt sein. Falls der Quellcode nicht enthalten ist, muss eine Beschaffung der notwendigen Dateien einfach und kostengünstig möglich sein. Die Verschleierung des Quellcodes durch nicht nachvollziehbare Programmierung ist verboten. Um eine schnelle Weiterentwicklung und Verbesserung der Software zu ermöglichen, ist der Zugriff auf den Quellcode für Modifikationen unerlässlich.
- *Abgeleitete Software*: Modifikationen und abgeleitete Versionen der Software müssen erlaubt sein. Die Verbreitung der neuen Versionen soll unter der ursprünglichen Lizenz erfolgen können.
- *Integrität des Quellcodes des Autors*: Die Weitergabe der Software mit geändertem Quellcode muss explizit erlaubt sein. Die Lizenz der neuen Version kann verlangen, dass die Weitergabe der Software nur unter einem anderen Namen oder einer anderen Versionsnummer erlaubt ist. Dies folgt aus der Überlegung, dass Programmierer ihre Reputation schützen müssen und die Anwender ein Recht darauf haben, den Namen des Entwicklers der neuen Software-Version zu kennen.
- *Keine Diskriminierung von Personen oder Gruppen*: Um einen maximalen Nutzen aus dem Prozess der Weiterentwicklung zu ziehen, darf Open-Source-Software keine Personen oder Gruppen von der Nutzung der Software ausschließen.

- *Keine Nutzungseinschränkung:* Die Software darf keine Einschränkung auf ein bestimmtes Einsatzgebiet wie beispielsweise Genforschung enthalten. Die kommerzielle Nutzung von Open-Source-Software ist nicht ausgeschlossen.
- *Lizenzweitergabe:* Die Lizenzrechte müssen auf alle Nutzer der Software übergehen, ohne dass die Beschaffung einer zusätzlichen Lizenz notwendig ist. Eine indirekte Nutzungseinschränkung kann somit verhindert werden.
- *Produktneutralität:* Die Rechte an einer Software dürfen nicht davon abhängig sein, ob die Software Teil eines Software-Pakets ist. Bei Herausnahme der Software aus dem Paket soll der Nutzer die gleichen Rechte wie bei der Nutzung des Gesamtpakets haben.
- *Keine Einschränkung anderer Software:* Die Lizenz darf keine Einschränkung bezüglich anderer Software verlangen, die neben der lizenzierten Open-Source-Software verteilt wird.
- *Technologieneutralität:* Die Software darf bei der Verbreitung nicht auf bestimmte Distributionswege wie CD / DVD oder Web Mirrors beschränkt sein, da dies die Wiederverwendung einschränken würde.

2.2. Lizenzen

Ein wichtiges Merkmal eines Open-Source-Produkts ist die verwendete Lizenz. Allen Lizenzen gemeinsam ist die Tatsache, dass die im vorhergehenden Kapitel vorgestellten Kriterien der OSI erfüllt sein müssen. In Abbildung 3 ist der Verbreitungsgrad der verschiedenen Lizenzen dargestellt:

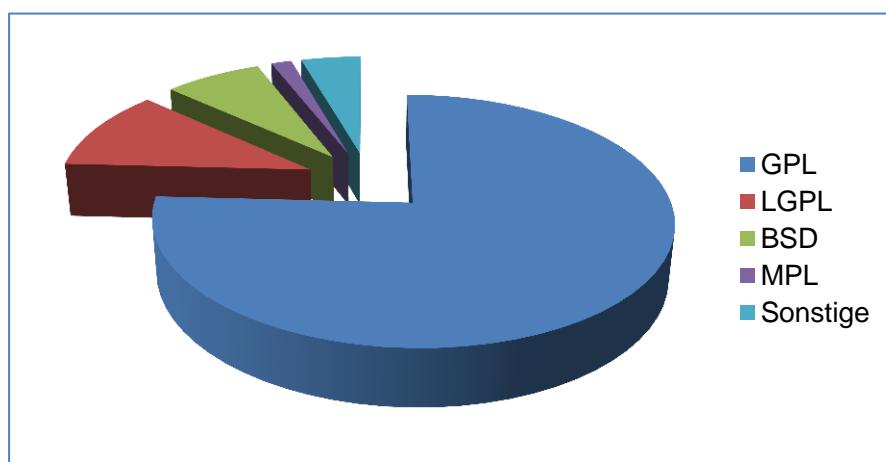


Abbildung 3: Verbreitung von Open-Source-Lizenzen (nach Renner et al., 2005)

Die mit Abstand am weitesten verbreitete Lizenz ist die GPL (General Public License), gefolgt von der LGPL (Lesser General Public License) und der BSD-Lizenz (Berkeley Software

Distribution License) (Renner et al., 2005). Auf die wichtigsten Lizenzen wird im Folgenden kurz eingegangen.

Die GPL wurde von Richard Stallman als Grundlage für das GNU-Projekt in den achtziger Jahren entworfen. Sowohl die GPL als auch die LGPL werden als Copyleft-Lizenzen bezeichnet. Bei einer Copyleft-Lizenz fallen abgeleitete Versionen der Software ebenfalls unter die Bedingungen der Ursprungslizenz. Diese Anforderung ermöglicht es, dass auch in zukünftigen Programmversionen der Quellcode frei verfügbar bleibt und die Software vor einer „Kommerzialisierung“ geschützt ist (Teupen, 2007). Der wesentliche Unterschied zwischen GPL und LGPL ist die Tatsache, dass die GPL die Offenlegung des Quellcodes von proprietärer Software erzwingt, wenn der Quellcode der Open-Source-Software mit dem Quellcode der proprietären Software kombiniert und weiterverbreitet wird. Um die Akzeptanz von Open-Source-Produkten zu erhöhen, wurde die LGPL eingeführt, die auf diese Anforderung verzichtet (Maaß, 2006).

Die bekannteste Nicht-Copyleft-Lizenz ist die an der Universität Berkeley entworfene BSD-Lizenz. Der Quellcode der Software, die auf der BSD-Lizenz beruht, darf in proprietärer Software Verwendung finden und die Offenlegung des Quellcodes der abgeleiteten Versionen wird nicht erzwungen. Die abgeleiteten Versionen müssen nicht unter der BSD-Lizenz stehen. Der Anwender hat zwei Pflichten zu erfüllen: Bei der Weiterverbreitung ist der Anwender verpflichtet, die Lizenz beizufügen und den Namen des Urhebers nicht für Werbezwecke zu verwenden (Maaß, 2006). Weitere Nicht-Copyleft-Lizenzen sind die MPL (Mozilla Public License) und die NPL (Netscape Public License). Die MPL ähnelt der LGPL, da ein Mittelweg zwischen der BSD und der GPL beschritten wird. Abgeleitete Versionen der Software müssen wie bei der BSD nicht unter der Ursprungslizenz stehen, allerdings müssen Modifikationen des Quellcodes wie bei der GPL veröffentlicht werden. Unter der NPL wurde der Quellcode des Netscape Browsers 1998 veröffentlicht. Die NPL gewährt dem Hersteller Netscape Exklusivrechte bei Modifikationen des Quellcodes durch externe Entwickler. Abgesehen von dieser Tatsache entspricht die NPL den Inhalten der MPL (Gutsche, 2006).

Open-Source-Software ist nur eine von mehreren Möglichkeiten zur Veröffentlichung von Software. In Abbildung 4 werden Alternativen zur Open-Source-Lizenziierung betrachtet.

Neben der Open-Source-Lizenziierung kann die Software-Lizenziierung in Public Domain und proprietär aufgeteilt werden. Public Domain ist weder offen noch proprietär, da der Entwickler seine kompletten Rechte an der Software abtritt und die Software zur beliebigen Nutzung an die Allgemeinheit übergibt. Im Gegensatz dazu kann eine Open-Source-Lizenz die Anforderungen enthalten, dass die Software auch in zukünftigen Ausprägungsformen frei sein muss. Ein Beispiel für Public Domain Software ist BIND (Berkeley Internet Name Domain), das

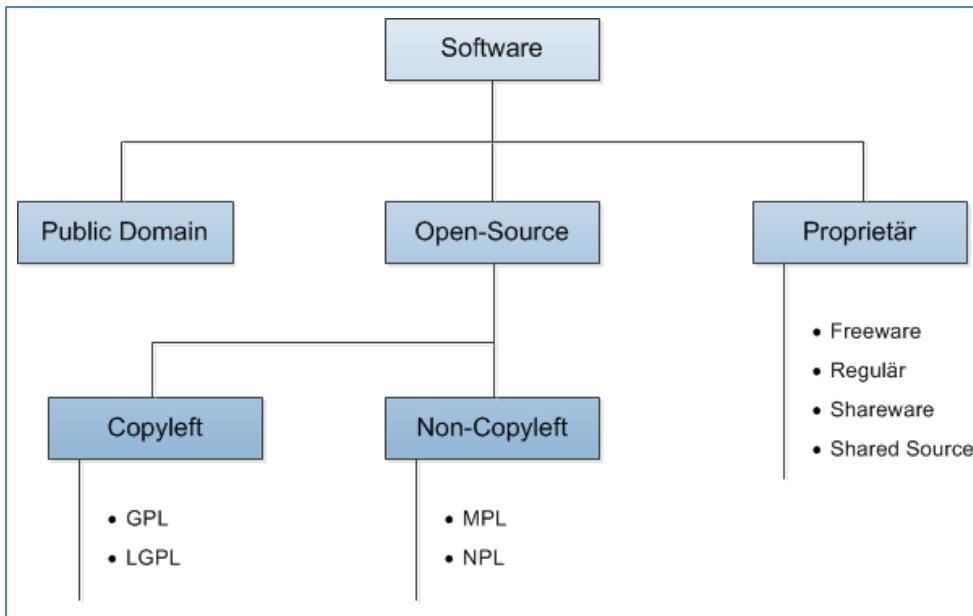


Abbildung 4: Software-Lizenzierungsarten (nach Gutsche, 2006)

Internetadressen zu physischen Servern zuordnet und dadurch ein wesentlicher Grundbaustein des Internets ist (Gutsche, 2006). In Deutschland ist ein Abtritt aller Rechte erst nach einer Schutzfrist von 70 Jahren möglich. Aus diesem Grund wird Software im Bereich Public Domain rechtlich als Freeware behandelt (Renner et al., 2005).

Freeware garantiert dem Nutzer ein zeitlich unbegrenztes Nutzungsrecht und es sind keine Lizenzgebühren zu entrichten (Maaß, 2006). In den meisten Fällen wird der Quellcode der Software nicht veröffentlicht und eine kommerzielle Nutzung kann auf Wunsch des Autors durch die Lizenzbestimmungen ausgeschlossen werden. Beispiele für Freeware sind der Microsoft Internet Explorer und der Acrobat Reader (Renner et al., 2005).

Traditionelle proprietäre bzw. reguläre Software ist auf kommerzielle Ziele wie die Gewinnmaximierung ausgelegt. Die Nutzung der Software ist dem Anwender erst nach dem Erwerb der Software gestattet. Weitergehende Rechte neben der Nutzung sind im Gegensatz zu den Open-Source-Lizenzen ausgeschlossen. Der Quellcode ist nicht enthalten und die Weiterverbreitung sowie Veränderung der Software ist verboten. Durch diese restriktiven Lizenzbedingungen versuchen die Hersteller ihre wirtschaftlichen Interessen durchzusetzen (Maaß, 2006).

Bei Shareware werden ebenfalls kommerzielle Ziele verfolgt. Der wesentliche Unterschied zu traditioneller Software ist ein anderes Vertriebsmodell: Die Software kann unbegrenzt weitergegeben und verbreitet werden um eine möglichst hohe und schnelle Marktdurchdringung zu erreichen. Der kostenlosen Verbreitung steht ein zeitlich eingeschränktes Nutzungsrecht gegenüber. Nach Ablauf der Frist wird die weitere Nutzung technisch verhindert, so dass eine Lizenz gekauft werden muss (Gutsche, 2006).

Shared Source wurde 2001 von Microsoft als Reaktion auf den Erfolg von Open-Source-Software ins Leben gerufen. Microsoft versucht die Vorteile von Open-Source-Software zu nutzen, ohne geistiges Eigentum abzugeben. Das Prinzip von Shared Source erlaubt die Einsicht in den Quellcode der Microsoft-Software, aber alle Rechte an den Modifikationen gehen wiederum auf Microsoft über und die Weiterverbreitung ist untersagt (Gutsche, 2006).

2.3. Vor- und Nachteile

Im Folgenden wird auf die Vor- und Nachteile von Open-Source-Software für KMU im Vergleich zu proprietärer Software eingegangen.

2.3.1. Vorteile von Open-Source-Software

- *Keine Lizenzkosten:* Der Hauptvorteil von Open-Source-Software für KMU ist der Verzicht auf Lizenzkosten, da die Software frei verfügbar ist (siehe auch Mertens et al, 2005). Die Nutzungsdauer ist unbegrenzt und es existiert kein Update-Zwang wie bei proprietären Herstellern, die ihre Kunden durch Einstellen des Supports für alte Produktversionen zu einem Update „zwingen“. Prinzipiell ist Open-Source-Software nicht billiger als proprietäre Alternativen, da es sich um ein anderes Geschäftsmodell handelt. Bei proprietärer Software setzen sich die Gesamtkosten aus dem Betrieb der Anwendung und den Lizenzkosten zusammen. Bei Open-Source-Software entfallen die Lizenzkosten, aber es entstehen Kosten für optionale Zusatzleistungen von externen Dienstleistern wie Installation, Schulung, Support und Beratung (Kalaus & Mach, 2010). Wichtig ist die Betrachtung der Kosten über den gesamten Lebenszyklus der Software (Total Cost of Ownership – TCO).
- *Herstellerunabhängigkeit:* Da keine langfristigen Nutzungs- oder Supportverträge mit einem Hersteller abgeschlossen werden, sind KMU und auch größere Unternehmen im Vergleich zu proprietärer Software unabhängiger von einem Hersteller (Teupen, 2007). Die erhöhte Wahlfreiheit schafft Konkurrenz und führt zu niedrigeren Preisen sowie höherer Qualität.
- *Leichte Anpassung an individuelle Anforderungen:* Durch den offenen Quellcode und die offenen Standards ist Open-Source-Software leicht an individuelle Anforderungen anpassbar, da Software-Komponenten geändert oder hinzugefügt werden können (Teupen, 2007). Die Vorteile einer bewährten Standardsoftware als Grundprodukt und der individuellen Anpassung einer Eigenentwicklung können mit Open-Source-Software vereint werden (Renner et al., 2005).

- *Hohe Sicherheit:* Ein weiterer Vorteil von Open-Source-Software ist die hohe Sicherheit. Open-Source-Software ist aufgrund der geringeren Verbreitung weniger Angriffen ausgesetzt als proprietäre Software. Durch die Offenlegung des Quellcodes und der oftmals großen Anzahl an Entwicklern können Fehler schnell entdeckt und beseitigt werden (Teupen, 2007). Sicherheitslücken können bis zum jeweiligen Programmierer zurückverfolgt werden. Um nicht den eigenen Namen mit fehlerhaftem Quellcode in Verbindung zu bringen, legen die Entwickler großen Wert auf qualitativ hochwertigen Quellcode (Lockheed Martin Corporation and Market Connections, Inc., 2011).
- *Hoher Einfluss der Anwender:* Die Anwender haben einen hohen Einfluss auf die Software-Entwicklung, da ein konkreter Bedarf für den Beginn und die Weiterentwicklung eines Projekts existieren muss. Der Anwenderbedarf und nicht eine Herstellerstrategie ist ausschlaggebend für die Weiterentwicklung der Software (Kalaus & Mach, 2010).
- *Hohe Interoperabilität:* Die Nutzung offener Standards ermöglicht eine hohe Interoperabilität mit anderer Software im Unternehmen, so dass Daten leicht und langfristig ausgetauscht werden können (Baumann et al., 2007).
- *Hohe Software-Qualität:* Durch Open-Source-Software wird eine hohe Software-Qualität ermöglicht, da viele Entwickler an einem Projekt beteiligt sind und das Programmieren sowie das Testen stark parallelisiert wird, ohne an einen festen Veröffentlichungstermin gebunden zu sein (Renner et al., 2005). Fehler und Schwachstellen im Quellcode werden durch diese Vorgehensweise schnell gefunden. Häufige Releasewechsel sorgen dafür, dass Doppelentwicklungen vermieden werden und die Software regelmäßig erweitert sowie verbessert wird (Mertens et al., 2005).
- *Einfache Weiterentwicklung und Wiederverwendung:* Open-Source-Software ist durch eine einfache Weiterentwicklung und Wiederverwendung gekennzeichnet. Die Weiterentwicklung der Software muss nicht vom ursprünglichen Entwickler-Team durchgeführt werden, da der Quellcode auch von anderen Entwicklern wiederverwendet werden kann (Renner et al., 2005).

2.3.2. Nachteile von Open-Source-Software

- *Keine Gewährleistung:* KMU tragen das volle Risiko und haben keinerlei Gewährungs- oder Haftungsanspruch gegenüber den Entwicklern von Open-Source-Software. Zudem kann die Funktionstüchtigkeit der Software nicht garantiert werden (Renner et al., 2005).

- *Eingeschränkter Support:* Open-Source-Software ist durch einen eingeschränkten Support gekennzeichnet. Der Support der Entwickler-Community ist von der Aktivität der Community abhängig, die von Projekt zu Projekt stark unterschiedlich ist. Bei inaktiven Projekten ist kaum Support von den Entwicklern vorhanden (Renner et al., 2005).
- *Kosten für Schulungen:* Die Bedienungsfreundlichkeit ist bei vielen Open-Source-Produkten eingeschränkt, da die Software von Entwicklern mit großem technischem Hintergrundwissen erstellt wird. Die Entwickler können auf eine einfache Benutzungsoberfläche verzichten. Aus diesem Grund sind für die Einarbeitung der Mitarbeiter bei der Einführung von Open-Source-Software in vielen Fällen umfangreiche Schulungen notwendig (Teupen, 2007).
- *Sicherheitsproblematik:* Open-Source-Software ist ein potentielles Sicherheitsrisiko, da Sicherheitslücken leicht erkannt und ausgenutzt werden können (Teupen, 2007).
- *Fehlende Funktionalität:* Ein weiterer Kritikpunkt ist die fehlende Funktionalität von Open-Source-Software im Vergleich zu kommerziellen Produkten (Vogel et al., 2010).
- *Fehlende Schnittstellen:* Die fehlenden Schnittstellen zu proprietärer Software werden als Problem angesehen. Für die Interoperabilität innerhalb der Systemlandschaft eines Unternehmens ist es entscheidend, dass proprietäre Hersteller die Schnittstellen und Dateiformate der Software offenlegen, da sonst eine Zusammenarbeit mit Open-Source-Software erschwert wird (Renner et al., 2005).
- *Fehlende Zukunftssicherheit:* Open-Source-Projekte können jederzeit eingestellt werden, da die Entwickler keinerlei vertragliche Verpflichtungen bezüglich Wartung und Support umzusetzen haben (Renner et al., 2005). KMU müssen damit rechnen, dass bei einem Ende des Projekts die Weiterentwicklung der Software aufgegeben und der Support der Entwickler-Community eingestellt wird.

2.3.3. Zusammenfassung

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Vor- und Nachteile von Open-Source-Software aus Anwendersicht, auf die in den letzten beiden Unterkapiteln eingegangen wurde.

Potentielle Vorteile	Potentielle Nachteile
Keine Lizenzkosten	Keine Gewährleistung
Herstellerunabhängigkeit	Eingeschränkter Support
Leichte Anpassung an individuelle Anforderungen	Kosten für Schulungen
Hohe Sicherheit aufgrund einfacher und schneller Behebung von Sicherheitslücken	Sicherheitsproblematik aufgrund leichter Ausnutzung von Sicherheitslücken
Hoher Einfluss der Anwender	Fehlende Funktionalität
Hohe Interoperabilität	Fehlende Schnittstellen
Hohe Software-Qualität	Fehlende Zukunftssicherheit
Einfache Weiterentwicklung und Wiederverwendung	

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von Open-Source-Software aus Anwendersicht

2.4. Beispiele

In diesem Unterkapitel wird auf die folgenden Beispiele von Open-Source-Software kurz näher eingegangen: Der Betriebssystemkernel Linux, der Apache HTTP Webserver und die Office-Suite OpenOffice. Basierend auf der Literatur- und Internetrecherche werden diese drei Anwendungen am häufigsten mit Open-Source-Software assoziiert.

In der ursprünglichen Form bezeichnet Linux einen Betriebssystemkern bzw. Kernel, der in Kombination mit verschiedenen Tools in unterschiedlichen Distributionen als vollwertiges Betriebssystem verteilt wird (Koranne, 2011). Der Quellcode von Linux ist frei verfügbar und unterliegt der GPL-Lizenz (Gutsche, 2006). Linux ist die bekannteste Open-Source-Software und die mit dem Kernel verbundenen Betriebssysteme zählen zur wirtschaftlich bedeutendsten freien Software. Besonders bei Servern kommen Linux-Betriebssysteme aufgrund der hohen Flexibilität und Zuverlässigkeit häufig zum Einsatz, wohingegen die Akzeptanz im Bereich der Desktop-PCs kaum vorhanden ist (Gutsche, 2006). Die Benutzer interagieren nicht direkt mit dem Kernel, sondern mit den verschiedenen Tools, die auf dem Kernel aufsetzen. Die Fundamente der Linux-Distributionen wie beispielsweise der Texteditor Emacs sind gleich und entstammen dem GNU-Projekt (Koranne, 2011). Unterschiede ergeben sich in der grafischen Benutzeroberfläche oder durch die Ausrichtung auf spezielle Anwendungsberiche wie beispielsweise die Wissenschaft. Die Distributionen werden entweder kostenlos oder kommerziell angeboten, da das Open-Source-Paradigma die kommerzielle Verbreitung

der Software nicht verbietet (Koranne, 2011). Beispiele für Linux-Distributionen sind Ubuntu¹ oder Debian².

Apache HTTP Server³ ist ein erfolgreicher Web Server, der Stand 2010 über 60% des Internets abdeckt und die Bereitstellung von mehr als 100 Millionen Internet-Seiten ermöglicht (Koranne, 2011). Der Web Server besteht aus einem Kern und mehreren Modulen, die eine hohe Vielfältigkeit und eine individuelle Anpassung an die Bedürfnisse des Nutzers ermöglichen. Weitere Vorteile des Web Servers sind die hohe Robustheit und Stabilität sowie die Plattformunabhängigkeit, die sich in der Unterstützung einer Vielzahl an Betriebssystemen äußert (Hockmann & Knöll, 2008). Der Web Server unterliegt der Apache Software License, die sich an der BSD-Lizenz orientiert. Für die Überwachung und die Koordination der Weiterentwicklung wurde die Apache Software Foundation gegründet (Brügge et al., 2004).

OpenOffice⁴ ist eine Office-Suite auf Open-Source-Basis, die aus dem kommerziellen StarOffice entstanden ist. Nach dem Kauf durch Sun wurde StarOffice als Open-Source-Software veröffentlicht. Heute ist die Suite unter mehreren Open-Source-Lizenzen wie beispielsweise der LGPL freigegeben und wird als ernsthafter Konkurrent für das kommerzielle Microsoft Office angesehen. Ähnlich wie das Microsoft-Produkt bietet die OpenOffice.org-Suite fünf Hauptkomponenten: Textverarbeitung (Writer), Tabellenkalkulation (Calc), Präsentationssoftware (Impress), Zeichenprogramm (Draw) und eine Datenbank (Base) (Renner et al., 2005). Die Suite ist in vielen verschiedenen Sprachen erhältlich und zeichnet sich durch Plattformunabhängigkeit, Stabilität und Benutzerfreundlichkeit aus. Die Benutzerfreundlichkeit zeigt sich beispielsweise durch die vielfältigen Import- und Export-Möglichkeiten in und aus verschiedenen Dateiformaten (Koranne, 2011).

¹ Homepage: <http://www.ubuntu.com/>

² Homepage: <http://www.debian.org/>

³ Homepage: <http://httpd.apache.org/>

⁴ Homepage: <http://www.openoffice.org/>

3. Grundlagen des Cloud Computing

In Kapitel 3 werden die Grundlagen von Cloud Computing erläutert. Bevor Cloud Computing definiert wird, sollen zunächst die wegbereitenden, technischen Basiskonzepte vorgestellt werden. Nach der Definition wird die organisatorische und technische Cloud-Architektur ausführlich dargestellt.

3.1. Wegbereitende Basiskonzepte

Es können vier Konzepte identifiziert werden, auf die Cloud Computing aufbaut und die Cloud Computing prägen: Application Service Providing, Virtualisierung, Utility Computing und Grid Computing. Auf diese Konzepte wird in den folgenden Unterkapiteln näher eingegangen.

3.1.1. Application Service Providing

Jedes Unternehmen muss entscheiden, ob benötigte Waren und Dienstleistungen intern hergestellt oder von einem externen Lieferanten bezogen werden. Besonders für die Beschaffung von IT-Dienstleistungen wird ein externer Bezug immer wieder in Betracht gezogen, da ein direkter Einfluss auf die Wertschöpfung des Unternehmens nur schwer nachweisbar ist (Krcmar, 2005). Die „dauerhafte Auslagerung von Leistungen mit einer Übertragung von Handlungsverantwortung an Externe“ wird nach Bruch (1998) als Outsourcing bezeichnet. In Abgrenzung zu Outsourcing wird der externe Bezug von bisher nicht im Unternehmen hergestellten Leistungen als Fremdbezug bezeichnet (Herzwurm & Pietsch, 2009).

In den 90iger Jahren wurde das Konzept des Application Service Providing (ASP) bekannt, das den externen Bezug von IT-Anwendungen ermöglicht und nach der International Data Cooperation folgendermaßen definiert wird: „ASPs provide a contractual service offering to deploy, host, manage, and rent access to an application from a centrally managed facility“ (Günther et al., 2001). Der Anbieter stellt demnach ausgehend von einer zentralen Einrichtung mehreren Kunden benötigte Anwendungen zur Verfügung und generiert durch den Verkauf der Nutzungsrechte Erlöse. Dabei werden vertragliche Verpflichtungen bezüglich der Qualität und Verfügbarkeit der Anwendungen vereinbart.

Das ASP-Modell konnte sich aufgrund mangelnder Benutzerakzeptanz und fehlender Technologien nicht durchsetzen. Die Kostenersparnis für die Kunden war im Vergleich zum Eigenbetrieb der Anwendung gering, da die ASP-Systeme nicht mandantenfähig waren. Der Anbieter musste für jeden Kunden ein eigenes System einrichten (Schnieder, 2008).

3.1.2. Virtualisierung

Virtualisierung erlaubt eine abstrakte, logische Sicht auf Hardware-Ressourcen und ist eine wichtige Voraussetzung für die Technologien Utility Computing, Grid Computing und Cloud Computing (Baun et al., 2011). Auf einem physischen System lassen sich mit Hilfe von Virtualisierungstechnologien mehrere virtuelle Systeme betreiben. Das Konzept wurde bereits in den 60iger Jahren eingeführt, doch erst die Funktions- und Leistungsfähigkeit moderner Rechnersysteme verhalf der Technologie zum endgültigen Durchbruch (Gull, 2010). Durch Virtualisierung kann die Agilität und Flexibilität der Hardware-Konfiguration erhöht und gleichzeitig die Kosten gesenkt werden. Die Kostensenkung wird durch die bessere Auslastung der Infrastruktur und durch den geringeren Bedarf an IT-Ressourcen ermöglicht (Rimal et al., 2011). Im weiteren Verlauf wird auf die verschiedenen Architekturvarianten und die verschiedenen Arten von Virtualisierung eingegangen.

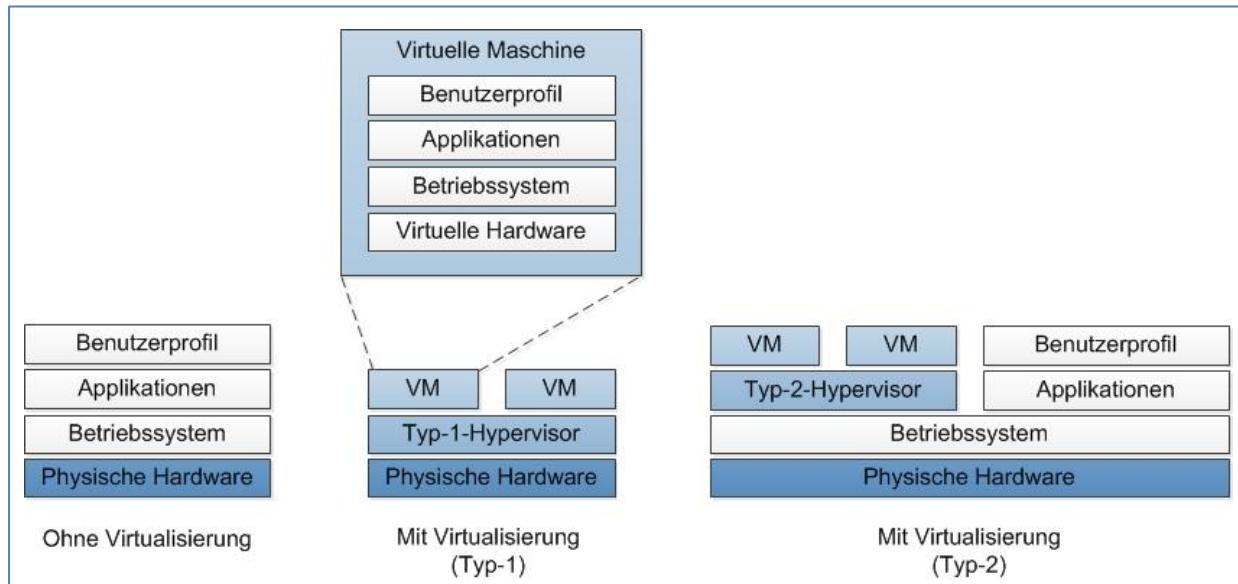


Abbildung 5: Hypervisor-Vergleich (nach Gull, 2010)

In Abbildung 5 werden Architekturvarianten von virtualisierten Infrastrukturen dargestellt. Ein virtuelles System wird durch eine virtuelle Maschine (VM) repräsentiert, die sich wie eine isolierte Computereinheit inklusiver eigener (virtueller) Hardware und Software verhält. Das Mapping der virtuellen Maschinen auf die physische Hardware übernimmt der Hypervisor oder Virtual Machine Monitor (Gull, 2010). Zu den Hauptaufgaben des Hypervisors gehören die Verteilung der Ressourcen und die Koordination der Zugriffe auf die Hardware (Baun et al., 2011). Wie aus obiger Abbildung ersichtlich werden zwei verschiedene Typen von Hypervisor unterschieden:

- **Typ-1-Hypervisor:** Typ-1 setzt mit Hilfe eines eigenen Kernels direkt auf der physischen Hardware auf. Dadurch hat Typ-1 geringere Leistungseinbußen als Typ-2, ist aber an eine spezifische Hardware gebunden und wird hauptsächlich für Server eingesetzt (Gull,

2010). Beispiele für Hypervisor dieses Typs sind Microsoft Hyper-V, Citrix Xen, VMWare ESX und Kernel-Based Virtual Machine (KVM).

- **Typ-2-Hypervisor:** Typ-2 setzt nicht direkt auf der physischen Hardware auf, sondern auf dem darüberliegenden Betriebssystem. Dadurch ist der Hypervisor unabhängig von der physischen Hardware, was höhere Leistungseinbußen aufgrund der zusätzlichen Zwischenschicht nach sich zieht (Gull, 2010). Bekannte Typ-2-Hypervisor sind VMWare GSX Server, Microsoft Virtual Server/PC, QEMU, Linux VServer und VirtualBox.

Im Rahmen von Cloud Computing spielen fünf verschiedene Arten von Virtualisierung eine wichtige Rolle:

- **Betriebssystemvirtualisierung:** Bei dieser Form der Virtualisierung betreibt das Host-Betriebssystem mehrere identische, voneinander abgeschottete Laufzeitumgebungen. Die verschiedenen Umgebungen nutzen den gleichen Betriebssystemkern, treten aber nach außen als eigenständige Systeme auf. Aufgrund der strikten Trennung wird die Betriebssystemvirtualisierung auch als Container oder Jails bezeichnet (Baun et al., 2011). Besonders für die Erfüllung hoher Anforderungen an die Sicherheit und Performance eignet sich diese Variante. Dies wird mit einer eingeschränkten Flexibilität ermöglicht, da auf einem Rechner keine unterschiedlichen Betriebssysteme eingesetzt werden können (Baun et al., 2011).
- **Plattformvirtualisierung:** Die Plattformvirtualisierung erlaubt die Ausführung beliebiger Betriebssysteme und Anwendungen. Das Konzept lässt sich in die vollständige Virtualisierung und die Paravirtualisierung unterteilen (Baun et al., 2011). Bei beiden Arten kommt das bereits vorgestellte Hypervisor-Konzept zum Einsatz. Bei der vollständigen Virtualisierung wird ein kompletter Rechner simuliert, der auf virtuelle Ressourcen wie Prozessor, Grafikkarte etc. zugreift. Gastbetriebssysteme können bei dieser Variante unverändert genutzt werden. Paravirtualisierte Systeme interagieren über eine Schnittstelle mit Hilfe des Hypervisors direkt mit der gemeinsam genutzten Hardware. Es wird also keine virtuelle Hardware simuliert. Für diese Art werden hauptsächlich Open-Source-Betriebssysteme wie Linux eingesetzt, da Anpassungen am Gast-Betriebssystem für die direkte Zusammenarbeit mit dem Hypervisor vorgenommen werden müssen (Baun et al., 2011).
- **Speichervirtualisierung:** Bei der Speichervirtualisierung werden die physischen Datenspeicher zu logischen Pools zusammengefasst, auf die der Anwender dynamisch zugreifen kann (Rimal et al., 2011). Der Zugriff erfolgt über ein spezielles Speichernetzwerk (Storage Area Network - SAN) oder das allgemeine Firmennetzwerk (Local Area Network - LAN). Die Daten werden bei Cloud-Angeboten über Web-Objekte im Internet zur

Verfügung gestellt. Durch eine Verwaltungsschicht zwischen Datenspeicher und Anwender wird die Präsentation von den physischen Daten entkoppelt (Baun et al., 2011).

- *Netzwerkvirtualisierung:* Mit Hilfe der Netzwerkvirtualisierung werden physische Netzwerke zu logischen Einheiten zusammengefasst (Runge et al., 2009). Dies ermöglicht eine einfache Administration des Netzwerks sowie die Durchsetzung von Sicherheitsrichtlinien. In diesem Zusammenhang wird die VLAN-Technik (Virtual Local Area Network) eingesetzt. VLANs erlauben die Gruppierung beliebiger LANs, ohne dass die Teilnehmer unterschiedlicher VLANs sich gegenseitig wahrnehmen können (Runge et al., 2009).
- *Anwendungsvirtualisierung:* Diese Virtualisierungsform ist ein Software-Vertriebsmodell, bei dem ein Anwender über ein Netzwerk auf die Applikation zugreift, die zentral von einem Anbieter zur Verfügung gestellt wird (Baun et al., 2011). Für die Bereitstellung der Software werden zwei Verfahren unterschieden: Bei der Hosted Application wird die Anwendung zum Kunden über das Internet übertragen, wohingegen bei der Virtual Application eine Installation vor Ort durchgeführt werden muss (Baun et al., 2011).

Im Zusammenhang mit der Bereitstellung einer virtualisierten Infrastruktur spielen Service Level Agreements (SLA) eine wichtige Rolle. Mit SLAs werden die Erwartungen und Verpflichtungen der beteiligten Parteien inklusive Strafen bei Nichterfüllung festgelegt (de Oliveira & Pfreundt, 2010). Die zu liefernden Leistungen werden in Bezug auf Verfügbarkeit, Verlässlichkeit und Skalierbarkeit exakt festgelegt, was auch als Quality of Service (QoS) bezeichnet wird. Die Implementierung der SLAs erfordert ein effizientes Monitoring der bereitgestellten Services, was häufig durch eine Zwischenschicht in der IT-Architektur realisiert wird (de Oliveira & Pfreundt, 2010).

3.1.3. Utility Computing

Mit dem Begriff Utility Computing wird die Vision beschrieben, dass die IT einen sehr hohen Standardisierungsgrad erreicht und mit Infrastrukturdiensleistungen wie Strom oder Wasser gleichgesetzt werden kann (Repschläger et al., 2010). Zur Verwirklichung dieser Vision ist eine globalisierte Marktstruktur notwendig, die den Bezug von IT-Ressourcen nutzungsabhängig (On-Demand) als standardisierte Dienstleistungseinheiten ermöglicht. In diesem Zusammenhang wird der Ausdruck „IT aus der Steckdose“ verwendet (Repschläger et al., 2010; Carr, 2003). Nach diesem Verständnis wird die IT als reiner Kostenfaktor ohne direkten Wertbeitrag zum Unternehmenserfolg angesehen. Auf der anderen Seite wird die IT durch die steigende Komplexität des Marktumfeldes immer wichtiger. Aus diesem Grund liegt die Realisierung der Vision noch in weiter Ferne, so dass eine realitätsnähere Definition des Begriffs Utility Computing erforderlich ist: Utility Computing bezeichnet die Transformation

der IT in einen serviceorientierten Geschäftsbereich, der IT-Services in enger Abstimmung mit den Geschäftszielen bereitstellt (Ederer, 2007). Dieses Ziel kann nur mit einer optimierten IT-Infrastruktur erreicht werden. Wichtige Eckpfeiler einer erfolgreichen Umsetzung von Utility Computing sind die Automatisierung von sich häufig wiederholenden Abläufen, die dynamische Zuweisung von virtualisierten Ressourcen sowie eine prozessorientierte Aufbau- und Ablauforganisation (Ederer, 2007).

Um das Prinzip des Utility Computing umzusetzen, ist eine serviceorientierte Architektur (SOA) notwendig (Breiter, 2007). Unter SOA wird ein Architekturmodell verstanden, das benötigte Leistungen als Dienste bereitstellt und dadurch Potentiale zur Erhöhung der Effizienz, Agilität und Produktivität eines Unternehmens ermöglicht (Erl, 2008). Das Konzept ist unabhängig von konkreten Technologien und Plattformen, so dass viele Umsetzungsvarianten denkbar sind (Erl, 2008). Typisch für alle SOA-Implementierungen ist der Ablauf der Dienstnutzung im sogenannten SOA-Dreieck:

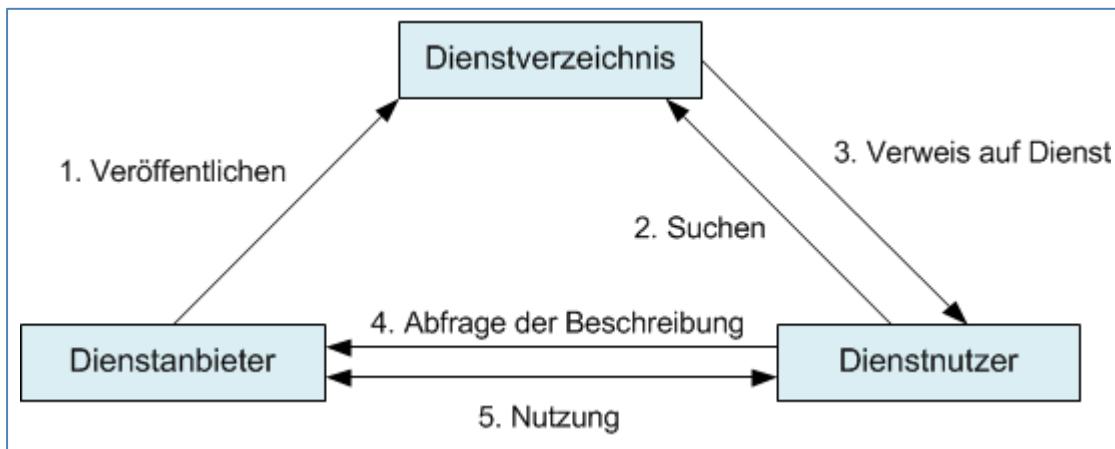


Abbildung 6: Das SOA-Dreieck (nach Melzer, 2010)

In einem Verzeichnis werden alle Dienste registriert, die durch die Anbieter zur Verfügung gestellt werden. Die Zuweisung der Dienste zu einem Anwender erfolgt dynamisch zur Laufzeit und wird als lose Kopplung (loose coupling) bezeichnet (Buyya et al., 2011). Benötigt ein Nutzer einen Dienst, wird das Verzeichnis kontaktiert und die konkreten Dienstanforderungen übertragen. Das Verzeichnis wählt den Anbieter aus, der momentan am besten zu den Anforderungen des Nutzers passt. Daraufhin schickt das Verzeichnis die Kontaktinformationen des gefundenen Dienstes an den Nutzer. Bevor der Dienst genutzt werden kann, muss der Anbieter an den Nutzer gebunden werden. Dieser Vorgang wird als Binding bezeichnet und besteht aus dem Austausch von Schnittstelleninformationen sowie Richtlinien. Für eine reibungslose Interaktion der beteiligten Komponenten ist die Nutzung von offenen Standards eine wichtige Anforderung (Melzer, 2010).

Die am häufigsten verwendete Technologie-Plattform zur Realisierung einer SOA sind Web Services. Ein Web Service ist ein abgeschlossenes Software-Modul, das über ein Netzwerk wie beispielsweise das Internet zur Verfügung gestellt wird und durch die standardisierten Basistechnologien SOAP (Simple Object Access Protocol), WSDL (Web Services Description Language) und UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) genutzt werden kann (Papazoglou, 2008). Im SOA-Dreieck übernimmt UDDI die Rolle des Verzeichnisdienstes, das die Beschreibungen der Dienste enthält. In der Praxis spielt der globale Verzeichnisdienst UDDI keine große Rolle, da eher lokale, firmeninterne Lösungen eingesetzt werden. Mit WSDL werden die Dienste beschrieben, die von dem jeweiligen Anbieter bereitgestellt werden. Der eigentliche Nachrichtenaustausch zwischen Nutzer und Anbieter wird mit SOAP-Nachrichten auf XML-Basis (Extensible Markup Language) durchgeführt (Papazoglou, 2008). Alternativ zu SOAP-style Web Services werden häufig REST-style Web Services (Representational State Transfer) verwendet, deren Schnittstellen sich auf die generischen Prinzipien des Internets beschränken und sich für bestimmte Anwendungsszenarien besser eignen (für weitere Informationen siehe Richardson & Ruby, 2007).

3.1.4. Grid Computing

Foster und Kesselmann (2004) definieren Grid Computing als „coordinated resource sharing and problem solving in dynamic, multi-institutional virtual organizations“. Eine wesentliche Charakteristik von Grid Computing ist demnach die Nutzung heterogener Ressourcen von mehreren administrativ unabhängigen Organisationen zur Lösung von komplexen Berechnungsproblemen (Middleton, 2010). Um die Administration und Verwaltung zu vereinfachen, werden die beteiligten Institute zu einer virtuellen Organisation zusammengefasst, die ein gemeinsames Ziel verfolgt (Cáceres et al., 2010). Weitere Merkmale sind die Nutzung von offenen Standards für die Grid-Middleware sowie die Nichttrivialität des Dienstes in Bezug auf Latenz, Zuverlässigkeit und Durchsatz. Grid Computing wird hauptsächlich im wissenschaftlichen Bereich eingesetzt und konnte sich im kommerziellen Bereich aufgrund des fehlenden Geschäftsmodells nicht durchsetzen (Weinhardt et al., 2009).

Es werden drei Evolutionsstufen der Grid-Technologie unterschieden (Brezany et al., 2006): Auf der untersten Ebene befinden sich das Computational Grid und das Data Grid. Diese beiden ältesten Formen des Grids sind für Berechnungen und für das Speichern von sehr großen Datenmengen zuständig. Aufbauend auf diesen beiden Technologien befindet sich das Information Grid, das heterogene Informationen in eine homogene Präsentation umwandelt. Die Präsentation ist die Basis für die oberste Ebene mit dem Namen Knowledge Grid, das zur Extraktion von Wissen aus den Informationen eingesetzt wird.

3.2. Definition und Abgrenzung

Eine einheitliche, standardisierte Definition von Cloud Computing ist in der Literatur nicht vorzufinden (siehe z.B. Weinhardt et al., 2009). Es lassen sich Eigenschaften identifizieren, die das Gesamtkonzept Cloud Computing ausmachen:

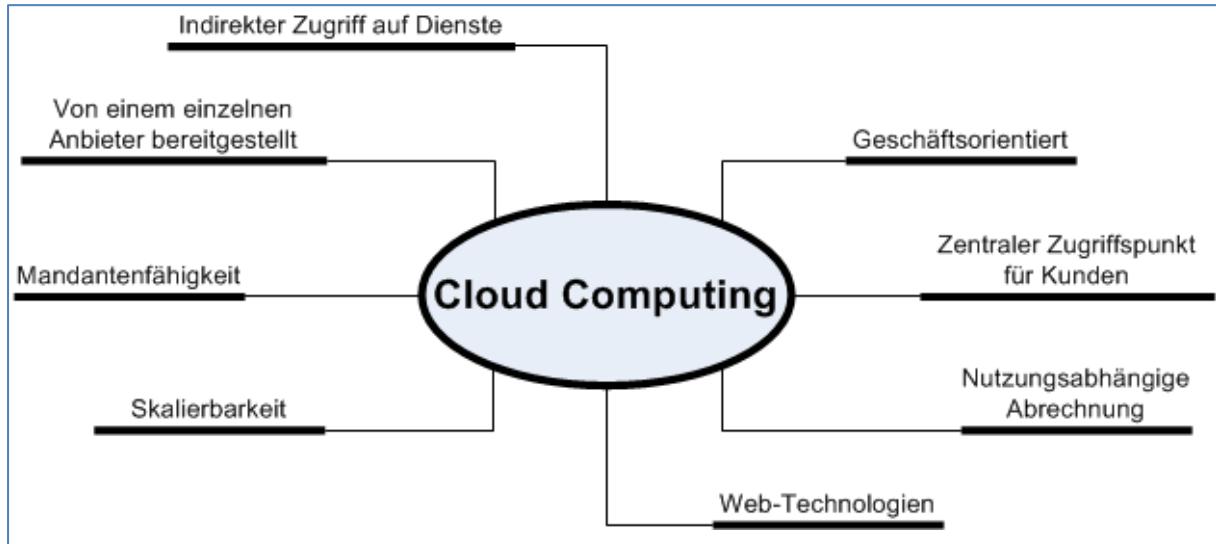


Abbildung 7: Eigenschaften von Cloud Computing (nach Baun et al., 2011)

Aus den in Abbildung 7 dargestellten Eigenschaften lässt sich folgende Definition ableiten, die das Verständnis von Cloud Computing für den weiteren Verlauf dieser Arbeit festlegt:

Cloud Computing bezeichnet die Nutzung und Bereitstellung virtualisierter IT-Infrastrukturen, Plattformen und Anwendungen, die ausgehend von einer skalierbaren Plattform einer Vielzahl von Anwendern nutzungsabhängig über ein Netzwerk wie beispielsweise das Internet zur Verfügung gestellt werden.

Sowohl Utility Computing, Grid Computing als auch Cloud Computing verfolgen die Vision, verteilte Ressourcen effizient zu nutzen um die IT-Kosten zu reduzieren und die Flexibilität zu erhöhen (Villegas et al., 2010). Im Folgenden wird die Beziehung der zuvor dargestellten Basistechnologien zu Cloud Computing untersucht:

- *Application Service Providing:* Die Anwendungsschicht von Cloud Computing kann als Weiterentwicklung von ASP angesehen werden (Braß & Zimmermann, 2010). Cloud Computing nutzt moderne Web-Technologien und zeichnet sich im Gegensatz zu ASP durch Mandantenfähigkeit aus. Infolgedessen wird Cloud Computing als Multi-Tenant bezeichnet, wohingegen das ASP-Modell Single-Tenant ist (von Gunten, 2007).
- *Virtualisierung:* Virtualisierung ist die Grundlage von Cloud Computing, da Virtualisierung das dynamische Zusammenfassen und die nutzungsabhängige Bereitstellung von Ressourcen ermöglicht (Zhang et al., 2010).

- *Utility Computing*: Repschläger et al. (2010) bezeichnen Utility Computing als Blaupause für Cloud Computing, da beide Technologien den Service-Gedanken teilen. Cloud Computing wird als die Umsetzung von Utility Computing angesehen, da mit Cloud Computing geschäftliche Interessen mit nutzungsabhängigen Services verfolgt werden (Zhang et al., 2010; Foster et al., 2008). Neben der Umsetzung durch Cloud Computing kann Utility Computing auch in einem „direkteren“ Weg umgesetzt werden, so dass der Kunde genau weiß, woher und wie die Dienste bereitgestellt werden. Beim typischen Cloud Computing ist der Ort und die Art der Bereitstellung für den Kunden transparent (Cloud Computing World, 2011).
- *Grid Computing*: Cloud Computing wird als die geschäftsorientierte Weiterentwicklung von Grid Computing angesehen (Rimal et al., 2011; Gong et al., 2010). Grid Computing ist auf wissenschaftliche Anwendungsbereiche in verteilten Organisationen ausgelegt, wohingegen die Dienste bei Cloud Computing zentral von einer einzelnen Firma bereitgestellt werden und der Geschäftsabwicklung dienen. Weitere Unterschiede zwischen Cloud Computing und Grid Computing sind folgender Tabelle entnehmbar:

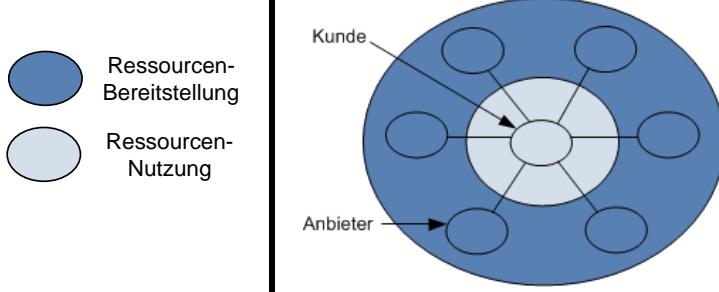
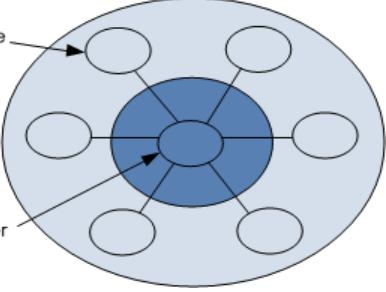
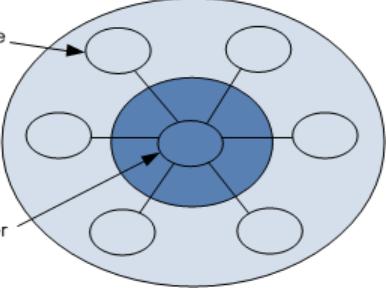
Merkmale	Grid Computing	Cloud Computing
 Ressourcen-Bereitstellung Ressourcen-Nutzung	 Kunde Anbieter	 Kunde Anbieter
Fokus	Wissenschaft und Forschung	Ökonomisch
Bereitstellung der Ressourcen	Dezentral und kollaborativ über mehrere geographische Standorte und Organisationen	Von einer einzigen Organisation mit zentralem Zugriffspunkt für Kunden
Leistungsangebot	Infrastruktur	Infrastruktur, Plattform, Software
Ressourcen-verbrauch (Art)	Geplant, Batch-orientiert	Dynamisch (On-Demand)
Skalierbarkeit	Mittel	Hoch
Geschäftsmodell	Nicht vorhanden / statisch	Pay-per-Use, flexibel
Abhängigkeit vom Anbieter	Hoch	Mittel
SLAs	Kaum bis gar nicht	Ja

Tabelle 2: Grid und Cloud Computing (nach Repschläger et al. 2010; Rimal et al., 2011)

3.3. Organisatorische Cloud-Architektur

Aus organisatorischer Sicht wird Cloud Computing in Public Clouds, Private Clouds, Hybrid Clouds und Community Clouds eingeteilt:

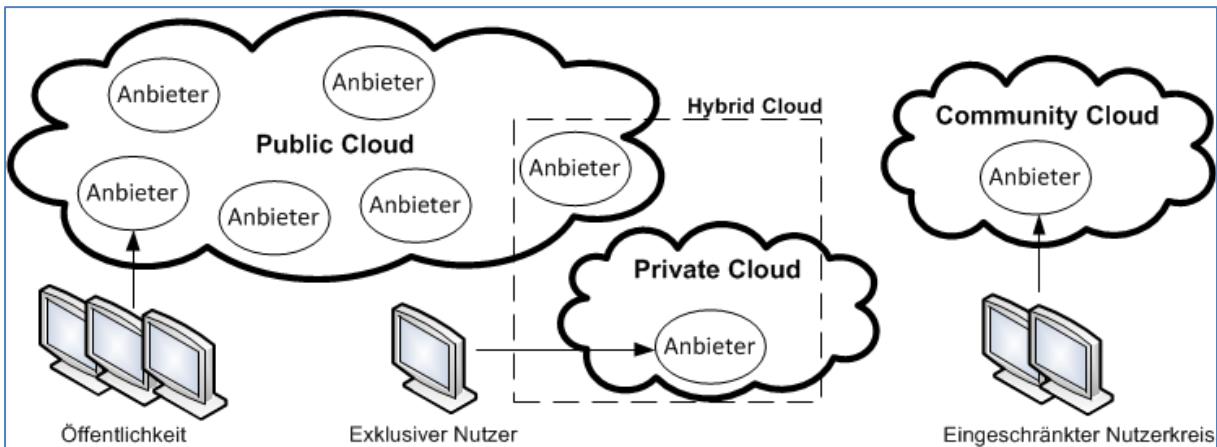


Abbildung 8: Organisatorische Cloud-Architektur

- **Public Cloud:** Die Public Cloud ist die am weitesten verbreitete Architekturvariante von Cloud Computing (Jin et al., 2010). Bei Public Clouds werden die Services von einem externen Dienstleister betrieben, der seine Ressourcen vielen unterschiedlichen Kunden zu einem einheitlichen Preis über das Internet zur Verfügung stellt (Lin & Devine, 2010). Die Abrechnung erfolgt nutzungsabhängig. In dieser Variante müssen die Anwender dem Anbieter wichtige Geschäftsdaten anvertrauen (Rimal et al., 2011).
- **Private Cloud:** Im Gegensatz zur Public Cloud gehören Anbieter und Nutzer der Cloud-Dienste bei einer Private Cloud derselben Organisation an (Baun et al., 2011). Die Cloud-Dienste werden nur einem einzigen Unternehmen zur Verfügung gestellt und von dem Unternehmen selbst oder von einem Drittanbieter betrieben (Mell & Grance, 2011). Bei einer Private Cloud bietet es sich an, die gleichen technischen Schnittstellen wie in einer Public Cloud zu realisieren, um Anwendungen zu einem späteren Zeitpunkt bei Bedarf in die Public Cloud skalieren zu können. Für viele Unternehmen ist die Private Cloud attraktiv, da in diesem Modell die kritischen Daten und Applikationen im eigenen Unternehmen verbleiben (Baun et al., 2011). Demgegenüber stehen höhere Kosten und eine eingeschränkte Skalierbarkeit im Vergleich zur Public Cloud (Jin et al., 2010).

Nick et al. (2010) definieren eine Virtual Private Cloud (VPC) wie folgt: „A VPC offers the *function* of a private cloud though not necessarily its *form*“. Auch wenn die Dienste mehreren Unternehmen zur Verfügung stehen, werden dieselben SLA-Anforderungen erfüllt wie wenn die Dienste nur für ein einzelnes Unternehmen bereitgestellt werden (Nick et al., 2010).

- *Hybrid Cloud*: Eine Kombination aus Public und Private Cloud wird als Hybrid Cloud bezeichnet (Repschläger et al., 2010). Der Anwender kann in dieser Organisationsform selbst entscheiden, welche Dienste intern zur Verfügung gestellt werden und welche Aufgabenbereiche zu externen Dienstleistern ausgelagert werden (Lin & Devine, 2010).
- *Community Cloud*: Diese weniger verbreitete Architekturvariante bezeichnet eine Cloud, die von mehreren Organisationen mit ähnlichen Interessen genutzt wird (Rimal et al., 2011). Eine Community Cloud ermöglicht die Umsetzung hoher Anforderungen an die Sicherheit und Vertraulichkeit. Die Kosten sind aufgrund der eingeschränkten Teilnehmerzahl höher als bei einer Public Cloud (Rimal et al., 2011).

3.4. Technische Cloud-Architektur

Nachdem die Cloud-Architektur aus organisatorischer Sicht betrachtet wurde, wird im nächsten Schritt die technische Sicht betrachtet. Auf Basis der beschriebenen Definition von Cloud Computing sind die verschiedenen technischen Ausprägungsformen vielfältig. Für die Einteilung wird das nebenstehende Schichtenmodell von Baun et al. (2011) angewendet. Das Modell folgt dem Everything-as-a-Service (XaaS) Paradigma, das aus den vier Hauptschichten Humans-as-a-Service (HuaaS), Software-as-a-Service (SaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) und Infrastructure-as-a-Service (IaaS) besteht.

Die einzelnen Schichten sind nicht isoliert zu betrachten, da wechselseitige Interdependenzen vorzufinden sind. Ein SaaS-Anbieter muss beispielsweise neben der SaaS-Schicht auch die Bereitstellung der notwendigen PaaS- und IaaS-Komponenten sicherstellen (Jaekel & Luhn, 2009).

Die oberen Schichten können alle Dienste der unteren Schichten nutzen. Dabei ist die Nutzung nicht nur auf die direkt darunterliegende Schicht beschränkt, sondern ein Zugriff auf die Dienste aller tieferliegenden Schichten ist möglich.

Die vier Hauptschichten inklusive der notwendigen Begrifflichkeiten werden in den folgenden Abschnitten ausführlich erläutert.

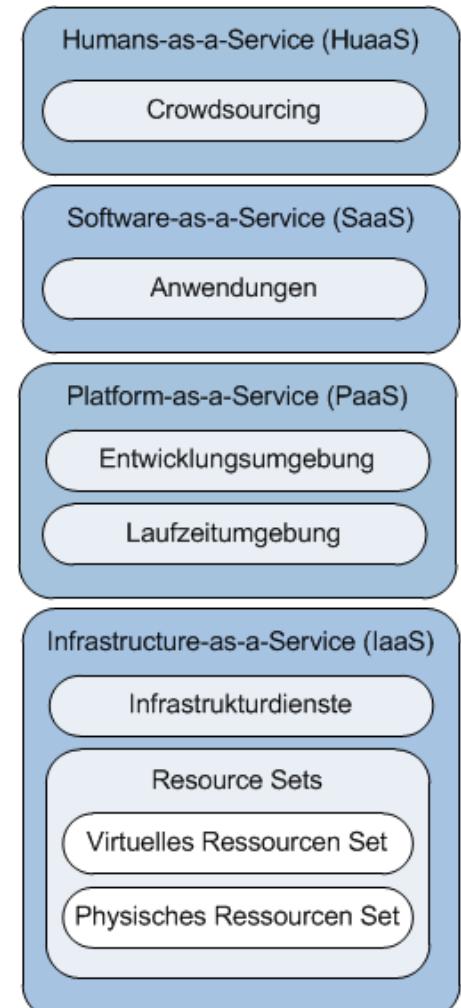


Abbildung 9: Technische Cloud-Architektur (nach Baun et al., 2011)

3.4.1. Infrastructure-as-a-Service

Infrastructure-as-a-Service (IaaS) ist die unterste Schicht der technischen Cloud-Architektur und bezeichnet die abstrakte Bereitstellung sämtlicher technischer Basisdienste eines Rechenzentrums (Vogel et al. 2010). Dazu zählen beispielsweise Server, Speicher, Prozessorleistung oder Netzwerkkomponenten. Besonders wichtig ist der dynamische und skalierbare Zugriff auf die Ressourcen, der an den jeweiligen Bedarf angepasst werden kann und nutzungsabhängig abgerechnet wird (Vogel et al. 2010).

Es werden zwei Zugriffsmöglichkeiten unterschieden, mit deren Hilfe die Hardware-Dienste bereitgestellt werden: Physical Resource Sets (PRS) und Virtual Resource Sets (VRS) (Lenk et al., 2009). Beide Möglichkeiten stellen ein Application Programming Interface (API) zur Verfügung, das von höheren Schichten der Cloud-Architektur für den effizienten Zugriff auf die Hardware-Ressourcen genutzt wird. Mit den PRS und VRS werden Ressourcen aktiviert und angehalten, Kapazitäten konfiguriert sowie Netzwerktopologien aufgebaut (Lenk et al., 2009). Die beiden Resource Sets unterscheiden sich bezüglich der Hardware-Abhängigkeit (Baun et al., 2011): PRS sind abhängig von dem eingesetzten Hardware-Hersteller, wohingegen VRS mit Hilfe von Virtualisierungstechnologien wie XEN unabhängig von einem bestimmten Anbieter sind. Auch wenn VRS in der Praxis häufiger anzutreffen sind, haben PRS bei speziellen Anforderungen wie sehr hoher Stabilität oder Performanz ihre Daseinsberechtigung. Beispiele für PRS sind Emulab oder iLo. VRS kommen bei Amazon Elastic Compute Cloud (EC2), Eucalyptus, OpenNebula und Nimbus zum Einsatz, auf die im weiteren Verlauf dieser Arbeit noch näher eingegangen wird (Baun et al., 2011). Eine Ebene über den Resource Sets befinden sich die Infrastrukturdiensste, die auf einen bestimmten Anwendungstyp ausgelegt sind. Jeder Infrastrukturdiensst wird zunächst allgemein beschrieben, gefolgt von den bekanntesten Beispielen im jeweiligen Bereich. Die Informationen entstammen der Literaturrecherche und der Homepages der Anbieter. Folgende Dienste werden unterschieden:

- *Computation-as-a-Service (CaaS)*: Mit CaaS wird Rechenkapazität vermietet und nach Bedarf zur Verfügung gestellt (Jin et al., 2010). Dabei nutzt der Kunde virtuelle Server mit VMs. Der Preis wird typischerweise pro Stunde berechnet, wobei sich der Stundenpreis je nach benötigter Rechenleistung unterscheidet (Jin et al., 2010). Für einen Überblick der CaaS-Anbieter in der Public Cloud siehe Anhang 1. Das bekannteste Angebot für CaaS ist Amazon EC2, auf das im Folgenden kurz eingegangen wird.

Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)¹ ist die zentrale Komponente der Amazon Web Services (AWS). Mit Amazon EC2 lässt sich eine virtuelle Rechenumgebung mieten, deren Server sich physisch im Rechenzentrum von Amazon befinden. Je nach Bedarf kann

¹ Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://aws.amazon.com/de/ec2/>

die Anzahl der gemieteten Serverinstanzen innerhalb weniger Minuten mit einem Web-Interface an den jeweiligen Bedarf angepasst werden (Repschläger et al., 2010). Für die Instanziierung der virtuellen Servern stellt Amazon AMIs (Amazon Machine Image) zur Verfügung, die sich im Betriebssystem und in den installierten Software-Paketen unterscheiden (Baun et al., 2011). Als Hypervisor kommt Xen zum Einsatz. Eine einfache Überwachung der Rechenumgebung wird durch die Anwendung Amazon CloudWatch ermöglicht (Jin et al., 2010). Der Preis richtet sich nach der Server-Leistungsfähigkeit, die sehr granular anhand von Prozessorleistung, Arbeitsspeicher etc. festgelegt werden kann (Baun et al., 2011). Stand August 2011 ist die kleinste Serverinstanz mit einem Prozessorkern, 1,7 Gigabyte Arbeitsspeicher und 160 Gigabyte Festplatte ab 0,085 \$ pro Stunde zuzüglich Kosten für den Datentransfer zu mieten.

- *Storage-as-a-Service (StaaS) / Data-as-a-Service (DaaS)*: Durch StaaS / DaaS kann ein Anwender je nach Bedarf auf (aus seiner Sicht) nahezu unbegrenzte Speicherkapazitäten zugreifen (Jin et al., 2010). Dabei spielt der Datentyp keine Rolle. Die Abrechnung erfolgt pro Gigabyte für die Datenhaltung und den Datentransfer (Jin et al., 2010). Um zusätzliche Funktionalitäten wie die Indexierung der Daten oder die Zugriffskoordination bereitzustellen, wird der Speicherdiensst häufig mit einer Datenbank ergänzt (de Oliveira et al., 2010). Für einen Überblick der StaaS-Anbieter in der Public Cloud siehe Anhang 2. Beispiele für StaaS / DaaS sind Amazon Simple Storage Service (S3), Google Storage und Amazon Elastic Block Storage (EBS).

Amazon Simple Storage Service (S3)¹ ermöglicht die unkomplizierte Ablage großer Datenmengen im Rechenzentrum von Amazon (Jin et al., 2010). Der Zugriff auf S3 erfolgt über Web Services, die sowohl eine REST-style als auch eine SOAP-style API unterstützen. Der Speicher ist in sogenannte Buckets eingeteilt, die bis zu 5 Terabyte groß sind. Die Buckets sind eindeutig identifizierbar, sodass benötigte Daten schnell auffindbar sind und eine genaue Rechnungserstellung möglich ist. Ein bestimmtes Datenobjekt kann durch eine Adresse, die sich aus dem Schlüssel, der Versions-ID und dem Namespace des Buckets zusammensetzt, aufgerufen werden (Jin et al., 2010). Die Abrechnung erfolgt pro Terabyte und pro Monat. Google Storage² bietet ähnliche Funktionalitäten wie S3. Der Dienst ist ebenfalls über eine REST-API ansteuerbar und Datenobjekte werden in Buckets abgelegt. Mit Hilfe des Tools GSUtil können Buckets angelegt und Zugriffsrechte administriert werden (Baun et al., 2011). Mit Amazon Elastic Block Storage (EBS)³ lassen sich Daten persistent vorhalten, auch nachdem eine EC2-Instanz her-

¹ Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://aws.amazon.com/de/s3/>

² Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://code.google.com/intl/de-DE/apis/storage/>

³ Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://aws.amazon.com/de/ebs/>

untergefahren wurde (Baun et al., 2011). Ein EBS-Volumen kann ein beliebiges Dateisystem nutzen und verhält sich somit ähnlich wie ein USB-Stick. Der Preis für den Speicher setzt sich aus der allokierten Speicherkapazität und der Anzahl an Anfragen zusammen.

- *Network-as-a-Service (NaaS)*: Ein NaaS-Dienstleister bietet Netzwerkressourcen an, die ein Kunde als Service beziehen kann (Ciuffoletti, 2010). Dadurch bleibt dem Kunden der teure und langwierige Aufbau eines eigenen Firmennetzwerks erspart. Typischerweise erfolgt die Abrechnung pro Gigabyte, das innerhalb des Netzwerks übertragen wird. Der Anbieter stellt die Netzwerkverfügbarkeit, ganztägige Netzwerküberwachung und die dynamische Skalierung je nach Kundenbedarf sicher (Bailey, 2010). Eine wichtige Technologie für die Umsetzung von NaaS ist das bereits vorgestellte VLAN (Ciuffoletti, 2010). Für einen Überblick der NaaS-Anbieter in der Public Cloud siehe Anhang 3.

Klassische NaaS-Anbieter wie Verizon oder AT&T bieten ihren Kunden verkabelte oder drahtlose Internetverbindungen an, die sich an die benötigte Bandbreite dynamisch anpassen (Zhou et al., 2010). Amazon bietet im NaaS-Bereich die Amazon Virtual Private Cloud (VPC)¹ an (Baun et al., 2011). Dieser Dienst ermöglicht den Aufbau einer Hybrid Cloud, da die Amazon Web Services über eine sichere VPN-Verbindung in das eigene Unternehmen integriert werden können. Der Kunde entrichtet eine Gebühr, die sich durch die Menge der über die VPN-Verbindung übertragenen Daten bestimmt und monatsweise abgerechnet wird. Ebenfalls zu NaaS zählt das OpenFlow Projekt der Stanford University (McKeown et al., 2008). Mit diesem Projekt wird auf die Problematik eingegangen, dass heterogene Netzwerkstrukturen nur unter großem Zeit- und Geldaufwand realisiert werden können. Mit OpenFlow werden die Gemeinsamkeiten der proprietären Netzwerk-Hardware ausgenutzt, so dass je nach Bedarf unterschiedliche Netzwerkstrukturen simuliert werden können. Zudem lässt sich der Weg der Datenpakete durch das Netzwerk ausgehend von einem externen Server verwalten.

3.4.2. Platform-as-a-Service

Platform-as-a-Service (PaaS) richtet sich an Anwendungsentwickler und gliedert sich in Entwicklungs- und Laufzeitumgebungen, die auf der IaaS-Schicht aufbauen (Lenk et al., 2009). Die Umgebungen sind beliebig austauschbar, da eine Entwicklungsumgebung nicht auf eine bestimmte Laufzeitumgebung beschränkt ist und umgekehrt (Lenk et al., 2009). Mit Hilfe dieser Umgebungen lassen sich ohne eigene IT-Kapazitäten neue Anwendungen entwickeln, bestehende Dienste erweitern und fertige Anwendungen betreiben (Repschläger et al.,

¹ Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://aws.amazon.com/de/vpc/>

2010). Alle Teilschritte des Software-Entstehungsprozesses werden unterstützt, insbesondere das Entwickeln, Bereitstellen und Betreiben der Anwendungen über eine Web-Oberfläche (Rimal et al., 2011). PaaS wird als Brücke zwischen der Hardware und der Anwendung angesehen (Gong et al., 2010). Für einen Überblick der PaaS-Anbieter in der Public Cloud siehe Anhang 4. Im Folgenden werden die drei wichtigsten PaaS-Angebote basierend auf der Literatur und der Homepages der Anbieter näher betrachtet:

- **Force.com:** Force.com¹ ist ein zusätzliches Angebot zu den SaaS-Diensten von Salesforce, auf die im nächsten Unterkapitel eingegangen wird. Der Hauptzweck der Plattform ist die Bereitstellung einer Laufzeit- und Entwicklungsumgebung für proprietäre Anwendungen zur unternehmensinternen Nutzung der Salesforce-Kunden. Zusätzlich können öffentliche Anwendungen genutzt werden, die von Salesforce-Partnern entwickelt wurden (Föckeler, 2010). Die Abrechnung erfolgt pro Nutzer und pro Monat. Folgende Abbildung stellt den Entwicklungsprozess einer Force.com-Anwendung dar:

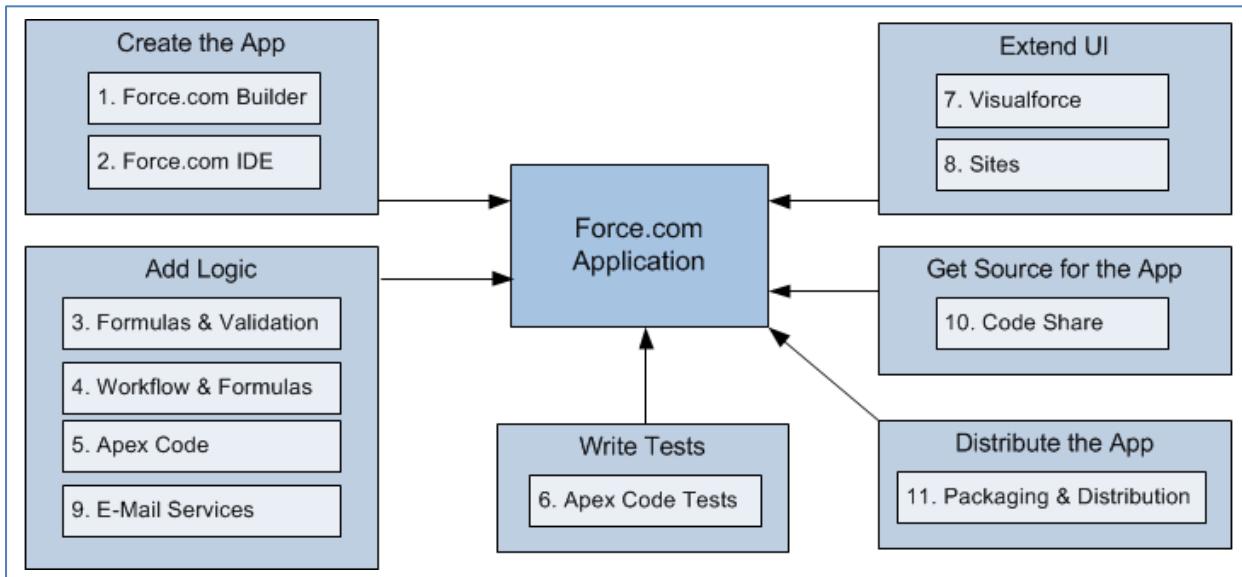


Abbildung 10: Der Force.com-Entwicklungsprozess (nach Redkar, 2009)

Der Prozess beginnt mit der Erstellung der Anwendung in der webbasierten Entwicklungsumgebung Force.com Builder oder in einer Eclipse-Entwicklungsumgebung. Für die Integration in Eclipse wird das Force.com IDE (Integrated Development Environment) Plugin bereitgestellt. Bei der Entwicklung kann auf den Quelltext anderer Entwickler aufgebaut werden. Nach der grundlegenden Programmierung wird die Geschäftslogik mit der Programmiersprache Apex und verschiedenen Workflows implementiert, gefolgt von Code Tests. Im nächsten Schritt wird die graphische Benutzeroberfläche mit der Visualforce IDE erstellt und/oder eine öffentliche Homepage mit Force.com Sites eingerichtet. Der letzte Schritt ist die Verteilung der fertigen Anwendung (Redkar, 2009). Für

¹ Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://www.salesforce.com/platform/>

die Distribution bietet sich das AppExchange-Verzeichnis von Salesforce an, das als eine Art Marktplatz für die entwickelten Anwendungen fungiert (Föckeler, 2010).

- *Google AppEngine*: Mit dem PaaS-Angebot Google AppEngine¹ können Web-Anwendungen im Rechenzentrum von Google ausgeführt werden (Zhang et al., 2010). Als Programmiersprachen werden Java und Python unterstützt. Neben der hochskalierbaren Infrastruktur, die Google auch für seine eigenen Produkte wie die bekannte Suchmaschine einsetzt, sorgt Google für die Überwachung, Ausfallsicherung und optimale Instanziierung der Anwendungen auf die Hardware. Die Daten werden im nicht-relationalen Datenbanksystem Google BigTable abgelegt (Zhang et al., 2010).

Mehrere Lizenzmodelle stehen zur Auswahl (Repschläger et al., 2010): Neben einer werbefinanzierten, kostenfreien Nutzung ist auch eine kostenpflichtige Nutzung möglich, die dem Entwickler eine höhere Verbindungsgeschwindigkeit und diverse SLAs zusichert. Jeder Nutzer muss mit Mengenrestriktionen bezüglich Rechen- und Speicherkapazität sowie der in Anspruch genommenen Bandbreite auskommen. Zusätzliche Kontingente können nachgekauft werden. Um neben Web-Anwendungen auch traditionelle Geschäftsanwendungen entwickeln zu können, steht eine API zu Salesforce zur Verfügung (Repschläger et al., 2010).

- *Microsoft Windows Azure*: Die Windows Azure Plattform² ist die Kernplattform der Cloud-Services von Microsoft. Die Plattform setzt sich aus drei Hauptkomponenten zusammen (Microsoft Deutschland GmbH, 2011; Redkar, 2009): Windows Azure, SQL (Structured Query Language) Azure und AppFabric. Der Grundbaustein der Plattform ist das Cloud-Betriebssystem Windows Azure, das virtuelle Maschinen als Laufzeitumgebungen verwaltet (Jin et al., 2010). Alle benötigten Daten werden in der Datenbankkomponente SQL Azure abgelegt. Die dritte Komponente ist die AppFabric, die als Middleware-Komponente fungiert und Zugriffsmechanismen bereitstellt, um Cloud-Anwendungen sicher mit internen Applikationen zu verbinden (Redkar, 2009). Die Azure-Plattform ist nicht auf einen bestimmten Applikationstyp ausgelegt, so dass sowohl Geschäftsanwendungen als auch Web-Applikation lauffähig sind. Die Kompatibilität der Anwendungen mit Windows ist zwingend erforderlich (Zhang et al., 2010).

Microsoft verfolgt mit der Azure-Plattform das Prinzip „Software+Service“. Auf den grundlegenden PaaS-Komponenten setzen die Azure Services auf, die eine Anpassung der Module an individuelle Bedürfnisse ermöglichen. Die Anpassungen müssen nicht zwangsläufig von Microsoft entwickelt werden, da auch Microsoft-Partner ihre Services

¹ Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://code.google.com/intl/de-DE/appengine/>

² Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://www.microsoft.com/de-de/azure/>

über die Azure-Plattform vertreiben können. Als Bezahlverfahren wird die flexible nutzungsabhängige Abrechnung je nach Bedarf des Anwenders eingesetzt. Zusätzlich sind Mischformen in Kombination mit klassischen Abrechnungsmethoden möglich (Berg, 2010).

3.4.3. Software-as-a-Service

Unter Software-as-a-Service (SaaS) wird die Nutzung bzw. die Bereitstellung einer Software als Dienstleistung verstanden (Benlian & Hess, 2010). Eine vertragliche Vereinbarung legt fest, dass der Anbieter für Betrieb und Wartung der Software zuständig ist, wohingegen der Anwender eine Nutzungsgebühr entrichtet (Buxmann et al., 2008). Der Kunde nutzt die Software ortsunabhängig über eine Web-Oberfläche und hat dadurch keinen Installationsaufwand (Braß & Zimmermann, 2010). Charakteristisch für SaaS ist die Bereitstellung einer Standardsoftware, die nur in begrenztem Rahmen an die individuellen Bedürfnisse der Kunden angepasst werden kann (Stahlknecht & Hasenkamp, 2005). Zur Erzielung von Skaleneffekten wird Standardsoftware so konzipiert, dass die Anwendung in einer Vielzahl von Organisationen mit ähnlichen Anforderungen einsetzbar ist (Mertens et al., 2005). Der Anbieter betreibt im SaaS-Modell eine zentrale, mandantenfähige Plattform für eine Vielzahl von Kunden und kann dadurch Skaleneffekte erzielen. Die Kostensparnis durch die Nutzung moderner Technologien kann an den Kunden weitergegeben werden (von Gunten, 2007).

Innerhalb eines Unternehmens kann SaaS in den verschiedensten Formen und Bereichen eingesetzt werden. Das folgende Schaubild zeigt einen Überblick über die Anwendungsbereiche, für die sich SaaS nach Einschätzung von Unternehmen besonders eignet:

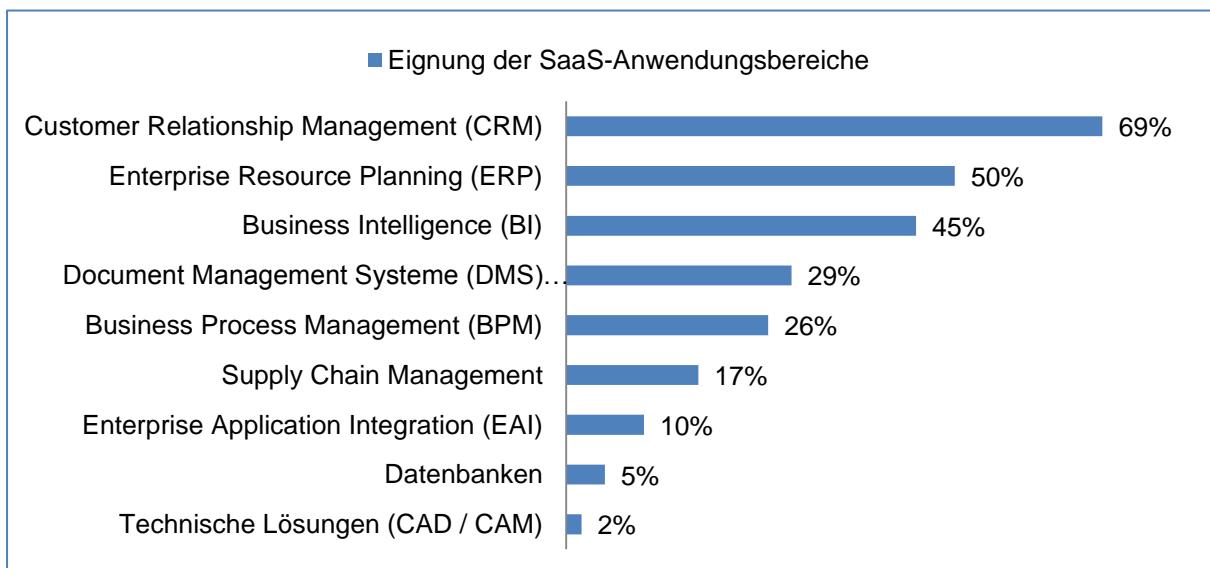


Abbildung 11: Die wichtigsten SaaS-Anwendungsbereiche (nach Lünendonk, 2008)

Das größte Potential für SaaS sehen die 42 befragten Unternehmen der Lünendonk-Studie für das Customer Relationship Management (CRM), gefolgt von dem Anwendungsbereich Enterprise Resource Planning (ERP). An dritter Stelle befindet sich Software, die mit Business Intelligence (BI) zusammengefasst wird. Um einen Einblick über die verschiedenen Anwendungsbereiche von Cloud Computing für KMU zu ermöglichen, werden im Folgenden die wichtigsten Bereiche CRM, ERP, BI, Groupware und DMS basierend auf der Literatur und der Homepages der Anbieter näher betrachtet:

- **CRM:** Nach Hippner (2006) bezeichnet Customer Relationship Management (CRM) „eine kundenorientierte Unternehmensstrategie, die mit Hilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologien versucht, auf lange Sicht profitable Kundenbeziehungen durch ganzheitliche und individuelle Marketing-, Vertriebs- und Servicekonzepte aufzubauen und zu festigen“.

SaaS hat sich auf dem CRM-Markt durchgesetzt, da sich die Prozesse und Funktionen einer CRM-Anwendung stark standardisieren lassen und bei vielen Unternehmen ähnlich ablaufen (Buxmann et al. 2008). Die Stärke von CRM im Bereich Cloud Computing lässt sich am Software-Informationsdienst von Nomina erkennen, in dem jedes vierte SaaS-Produkt zur CRM-Kategorie gehört (Diercks, 2010). Für einen Überblick der SaaS-CRM-Anbieter in der Public Cloud siehe Anhang 5. Der führende Anbieter und Pionier im CRM-as-a-Service-Bereich ist Salesforce¹ (Baun et al., 2011). Die CRM-Lösung von Salesforce ist ein klassischer multimedienträger SaaS-Dienst, der keine lokale Installation benötigt und neben den notwendigen Software-Komponenten auch Infrastruktur, Service und Support bereitstellt. Es werden mehrere Produktvarianten angeboten, die sich anhand der Funktionalität sowie der Anpassungsfähigkeit unterscheiden. Alle wichtigen Funktionsbereiche einer CRM-Anwendung wie Vertrieb, Marketing und Kundenservice werden abgedeckt. Der monatliche Preis für die Software richtet sich nach der gewünschten CRM-Edition, die sich in der Funktionalität und im Support unterscheiden, sowie nach der Anzahl der Anwender, die die Plattform nutzen.

- **ERP:** ERP steht für Enterprise Resource Planning und bezeichnet integrierte betriebswirtschaftliche Standardsoftware, die alle wesentlichen Bereiche der unternehmerischen Leistungserstellung informationstechnisch abdeckt (Götz & Hesseler, 2007). Die Software ist aus verschiedenen Modulen zusammengesetzt, die die Planung, Steuerung und Kontrolle der operativen und analytischen Unternehmensaktivitäten erlauben. Beispiele für Aktivitäten sind die Materialwirtschaft oder das Berichtswesen (Götz & Hesseler, 2007).

¹ Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://www.salesforce.com/de/>

Im Zusammenhang mit SaaS wird ERP-Software als ERP-as-a-Service bezeichnet (Sontow & Kleinert, 2010). Auf dem Markt befindlichen ERP-as-a-Service Angebote sind auf mittelständische Kunden ausgelegt, die noch keine integrierte ERP-Gesamtlösung im Einsatz haben (Buxmann et al., 2008). Großunternehmen eignen sich aufgrund der problematisch hohen Prozess- und Strukturkomplexität zum jetzigen Zeitpunkt nicht für ERP-as-a-Service (Sontow & Kleinert, 2010). Für einen Überblick der SaaS-ERP-Anbieter in der Public Cloud siehe Anhang 6. Der bekannteste Vertreter von ERP-as-a-Service ist SAP Business ByDesign¹. Die vollständige und kompakte ERP-Anwendung ist auf Unternehmen der Größenordnung 50 bis 500 Mitarbeiter ausgelegt und wird ausschließlich als SaaS vertrieben (Zencke & Eichin, 2008). Der Preis basiert auf der Anzahl an Anwendern und ist monatlich zu entrichten. Langfristig wird erwartet, dass sich ERP-as-a-Service wie CRM-as-a-Service durchsetzen wird (Hackmann, 2010).

- *BI:* Nach Kemper et al. (2010) bezeichnet Business Intelligence „einen integrierten, unternehmensspezifischen, IT-basierten Gesamtansatz zur betrieblichen Entscheidungsunterstützung“. Der BI-Ordnungsrahmen sieht die drei Schichten „Datenbereitstellung“, „Informationsgenerierung“ und „Informationszugriff“ vor (Kemper et al., 2010). Innerhalb der „Datenbereitstellung“ werden die unstrukturierten Daten aus den operativen Systemen extrahiert und in betriebswirtschaftlich nutzbare Daten transformiert. Anschließend werden die Daten in einem Data Warehouse abgespeichert. Dieser dreistufige Vorgang innerhalb der Datenbereitstellung wird als ETL-Prozess (Extract, Transform, Load) bezeichnet. Auf die Daten im Data Warehouse werden über Analysesysteme der Schicht „Informationsgenerierung“ zugegriffen und Abfragen bzw. Reports für die Entscheidungsunterstützung durchgeführt. Die zwei wichtigsten Konzepte für die Analysen sind OLAP (Online Analytical Processing) und Data Mining. Mit OLAP wird ein multidimensionaler Datenraum für die Durchführung von Ad-Hoc-Analysen aufgespannt. Data Mining wird für das Auffinden von neuen Erkenntnissen aus sehr großen Datenmengen genutzt. Die Ergebnisse der Analysen lassen sich über Portale der Schicht „Informationszugriff“ in aufbereiteter Form abrufen (für weitere Informationen siehe Kemper et al., 2010; Bauer & Günzel, 2009).

Der SaaS-Markt für den externen Betrieb von BI-Software ist durch eine Zurückhaltung der Anwender und Anbieter gekennzeichnet. Im Gegensatz zu standardisierten Prozessen wie CRM ist BI durch eine hohe Komplexität und eine individuelle Ausrichtung auf das jeweilige Unternehmen gekennzeichnet. Es sind große Unterschiede bezüglich der Eignung der Schichten für eine Auslagerung feststellbar (Baars & Kemper, 2010). Vor al-

¹ Homepage (inkl. aktueller Preise):

<http://www.sap.com/germany/sme/solutions/businessmanagement/businessbydesign/index.epx>

lem die Datenbereitstellungsschicht eignet sich aufgrund der sehr großen Datenmengen kaum für einen Bezug über das Internet. Die externe Nutzung von Analysesysteme auf der Informationsgenerierungsschicht sowie das Hosting von Portalen auf der Informationszugriffsschicht ist einfacher umzusetzen, da viele Tools bereits über eine Web-Oberfläche verfügen. Für einen Überblick der SaaS-BI-Anbieter in der Public Cloud siehe Anhang 7. Ein Beispiel für BI-as-a-Service ist SAP BusinessObjects BI OnDemand¹, das eine gehostete BI-Umgebung im Rechenzentrum von SAP bereitstellt. Die Daten aus den operativen Systemen werden über das Internet übertragen und anschließend aufbereitet (Seufert & Bernhardt, 2010). Die Software bietet verschiedene Analysetechniken zur Durchführung von Auswertungen auf dem Datenbestand. Das Abrechnungsmodell wird individuell auf den jeweiligen Kunden zugeschnitten. Weitere Beispiele für BI-as-a-Service sind die BI-Anwendungen auf der Windows Azure-Plattform von Microsoft, sowie die „Power Apps“ von Google, die BI-Auswertungen auf der Google AppEngine-Plattform ermöglichen (Seufert & Bernhardt, 2010).

- **Groupware:** Groupware-Dienste wie beispielsweise E-Mail eignen sich besonders für eine Bereitstellung mit SaaS, da die Dienste bereits auf die Nutzung mit einem Web-Browser ausgelegt sind (Webhosternews, 2010). Als Groupware werden IT-Systeme bezeichnet, die die gemeinsame Arbeit von mehreren Personen durch das Bereitstellen einer gemeinsamen Arbeitsumgebung informationstechnisch unterstützen (Gross & Koch, 2007).

Für einen Überblick der SaaS-Groupware-Anbieter in der Public Cloud siehe Anhang 8. Ein bekanntes Beispiel für SaaS-Groupware ist Google Apps². Die Groupware-Suite unterstützt die Zusammenarbeit der Nutzer mit den Hauptkomponenten Google Mail, Kalender und Text & Tabellen, die aufgrund des browser-basierten Zugriffs überall und jederzeit verfügbar sind (Google, 2011a). Google Mail bietet 25 Gigabyte Speicherplatz pro E-Mail-Account. Google Kalender unterstützt die firmeninterne Kommunikation durch die gemeinsame Nutzung von Kalendern (Gutzeit, 2010). Mit Google Text & Tabellen ist es möglich, gemeinsam an Dokumenten und Tabellen im Internet zu arbeiten (Jin et al., 2010). Google bietet seine Groupware-Suite in einer kostenlosen und kostenpflichtigen Edition an. Die kostenpflichtige Edition richtet sich explizit an Unternehmen und bietet zusätzliche Administrations- und Support-Funktionen (Google, 2011b).

- **DMS:** Aufgrund der steigenden Informationsmenge innerhalb eines Unternehmens und der gesetzlichen Anforderungen zur langfristigen Vorhaltung von Dokumenten spielen Dokumentenmanagementsysteme (DMS) eine immer wichtigere Rolle. Ein DMS verwal-

¹ Homepage: <http://www.sap.com/germany/solutions/sapbusinessobjects/ondemand/bi/index.epx>

² Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://www.google.com/apps/intl/de/business/index.html>

tet Dokumente über deren gesamten Lebenszyklus von der Erstellung über die Nutzung bis hin zur Löschung (Kruth, 2009). Die Herausforderung bei DMS besteht in der Bereitstellung der Schnittstellen zu den vielen unterschiedlichen Anwendungen innerhalb eines Unternehmens (Weyhing & Arnold, 2006). Die Verwaltung von Dokumenten ist Teil des Enterprise Content Managements (ECM). ECM wird nach der anerkannten Definition des Branchenverbandes AIIM (2011) als Strategien und Werkzeuge zur Erfassung, Verwaltung, Speicherung und Verteilung von organisatorischen Inhalten definiert.

Im DMS-Bereich sind wenige SaaS-Lösungen am Markt vertreten, die sich für eine Nutzung im Unternehmen eignen. Für einen Überblick der SaaS-DMS-Anbieter in der Public Cloud siehe Anhang 9. Einer der auf dem Markt verfügbaren Dienste ist Bürotex SaaS DMS¹. Bürotex bietet seinen Kunden ein modular aufgebautes und webbasiertes DMS an, das in einem Rechenzentrum in Baden-Württemberg betrieben wird. Alternativ bietet Bürotex eine Backup-Lösung zur Langzeitarchivierung an, bei der eine verschlüsselte Internetverbindung für den Zugriff auf die Daten genutzt wird. Bürotex garantiert die verschlüsselte Datenablage mit einem Passwort, das nur der Kunde kennt (BÜROTEX metadok GmbH, 2011). Aktuelle Preise sind auf Anfrage zu erfahren.

3.4.4. Humans-as-a-Service

Humans-as-a-Service (HuaaS) ist die oberste Schicht der technischen Cloud-Architektur. In dieser Schicht stehen Menschen im Vordergrund, die genauso wie Maschinen Dienstleistungen erbringen können (Baun et al., 2011). Der Mensch ist einer Maschine in vielen Bereichen überlegen. Dies ist besonders bei Aufgaben der Fall, die ein hohes Maß an Kreativität erfordern. Für die Umsetzung von HuaaS spielt Crowdsourcing eine wichtige Rolle. Unter Crowdsourcing wird eine Gruppe von Menschen verstanden, die im Internet Aufgaben für einen Auftraggeber übernehmen (Baun et al., 2011). Dem Auftraggeber steht im Internet eine skalierbare Menge an Arbeitskräften zur Verfügung, da typische Crowdsourcing-Aufgaben nur geringe Vorkenntnisse benötigen. Ein Beispiel für einen Crowdsourcing-Dienst ist Amazon Mechanical Turk², das als Marktplatz für die Vermittlung von HuaaS-Aufgaben dient (Baun et al., 2011). Der Nutzen von Crowdsourcing ergibt sich durch die Aggregation der vielen kleinen Einzelleistungen der Menschen, die zur Lösung eines Problems beitragen. Mit Crowdsourcing werden nicht nur Probleme gelöst, sondern auch Ideen gefördert und Nachrichten verbreitet. Typische Beispiele sind YouTube³ oder Digg⁴ (Lenk et al., 2009).

¹ Homepage: <http://metadok.de/ecm-dms-als-saas-loesung.html>

² Homepage: <https://www.mturk.com/mturk/welcome>

³ Homepage: <http://www.youtube.com>

⁴ Homepage: <http://digg.com>

4. Open-Source-Lösungen im Bereich Cloud Computing

Im Folgenden wird ein Marktüberblick von Open-Source-Lösungen im Bereich Cloud Computing dargestellt. Dabei werden die vorhandenen Lösungsmöglichkeiten erläutert und potentielle Einsatzmöglichkeiten vorgestellt. Es sollen erste Anhaltspunkte für die Auswahl von Open-Source-Lösungen für die Cloud-Architektur beschrieben werden.

Angelehnt an die technische Cloud-Architektur aus Kapitel [3.4](#) lässt sich eine Cloud-Architektur zusammenstellen, die ausschließlich aus Open-Source-Lösungen besteht. Das Schichtenmodell wurde vom OpenCirrus-Projekt entwickelt, das ein internationales Testbett für Cloud Computing in Verbindung mit Open-Source-Technologie zur Verfügung stellt. Im Unterschied zu kommerziellen Angeboten wird den Wissenschaftlern der freie Zugriff auf sämtliche Systemressourcen ermöglicht. Neben der Weiterentwicklung des Schichtenmodells werden mit Hilfe des Testbetts Skalierungstests durchgeführt und neue Cloud-Anwendungsbereiche erschlossen (Baun et al., 2011). In Abbildung 12 wird das Schichtenmodell dargestellt:

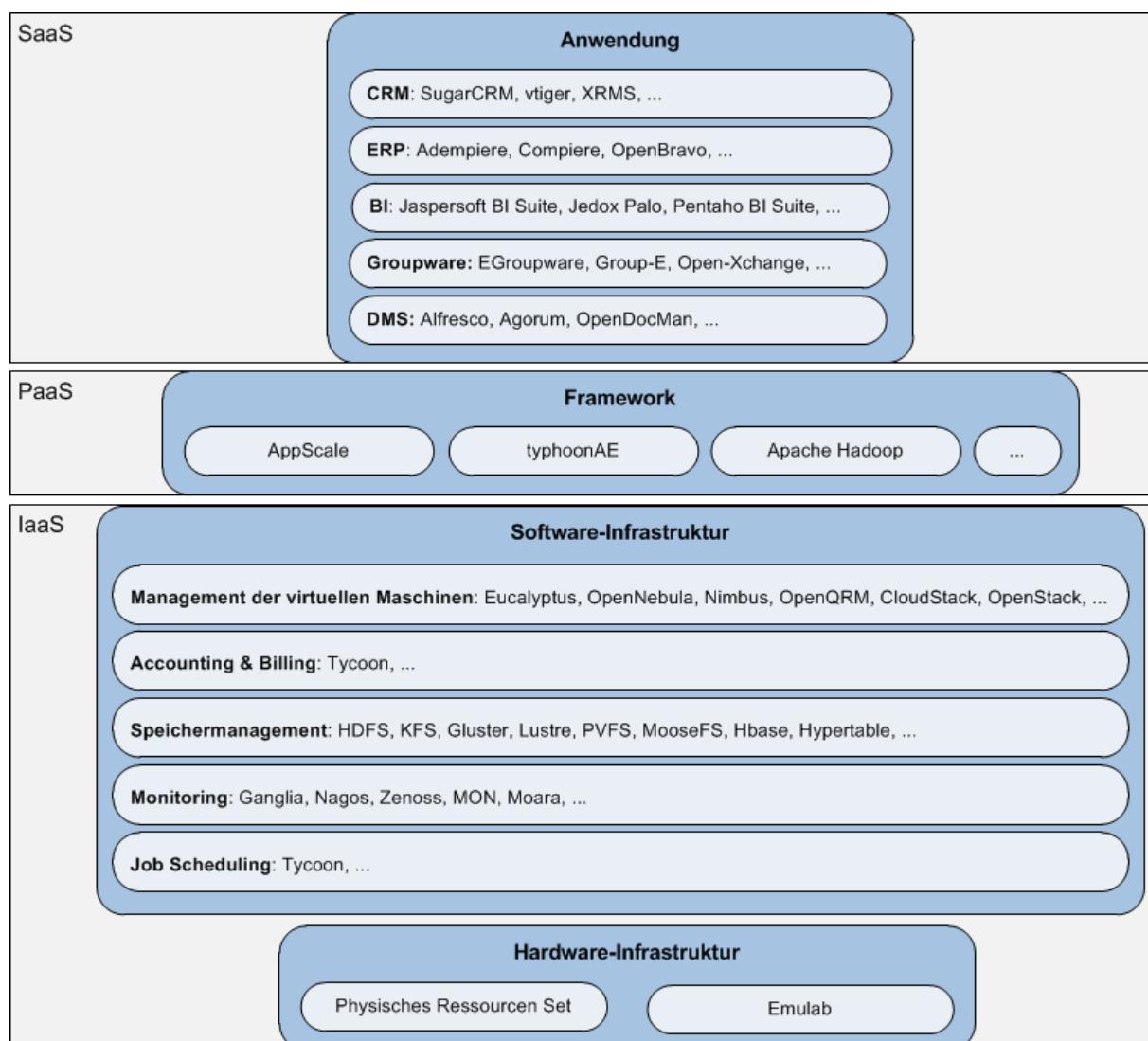


Abbildung 12: Das OpenCirrus Cloud-Schichtenmodell (nach Baun et al., 2011)

Die grauen Kästen ermöglichen einen Vergleich mit der ursprünglichen Cloud-Architektur aus Kapitel [3.4](#). Die IaaS-Schicht wird im OpenCirrus-Model durch die Schichten Software-Infrastruktur und Hardware-Infrastruktur repräsentiert. In der Hardware-Infrastrukturschicht werden die physischen Ressourcen partitioniert. In dieser Schicht befindet sich Emulab, das virtualisierte Netzwerkinfrastrukturen bereitstellt (Hibler et al., 2008) und als Basis für die weiteren Komponenten der IaaS-Schicht gilt (Baun et al., 2011). In der Software-Infrastrukturschicht wird der Unterschied zur ursprünglichen Cloud-Architektur deutlich, da die Infrastrukturdienste von mehreren Open-Source-Projekten und nicht als Komplettlösung von einem einzelnen Anbieter bereitgestellt werden. Es werden Dienste für die Verwaltung von virtuellen Maschinen sowie für die Überwachung der Infrastruktur unterschieden. Zusätzlich werden Dienste für die Job-Steuerung, monetäre Abrechnung und für das Speichermanagement zur Verfügung gestellt. Die Framework-Schicht repräsentiert die PaaS-Schicht aus der ursprünglichen Cloud-Architektur und die Anwendungsschicht ist mit der SaaS-Schicht gleichzusetzen (Baun et al., 2011).

Open-Source-Software eignet sich für den Aufbau einer unternehmensinternen Private Cloud. Diese Vorgehensweise bietet sich an, wenn die Services nicht von einem externen Anbieter aus der Public Cloud bezogen werden sollen (Baun et al., 2011). Auf weitere Anwendungsszenarien und Gründe für die Private Cloud wird in Kapitel [7.3](#) näher eingegangen. Zusätzlich kann Open-Source-Software wie jede andere Software auch aus der Public Cloud bezogen werden.

Es existieren bereits viele Lösungen im Open-Source-Bereich, die in der Cloud-Architektur eingesetzt werden können. Im folgenden Kapitel wird die Software-Infrastrukturschicht mit Schwerpunkt auf dem Management der virtuellen Maschinen und dem Hauptvertreter Euca-lyptus sowie weiteren Open-Source-Lösungen beschrieben. Die Framework-Schicht wird durch die Projekte AppScale, TyphoonAE und Apache Hadoop repräsentiert. Auf der Anwendungsebene wird auf ausgewählte Beispiele aus den Bereichen CRM, BI, ERP, Groupware und DMS eingegangen.

4.1. Software-Infrastruktur

Innerhalb der Software-Infrastruktur wird nur der Bereich „Management der virtuellen Maschinen“ betrachtet, da dieser Teilbereich eine entscheidende Rolle für den Aufbau einer Private Cloud spielt. Als Teil des Marktüberblicks werden in diesem Unterkapitel verschiedene Infrastrukturdienste im Hinblick auf Einsatzmöglichkeiten untersucht.

Tabelle 3 ermöglicht einen ersten Überblick und Vergleich der verschiedenen Infrastrukturdienste:

	Lizenz	Schnittstellen	Speicherdienst	Hypervisor
Eucalyptus	GPL	EC2, S3, EBS	Walrus, Storage Controller	Xen, KVM, (VMWare)
OpenNebula	Apache 2	EC2	-	Xen, KVM, VMWare
Nimbus	Apache 2	EC2, S3	Cumulus	Xen, KVM
OpenQRM	GPL, MPL	EC2	-	Xen, KVM, VMWare, VServer
CloudStack	GPL	EC2	-	Xen, KVM, VMWare
OpenStack	Apache 2	EC2, S3	Object Storage	Xen, KVM, VMWare, UML, Hyper-V, QEMU

Tabelle 3: Open-Source-Infrastrukturdienste (angelehnt an Baun et al., 2011)

Aus Tabelle 3 ist erkennbar, dass alle Infrastrukturdienste eine Schnittstelle zu Amazon EC2 für den Aufbau einer Hybrid Cloud unterstützen, aber nur Eucalyptus implementiert Schnittstellen zu beiden Speicherdienssten von Amazon (S3 und EBS). Interne Speicherdiensste bieten drei der sechs Vertreter: Eucalyptus, Nimbus und OpenStack. Als Virtualisierungstechnologie unterstützen alle Infrastrukturdienste den Xen und KVM Hypervisor. Bei Eucalyptus ist der VMWare Hypervisor der kostenpflichtigen Version vorenthalten. Die meisten Hypervisor unterstützen OpenStack.

Im Folgenden werden die Infrastrukturdienste exemplarisch näher vorgestellt.

4.1.1. Eucalyptus

Eucalyptus¹ steht für “Elastic Utility Computing Architecture Linking Your Programs To Useful Systems” und wurde an der University of California in Santa Barbara entwickelt (Nurmi et al., 2008). Es handelt sich um ein offenes Software-Framework, mit dessen Hilfe IaaS in einer Private Cloud implementiert werden kann. Eucalyptus erlaubt den Betrieb und die Kontrolle von virtuellen Maschinen, die sich aus den Hardware-Ressourcen zusammensetzen (Nurmi et al., 2009). Die API der aktuellen Version unterstützt Amazon EC2, S3 und EBS (Eucalyptus Systems, Inc., 2009). Neben der Realisierung einer Private Cloud ermöglicht Eucalyptus durch die EC2-Schnittstelle auch den Aufbau einer Hybrid Cloud, da Komponenten aus der Public Cloud von Amazon beliebig mit der internen Private Cloud kombiniert werden können (Meinel et al., 2011). Als Hypervisor werden in der kostenfreien Version der

¹ Homepage: <http://open.eucalyptus.com/>

Xen Hypervisor und KVM implementiert. Die kostenpflichtige Enterprise-Version unterstützt als Hypervisor zusätzlich VMWare vSphere/ESX/ESXi (Eucalyptus Systems, Inc., 2010).

Eucalyptus ist auf die Nutzung innerhalb eines Unternehmens ausgelegt. Dies zeigt sich beispielsweise an der strikten Trennung zwischen Anwender- und Administrationsbereich. Anwender haben ausschließlich über das Front-End Zugriff auf das System und technische Details werden vor den Anwendern verborgen (Sempolinski & Thain, 2010).

Eucalyptus ist durch ein hierarchisches Design gekennzeichnet, das flexibel und modular nutzbar ist. Mit Abbildung 13 wird die technische Architektur von Eucalyptus dargestellt:

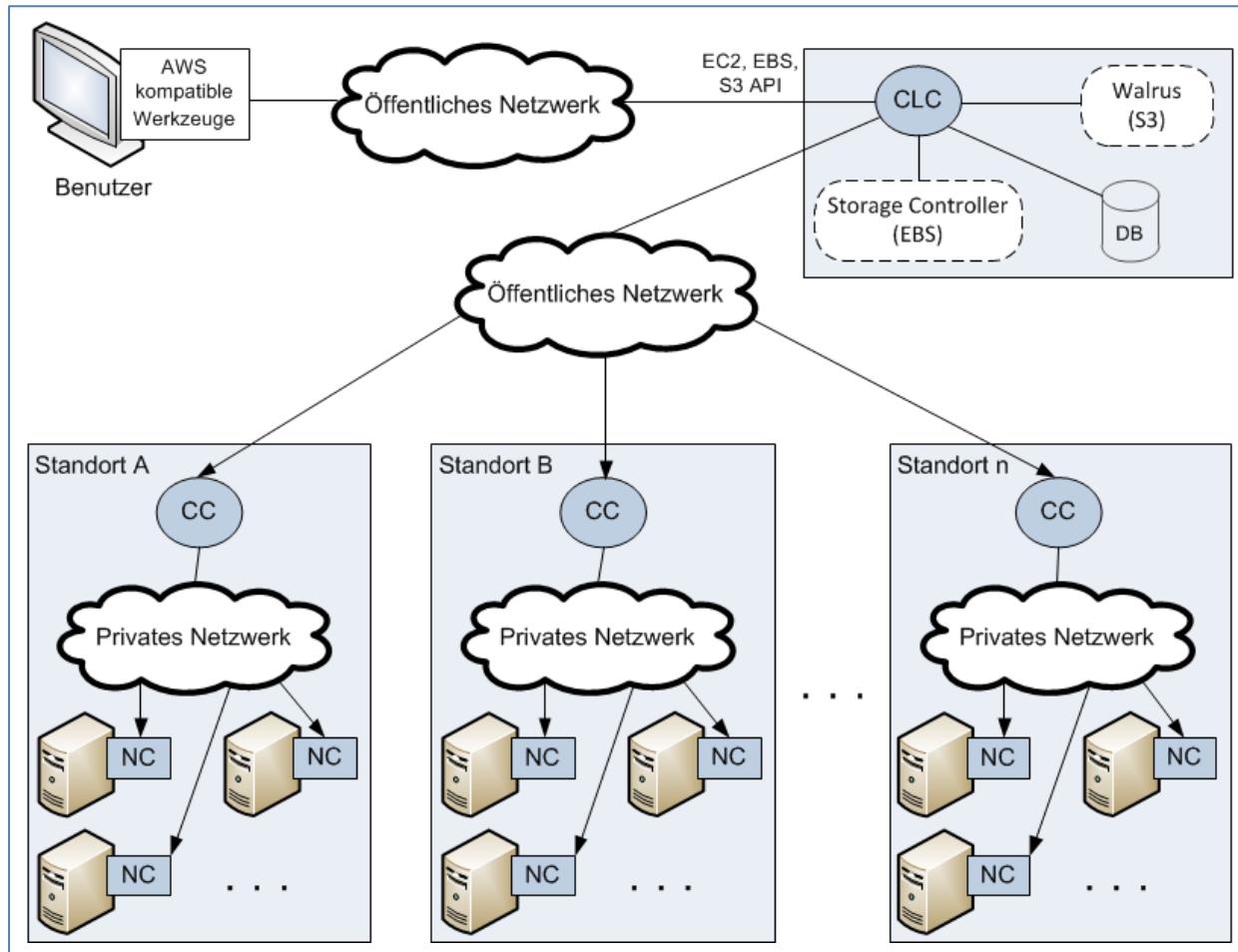


Abbildung 13: Der hierarchische Aufbau von Eucalyptus (nach Baun et al., 2011)

Die drei als Webservice realisierten Hauptkomponenten aus Abbildung 13 sind die Node Controller (NC), Cluster Controller (CC) und der Cloud Controller (CLC) (Eucalyptus Systems, Inc., 2009). Der NC muss auf jeder Maschine installiert sein, die Teil einer virtuellen Instanz werden soll. Jeder NC schickt periodisch Informationen wie den freien Arbeitsspeicher oder Festplattenspeicher an den CC. Ein CC ist für ein gesamtes Cluster inklusive der Steuerung des privaten Netzwerks verantwortlich und schickt Informationen über den Zustand der Ressourcen an den CLC, der für die Verteilung der virtuellen Instanzen auf die verschiedenen Cluster verantwortlich ist. Außerdem dient der CLC als zentrale Benutzer-

schnittstelle für Administratoren und Anwender (Meinel et al., 2011). Zusätzlich sind zwei Speicherdienste in der Eucalyptus-Infrastruktur vorhanden: Walrus und Storage Controller (Baun et al., 2011). Walrus dient zur Ablage der Images der virtuellen Maschinen und unterstützt eine REST-style API zu Amazon S3. Storage Controller dient der persistenten Datenablage und entspricht von der Funktionalität und der API dem Speicherdiens EBS von Amazon.

4.1.2. OpenNebula

Ein weiterer IaaS-Infrastrukturdiens ist OpenNebula¹. Mit OpenNebula lassen sich genauso wie mit Eucalyptus private, öffentliche und hybride Cloud-Strukturen aufbauen. Als Hypervisor werden Xen, KVM und VMWare vSphere unterstützt (C12G Labs, 2011a; Baun et al., 2011). Mit dem Dienst können Instanzen von virtuellen Maschinen gestartet, beendet, überwacht und verwaltet werden (Moreno-Vozmediano et al., 2009). Eine der Stärken von OpenNebula ist die hohe Anpassbarkeit an den jeweiligen Nutzungsbedarf. So gut wie jede Komponente der Architektur wie beispielsweise das verteilte Dateisystem oder das Front-End sind austausch- und anpassbar (Sempolinski & Thain, 2010). OpenNebula bietet in der Standardversion keine graphische Benutzeroberfläche und ist nur mit ausgeprägtem technischem Know-How über eine Kommandozeile bedien- und steuerbar. Durch festlegbare Regeln lassen sich die Verteilung der Arbeitslast und die Ressourcenzuweisung automatisieren (Meinel et al., 2011). Zudem ist es möglich, bereits gestartete Instanzen zu verschieben sowie Knoten zu gruppieren um Hochleistungsrechnen als Dienst (High Performance Computing as a Service – HPCaaS) umzusetzen. OpenNebula enthält keine API zu den Speicherdiens von Amazon (S3 und EBS) und die SOAP-style API zu Amazon EC2 ist lediglich rudimentär implementiert (C12G Labs, 2011b; Baun et al., 2011).

4.1.3. Nimbus

Nimbus² ist ein IaaS-Infrastrukturdiens, der im Hinblick auf die wissenschaftliche Nutzung der Cloud-Architektur entwickelt wurde und weniger Wert auf die technischen Details legt. Als Virtualisierungsmöglichkeiten werden Xen sowie KVM unterstützt (University of Chicago, 2011a). Eine rudimentäre SOAP-style API zu Amazon EC2 ist vorhanden (University of Chicago, 2011b). Abgesehen von einigen konstanten Komponenten erlaubt Nimbus eine flexible Anpassung an die jeweiligen Bedürfnisse des Nutzers (Sempolinski & Thain, 2010). Die Architektur besteht aus zwei Hauptkomponenten: Ein zentraler Zugriffspunkt für Anwender ist für die Verteilung der zu lösenden Aufgaben auf die einzelnen Knoten verantwortlich.

¹ Homepage: <http://www.opennebula.org/>

² Homepage: <http://www.nimbusproject.org/>

Auf den Knoten ist ein Agent installiert, der den Systemzustand überwacht und die Anweisungen des zentralisierten Dienstes umsetzt (University of Chicago, 2011c; Nicolae et al., 2011).

Nimbus enthält den modularen und erweiterbaren Speicherdiensst Cumulus, der eine Open-Source-Reimplementierung von Amazon S3 bereitstellt und mit Walrus von Eucalyptus vergleichbar ist. Zu Amazon S3 wird eine REST-style API bereitgestellt. Die Hauptaufgabe von Cumulus ist die Bereitstellung von Funktionen zur Verwaltung von großen Datenmengen, so dass Daten in die Storage Cloud hochgeladen, überwacht und aus der Storage Cloud heruntergeladen werden können. Außerdem erlaubt Cumulus die Ablage der Images von der Nimbus Compute Cloud (Bresnahan et al., 2011).

4.1.4. OpenQRM

OpenQRM¹ steht für Open Qlusters Resource Manager und bezeichnet eine freie Managementplattform zur Automatisierung und Verwaltung von skalierbaren Clustern in Rechenzentren (Celesti et al., 2010). OpenQRM eignet sich auch für die Verwaltung einer Cloud-Umgebung und der dafür benötigten virtuellen Maschinen. Grundlage von OpenQRM sind die sogenannten Appliances, die die Dienste des Rechenzentrums repräsentieren und unabhängig von der Hardware sind (OpenQRM Project, 2008a). Jede Appliance besteht aus mehreren Komponenten: Kernel, Image, Ressource, Anforderungen an den Service und SLAs (Celesti et al., 2010). Dabei wird auf eine strikte Trennung von physischen Ressourcen und Diensten Wert gelegt, so dass Ressourcen leicht ausgetauscht werden können. OpenQRM unterstützt Xen, KVM, VMWare und Linux-VServer als Virtualisierungsdienste (OpenQRM Project, 2008b).

Der Dienst ist durch einen modularen Aufbau gekennzeichnet, da durch Plugins zusätzliche Funktionalitäten bereitgestellt werden können. Die Verwaltung der Plugins erfolgt über einen Plugin Manager mit dem Namen „base“ (OpenQRM Project, 2008c). Beispiele für Plugins sind die Erweiterung um zusätzliche Betriebssysteme oder Speichertechnologien. Das Ziel von OpenQRM ist die Verwaltung des gesamten Rechenzentrums über eine zentrale Managementkonsole. OpenQRM kann wie die bereits vorgestellten Infrastrukturdiensste auch zum Aufbau einer Hybrid Cloud verwendet werden. Wenn zusätzliche Ressourcen benötigt werden oder Ressourcen ausfallen, verteilt OpenQRM automatisch die Last innerhalb des internen Rechenzentrums um oder bezieht diese von einem externen Anbieter (Meinel et al., 2011).

¹ Homepage: <http://www.openqrm.com/>

4.1.5. CloudStack

Mit CloudStack¹ kann ebenfalls eine Private Cloud aufgebaut werden. Die Software wird von Cloud.com in Zusammenarbeit mit Rackspace weiterentwickelt und ist unter der GPL-Lizenz frei verfügbar. Als Virtualisierungstechnologien werden Xen, KVM und VMWare vSphere unterstützt und eine Schnittstelle zu Amazon EC2 ist vorhanden (Cloud.com, Inc., 2011). Die Architektur von CloudStack setzt sich aus den zwei Komponenten Managementserver und Rechenknoten zusammen (Cloud.com, Inc., 2010; Baun et al., 2011). Der Managementserver dient als Zugriffspunkt für Administratoren und Benutzer. Der Zugriff erfolgt über eine Web-Oberfläche, mit deren Hilfe die VMs verwaltet und gesteuert werden können. Mit der Integration von RightScales Cloudverwaltung stellt Cloud.com ein Tool zur Verfügung, mit dem Hybrid Clouds administriert werden können. Neben der frei verfügbaren Community Edition wird CloudStack als kostenpflichtige Version angeboten, die zusätzlich direkten Support von Cloud.com beinhaltet (Benthin, 2011).

4.1.6. OpenStack

OpenStack² ist ein von der NASA und Rackspace initiiertes Projekt, das sich zum Ziel gesetzt hat, eine offene Cloud-Plattform ohne Abhängigkeit von einem proprietären Anbieter zu entwickeln. Das Projekt wird von namhaften Vertretern der IT-Branche wie beispielsweise Dell und Intel unterstützt (Dörner, 2011). OpenStack stellt drei Komponenten zur Verfügung: Compute, Object Storage und Image Service (OpenStack LLC, 2011):

- *Compute*: Der Compute-Dienst wird für die Verwaltung der virtuellen Maschinen eingesetzt. Als Hypervisor werden Xen, KVM, User Mode Linux (UML), Hyper-V, QEMU und VMWare ESX/ESXi unterstützt. Eine Schnittstelle zu Amazon EC2 ist vorhanden.
- *Object Storage*: Zur Ablage großer Datenmengen stellt Object Storage redundanten, skalierbaren Speicher mit eingebauter Ausfallsicherung zur Verfügung.
- *Image Service*: Mit dem Image Service können Images von VMs gesucht und eingebunden werden. Eine Schnittstelle zu Amazon S3 ist vorhanden.

¹ Homepage: <http://cloud.com/products/cloud-computing-software>

² Homepage: <http://www.openstack.org/>

4.2. Framework

Auf der Framework-Schicht sind drei wichtige Open-Source-Projekte im Bereich Cloud Computing vertreten: AppScale, TyphoonAE und Apache Hadoop. Die Charakteristika und Einsatzmöglichkeiten dieser drei Projekte werden im Folgenden näher betrachtet.

4.2.1. AppScale

AppScale¹ ist eine PaaS-Entwicklungsumgebung, die es erlaubt, Applikationen für die Google AppEngine innerhalb des eigenen Unternehmens auszuführen (Baun et al., 2011). Es handelt sich um eine Reimplementierung der Funktionalitäten von Google AppEngine. Der PaaS-Dienst wurde wie Eucalyptus an der University of California in Santa Barbara entwickelt. Dementsprechend wird Eucalyptus als Infrastrukturdiest innerhalb der Private Cloud verwendet. Mit AppScale ist es auch möglich, Applikationen für die Google AppEngine über Amazon EC2 in einer Public Cloud ablaufen zu lassen (Baun et al., 2011). Zusätzlich kann AppScale auch ohne IaaS-Infrastruktur direkt auf dem Xen oder KVM Hypervisor eingesetzt werden (Bunch et al., 2011).

AppScale zeichnet sich durch drei Hauptkomponenten aus: AppServer, AppLoadBalancer und AppController (Chohan et al., 2009; Bunch et al., 2010). Auf den AppServern werden die Applikationen entwickelt und getestet. Der AppController wird auf jedem Knoten installiert und ist neben dem Starten und Beenden der AppServer auch für die Kommunikation zwischen den verschiedenen Komponenten der Infrastruktur zuständig. Bei einem Fehlverhalten sorgt der AppController für den Neustart der Komponente. Zur Feststellung der Funktionstüchtigkeit der Knoten versendet der Kopfknoten mit Hilfe des AppControllers alle zehn Sekunden eine Heartbeat-Nachricht. Der AppLoadBalancer authentifiziert den Benutzer und verteilt die eingehenden Benutzeranfragen auf die verschiedenen AppServer. Zudem werden die laufenden Anwendungen verwaltet und überwacht.

Für AppScale gelten dieselben Einschränkungen wie für die Google AppEngine: Die Plattform eignet sich nur für die Entwicklung von Web-Applikationen und nicht für Geschäftsanwendungen, deren Funktionalitäten auf dem lokalen Computer implementiert werden müssen. Zudem müssen die Anwendungen entweder in Python oder Java programmiert sein. Die Nutzung von AppScale bietet sich an, wenn eine Applikation zunächst im eigenen Unternehmen entwickelt und getestet werden soll, sodass keine nutzungsabhängigen Gebühren für diese Zwecke an Google entrichtet werden müssen. Zudem wird die Zukunftssicherheit gefördert, da die Anwendungen im eigenen Unternehmen weiter verwendet werden können, falls Google die AppEngine-Plattform in Zukunft nicht mehr anbietet (Urquhart, 2009).

¹ Homepage: <http://appscale.cs.ucsb.edu/>

4.2.2. TyphoonAE

TyphoonAE¹ bietet ebenfalls eine Reimplementierung der Funktionalitäten der Google AppEngine zur lokalen Nutzung der Anwendungen im eigenen Unternehmen an (Baun et al., 2011). Die Software befindet sich Stand August 2011 noch im Beta-Stadium. Im Gegensatz zu AppScale unterstützt TyphoonAE nur Applikationen auf Basis von Python. Zur Emulation der Google-Infrastrukturdiene st greift TyphoonAE auf bekannte Open-Source-Komponenten wie die MySQL-Datenbank oder den Apache-Webserver zurück (Baun et al., 2011). TyphoonAE unterstützt das manuelle Anpassen der Anzahl von AppServer-Instanzen im laufenden Betrieb. Eine automatisierte Skalierung wird in der aktuellen Version nicht unterstützt. Für die Nutzung der Plattform spielen zwei Komponenten eine wichtige Rolle: Der Supervisor und die Konfigurationsdatei (Baun et al., Informatik Spektrum, 2011). In der Konfigurationsdatei werden Parameter wie beispielsweise die maximale Anzahl an lokalen AppServern festgelegt. Der Supervisor stellt eine graphische Benutzeroberfläche zur Verfügung, mit deren Hilfe die Dienste der Plattform überwacht und gesteuert werden können.

4.2.3. Apache Hadoop

Apache Hadoop² ist eine Open-Source-Plattform für sehr aufwendige Berechnungen in großen Clustern, die sich aus der Hardware von vielen einzelnen Knoten innerhalb des Rechenzentrums zusammensetzen (Baun et al., 2011). Hadoop implementiert das MapReduce-Framework von Google, das Google beispielsweise bei der bekannten Suchmaschine zur Web-Indexierung einsetzt. Die Ausführung der Applikation wird im MapReduce-Framework in viele kleine Aufgaben aufgeteilt, die dann im Optimalfall parallel ausgeführt werden. Jede Teilaufgabe kann auf einem beliebigen Knoten des Clusters ausgeführt werden (Ogrizovic et al., 2010). Der MapReduce-Algorithmus sieht zwei Teilschritte vor (Baun et al., 2011; Middleton, 2010): Die Map-Funktion liest Schlüssel/Wert-Paare ein, verarbeitet diese und gibt die neu berechneten Daten als Zwischenergebnis aus. Im Anschluss liest die Reduce-Funktion alle Zwischenergebnisse ein und aggregiert diese für jeden Schlüssel. Das Programmiermodell eignet sich neben der Web-Indexierung auch für Finanzanalysen, wissenschaftliche Simulationen oder Data Mining. Von Hadoop sind mehrere Abwandlungen mit unterschiedlichem Anwendungsfokus wie beispielsweise Mahout³ oder HaLoop⁴ verfügbar (Bu et al., 2010).

¹ Homepage: <http://code.google.com/p/typhoonae/>

² Homepage: <http://hadoop.apache.org/>

³ Homepage: <http://mahout.apache.org/>

⁴ Homepage: <http://code.google.com/p/haloop/>

Für den MapReduce-Algorithmus ist ein spezielles Dateisystem notwendig, das eine hohe Fehlertoleranz und Skalierbarkeit unterstützt. Hadoop implementiert das Hadoop Distributed File System (HDFS), das jede Datei in Blöcke aufteilt. Fehlertoleranz und paralleler Zugriff werden durch die Replikation dieser Blöcke auf mehreren Knoten realisiert. Skalierbarkeit wird durch die Aufteilung in einen Master-Knoten und teilweise über tausend Slave-Knoten erreicht. Der Master-Knoten ist ein Single Point of Failure, da nur ein einzelner Master-Knoten in der Architektur existiert. Dieser Knoten ist für die Verteilung der Speicher- und Berechnungsaufgaben auf die Slave-Knoten zuständig (Nambiar et al., 2010). Da der Zugriff auf Daten über das Netzwerk Zeit kostet, werden die Berechnungen von lokalen Aufgaben möglichst direkt am Speicherort der Daten durchgeführt (Baun et al., 2011).

Der Aufbau einer Hadoop-Infrastruktur im eigenen Unternehmen ist zeit- und kostenintensiv. Bei sporadischer Nutzung sind die Kosten höher als der Nutzen. Aus diesem Grund lohnt es sich, eine Hadoop-Infrastruktur über einen Cloud-Dienstleister wie beispielsweise Amazon zu beziehen. Mit Amazon Elastic MapReduce¹ kann eine Hadoop-Infrastruktur bestehend aus Clustern beliebiger Größe extern bezogen werden (Baun et al., 2011). Das HDFS arbeitet in diesem Zusammenhang mit dem Amazon Speicherdiensst S3 zusammen.

Die folgende Abbildung stellt die Nutzung des Hadoop-Dienstes von Amazon kurz dar:

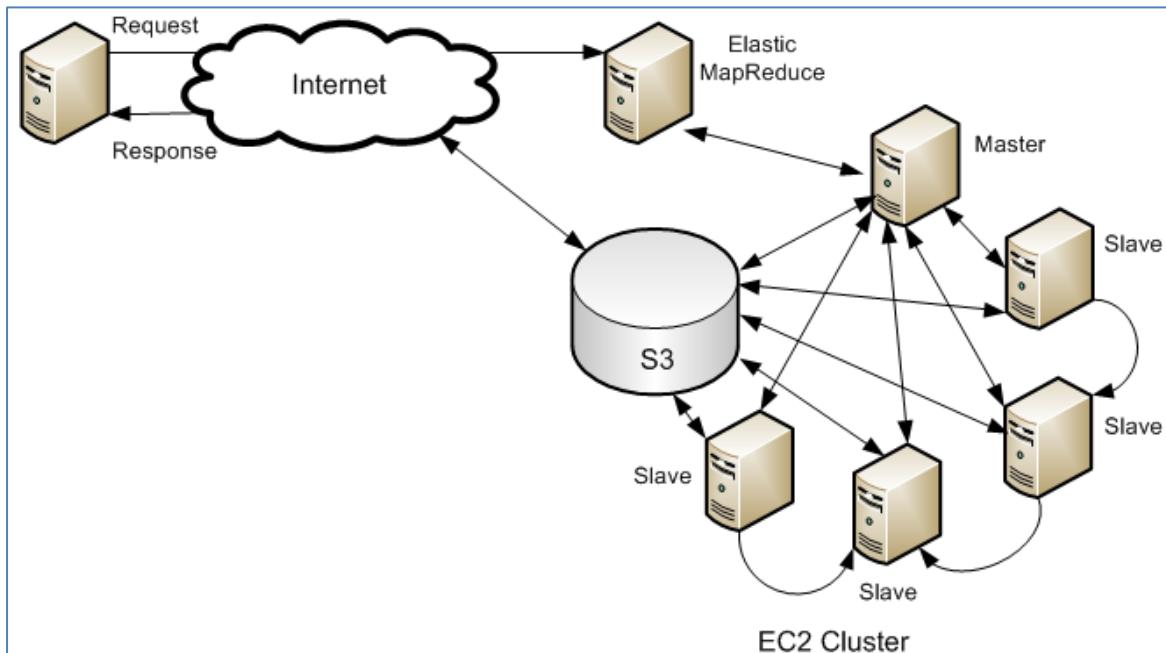


Abbildung 14: Ablauf von Amazon Elastic MapReduce (nach Baun et al., 2011)

Zu Beginn überträgt der Nutzer seine Daten in den S3-Speicherdiensst von Amazon. Daraufhin wird eine Hadoop-Instanz erstellt, die aus der typischen Hadoop-Architektur mit einem Master-Knoten und vielen Slave-Knoten besteht. Der Master-Knoten verteilt die Aufgaben

¹ Homepage (inkl. aktueller Preise): <http://aws.amazon.com/de/elasticmapreduce/>

auf die Slave-Knoten. Die Ergebnisse der Berechnungen werden in S3 kopiert, von wo aus der Nutzer auf die Resultate zugreifen kann (Baun et al., 2011).

Aufbauend auf das Hadoop-Framework kann Hive eingesetzt werden, das von Facebook entwickelt und freigegeben wurde. Hive ermöglicht die Unterstützung von Anwendungen eines Data Warehouse im Hadoop-Umfeld (Nambiar et al., 2010). Es wird eine SQL-ähnliche Abfragesprache eingesetzt, deren Anfragen in MapReduce-Jobs umgewandelt und auf dem darunterliegenden HDFS von Hadoop ausgeführt werden (Nambiar et al., 2010). Ein MapReduce-Job besteht aus den Input-Daten, den zugehörigen Map- und Reduce-Programmen sowie Konfigurationsinformationen (Middleton, 2010).

Im Umfeld von Hadoop existiert eine Laufzeitumgebung mit dem Namen Pig, die auf Hadoop und dem MapReduce-Programmiermodell aufsetzt. Die Motivation für Pig ergibt sich aus verschiedenen Limitationen des MapReduce-Modells (Gates et al., 2009): Das simple Modell mit den zwei Funktionen Map und Reduce ist nicht für in der Praxis häufig anzutreffende, komplexe Datenflüsse brauchbar und in vielen Fällen zu starr. Weitere Kritikpunkte sind die aufwendige Umsetzung von einfachen Operationen wie Joins, Aggregationen und Filterungen, die per Hand codiert werden müssen. Dies führt zu Quellcode, der fehleranfällig und schlecht wiederverwendbar ist. Die Laufzeitumgebung Pig wurde entwickelt, um diese Probleme zu beheben. Pig nutzt die Hadoop-Infrastruktur und vereint die Vorteile einer High-Level-Abfragesprache wie SQL bei gleichzeitigem Beibehalten der MapReduce-Charakteristika. Pig richtet sich damit an erfahrene Programmierer, die ad-hoc-Analysen auf sehr großen Datenmengen durchführen wollen. Zur Modellierung der Datenflüsse und Programme wird die Programmiersprache Pig Latin verwendet, die für die Verarbeitung im Hadoop-System in MapReduce-Jobs umgewandelt und anschließend ausgeführt wird (Olston et al., 2008). Pig-Programme haben eine wesentlich geringere Größe und eine kürzere Entwicklungszeit als vergleichbare Hadoop-Programme. Die Nachteile der Pig-Programme sind die längere Laufzeit und die schlechtere Performance (Middleton, 2010).

4.3. Anwendung

Auf der Anwendungsschicht werden ausgewählte Open-Source-Projekte aus den Bereichen CRM, ERP, BI, Groupware und DMS betrachtet. Im Rahmen dieser Abschlussarbeit soll ein Eindruck der vorhandenen Lösungsmöglichkeiten und der Marktsituation im Open-Source-Bereich vermittelt werden. Die Eignung der jeweiligen Software für den Einsatz in einem Unternehmen muss individuell eingeschätzt und anhand der Anforderungen beurteilt werden.

Die folgenden Unterkapitel bestehen jeweils aus drei Teilen: Zunächst wird die Bedeutung von Open-Source-Software im jeweiligen Anwendungsgebiet beschrieben. Im zweiten Teil

wird für jeden Bereich die Funktionalität von drei wichtigen Vertretern anhand ausgewählter Kriterien in einer Tabelle verglichen. Die Informationen in den Tabellen setzen sich aus vorhergehenden Untersuchungen anderer Autoren und bereitgestellten Informationen auf den Projekt-Homepages zusammen. Im Anschluss an die Tabelle werden weitergehende Details zu einzelnen oder allen Lösungen aus dem jeweiligen Bereich erläutert.

4.3.1. Open-Source-CRM

Auf Sourceforge.net, dem zentralen Web-Portal für Open-Source-Software, sind über 400 offene CRM-Projekte mit unterschiedlichen Schwerpunkten registriert, deren Anwendungen kostenfrei heruntergeladen werden können. Einige der offenen CRM-Anwendungen sind eine vollwertige Alternative zu kommerziellen Produkten. Aus diesem Grund gewinnen CRM-Systeme auf Open-Source-Basis bei Unternehmen zunehmend an Beliebtheit (TecChannel, 2009).

Drei wichtige Vertreter von Open-Source-CRM-Software sind SugarCRM, XRMS und Vtiger (MECK, 2008).

Legende	SugarCRM ¹	Vtiger ²	XRMS ³
= vorhanden = eingeschränkt = nicht vorhanden			
Lizenz	Affero GPL (AGPL)	Vtiger Public License (VPL)	GPL
Kontaktmanagement			
Vertrieb und Marketing			
Servicefallverwaltung			
Kommunikationsunterstützung			
Analyse und Reporting			

Tabelle 4: Open-Source-CRM-Lösungen (angelehnt an Plessner et al., 2010)

Anhand der Untersuchung von Plessner et al. (2010) wurden wesentliche Funktionalitäten von CRM-Software bei den Open-Source-Vertretern überprüft und verglichen. Die fünf wichtigsten Kriterien für eine CRM-Software wurden in die Tabelle übernommen. SugarCRM er-

¹ Homepage: <http://www.sugarcrm.com/crm/>

² Homepage: <http://www.vtiger.de/de/>

³ Homepage: <http://sourceforge.net/projects/xrms/>

laubt sich bei dem Kriterium Servicefallverwaltung Schwächen, da die Funktionen für die Verwaltung von Kundenanfragen nur eingeschränkt unterstützt werden. Vtiger und XRMS weisen eingeschränkte Funktionalitäten in den Bereichen Kommunikationsunterstützung und Reporting auf. Zusätzlich ist bei XRMS die Servicefallverwaltung limitiert. Plessner et al. (2010) kommen zu dem Ergebnis, dass SugarCRM die Anforderungen an eine CRM-Software am weitesten abdeckt.

SugarCRM ist das meistgenutzte quelloffene CRM-System, das durch eine große Community unterstützt und weiterentwickelt wird (Rafreider, 2011). Die Software ist mit den gängigen Cloud-Diensten wie Amazon EC2 oder Microsoft Azure kompatibel und kann somit ohne Betrieb eigener Hardware bezogen werden. Im eigenen Rechenzentrum lässt sich die Software in einer Private Cloud betreiben (SugarCRM, Inc., 2010). SugarCRM ist gleichzeitig der Name einer kommerziellen Firma, die darauf abzielt, die Vorteile von Open-Source-Software und kommerzieller Software zu verbinden. Neben den Vorteilen von Open-Source-Software wie einer hohen Innovationsrate und Endnutzerorientierung bietet das Unternehmen SugarCRM auch Vorteile von traditioneller Software wie direkten Hersteller-Support (Mertic, 2009).

Von SugarCRM werden fünf verschiedene Varianten angeboten, die sich in der Funktionalität und im Support unterscheiden (SugarCRM, Inc., 2011): Die Community-Version ist Open-Source und wird kostenlos unter der GPL-Lizenz vertrieben. Die Professional-Version richtet sich an KMU und bietet zusätzliche Funktionalitäten wie erweiterte Berichtsfunktionen, Rechteverwaltung, Projektmanagement und drahtlose Zugriffsmöglichkeiten. Die Corporate, Enterprise und Ultimate-Versionen richten sich an große Unternehmen und bieten zusätzliche SLAs inklusive an diese Zielgruppe angepasste Funktionalitäten. Dazu zählen beispielsweise erweiterte Schnittstellenfunktionalitäten zu Produkten von kommerziellen Herstellern oder ein Offline-Client. Alle Editionen außer der Community-Edition werden kommerziell vertrieben und sind nur durch die Zahlung von jährlichen Gebühren beziehbar.

Kennzeichnend für SugarCRM ist die für Open-Source-Software nicht selbstverständliche Benutzerfreundlichkeit, die sich beispielsweise in der einfachen Installation äußert. Die CRM-Software wird als Komplettpaket angeboten. Für den Betrieb notwendige Komponenten wie die MySQL Datenbank oder der Apache Web Server müssen nicht einzeln beschafft und installiert werden (MECK, 2008). Die Benutzerfreundlichkeit äußert sich auch in einer einfachen und leicht anpassbaren Benutzeroberfläche, so dass die Aufwendungen für Schulungen bei Einführung der Software gering sind. Insgesamt erfüllt die Software alle wesentlichen Anforderungen an eine CRM-Suite und zeichnet sich durch einen großen Funktionsumfang aus. In der quelloffenen Community-Version werden einige Funktionalitäten wie eine ausgeprägte Rechteverwaltung oder weitergehende Berichtsfunktionen vermisst, die den kostenpflichtigen Versionen vorbehalten sind. Falls die Community-Version den Projektanforderun-

gen von KMU entspricht, ist die Open-Source-Lösung eine ernsthafte Konkurrenz zu kommerziellen Angeboten (Plessner et al., 2010).

4.3.2. Open-Source-ERP

ERP wird als die Königsklasse der Anwendungen bezeichnet und zeichnet sich durch eine hohe Komplexität und Breite der Anforderungen aus. Bei der Bewältigung dieser Problematik stoßen viele Open-Source-Projekte an ihre Grenzen (Jung, 2010). Trotzdem gewinnen Open-Source-Lösungen auch im Bereich der ERP-Software aufgrund der lizenzkostenfreien Nutzung an Popularität (Anding, 2010). Bereits 9% der KMU in Westeuropa setzen freie ERP-Software ein (Jung, 2010). Kosten entstehen für zusätzliche Support-Dienstleistungen oder für die Integration der Software in die bestehende Systemlandschaft.

Wichtige Beispiele für freie ERP-Software sind Compiere, Adempiere und OpenBravo (Dittmann, 2009).

Legende	Adempiere ¹	Compiere ²	OpenBravo ³
Lizenz	GPL	GPL	OpenBravo Public License
Auftragsabwicklung	✓	✓	✓
Beschaffung	✓	✓	✓
Fertigung	✓	💡	💡
Materialwirtschaft	✓	✓	✓

Tabelle 5: Open-Source-ERP-Lösungen (angelehnt an Dittmann, 2009)

Aus der Untersuchung von Dittmann (2009) wurden vier wichtige Kriterien für ERP-Software übernommen: Auftragsabwicklung, Beschaffung, Fertigung und Materialwirtschaft. Alle drei untersuchten Open-Source-ERP-Suiten unterstützen die Auftragsabwicklung, Beschaffung und Materialwirtschaft. Compiere und OpenBravo haben in der Open-Source-Variante im Fertigungsbereich eine eingeschränkte Funktionalität. Das von Compiere abgeleitete Projekt Adempiere bietet im Vergleich zu den anderen Projekten eine weitergehende Unterstützung der Fertigung.

¹ Homepage: <http://adempiere.org/home/>

² Homepage: <http://www.compiere.com/>

³ Homepage: <http://www.openbravo.com/>

Compiere ist die älteste und umfangreichste freie ERP-Software (Neubert, 2010). Das 1999 initiierte Projekt deckt alle wesentlichen Bereiche der unternehmerischen Leistungserstellung ab: Dazu zählen die bereits erwähnten Bereiche Auftragsabwicklung, Beschaffung und Materialwirtschaft sowie weitere Bereiche wie Einkauf, Fertigung, Projektmanagement, Lagerverwaltung und Finanzbuchhaltung. Zudem enthält die Suite ein Content Management System und ein Workflow Management System (Neubert, 2010). Neben den typischen ERP-Funktionalitäten bietet Compiere auch CRM-Funktionen wie Angebotsverwaltung und Kundenkontaktmanagement (Stoilov & Stoilova, 2008). Die mandantenfähige Software ist in vielen Sprachen verfügbar und unterstützt mehrere Währungen. Der Nachteil des großen Funktionsumfangs ist die hohe Komplexität des Systems, so dass für die Einrichtung und Schulung der Mitarbeiter in vielen Fällen externe Hilfe notwendig ist (Neubert, 2010).

Hinter Compiere steht die amerikanische Firma Consona Corporation, die ähnlich wie SugarCRM kostenpflichtige Versionen der Open-Source-Software anbietet (Consona Corp., 2010): Die einzige kostenlose Version ist die Community-Version, die unter der GPL-Lizenz verfügbar ist. Die kostenpflichtige Standard-Version bietet direkten Hersteller-Support und ist vom Funktionsumfang ähnlich wie die Community-Version (Dittmann, 2009). Ein Nachteil der Community- und Standard-Version ist der eingeschränkte Fertigungsbereich, der erst in den teureren Versionen erweitert wird. Die Professional Edition bietet die Möglichkeit einer webbasierten Benutzeroberfläche und ist in Zusammenarbeit mit Amazon EC2 als SaaS-Angebot beziehbar. Die vierte Version ist die Enterprise-Edition, die weitere Funktionalitäten wie die Unterstützung von Webservices und die Bereitstellung eines Data Dictionary enthält. Im Data Dictionary werden alle Informationen über die Benutzeroberfläche gespeichert. Diese Informationen können für die Erstellung individueller Fenster ohne die Manipulation von Quelltext genutzt werden (Serrano & Sarriei, 2006). Der Preis der kostenpflichtigen Versionen richtet sich nach der Anzahl der Nutzer und ist pro Jahr zu entrichten.

4.3.3. Open-Source-BI

Der Markt für Open-Source-Lösungen im BI-Bereich ist seit Jahren durch ein stetiges Wachstum gekennzeichnet (Frisch, 2010a). Bereits 2008 waren weit über 100 Projekte mit steigender Tendenz am Markt vertreten (Marwan, 2008). Traditionell ist dieser Bereich eine Domäne der großen Softwarefirmen wie SAP, Oracle oder SAS. Der Funktionsumfang der kommerziellen Produkte ist über Jahrzehnte gewachsen und ist komplex sowie teuer. Für Mittelständler, die oft nur Teilbereiche des BI-Kontexts zur Ergänzung der IT-Architektur benötigen und über ein eingeschränktes IT-Budget verfügen, bieten sich die lizenzkostenfreien Open-Source-Lösungen an (Manhart, 2009; Frisch, 2010b).

Bekannte Projekte im Open-Source-BI-Bereich sind Jaspersoft BI Suite, Jedox Palo und Pentaho BI Suite.

Legende	Jaspersoft BI Suite ¹	Jedox Palo ²	Pentaho BI Suite ³
 = vorhanden			
 = eingeschränkt			
 = nicht vorhanden			
Lizenz	GPL	GPL	GPL
ETL			
	Talend Open Studio	Palo ETL	Kettle
Reporting			
	JasperReport	Palo Web	JFreeReport
OLAP			
	Mondrian	Palo OLAP	Mondrian
Data Mining			
			Weka

Tabelle 6: Open-Source-BI-Lösungen (angelehnt an Manhart, 2009)

Ausgehend von der Untersuchung von Manhart (2009) ist der Tabelle ein Vergleich der bekanntesten Projekte zu entnehmen. Die grundlegenden BI-Funktionalitäten wie ETL, Reporting und OLAP werden von allen drei Open-Source-Lösungen unterstützt. Die Pentaho BI Suite setzt sich von den anderen beiden Suiten durch die Unterstützung von Data Mining in Form des Tools Weka ab. Jaspersoft und Jedox bieten keine vergleichbare Funktionalität.

Die Anbieter verfolgen ähnlich wie die Anbieter im ERP- und CRM-Bereich das Prinzip des Commercial Open Source. Neben einer kostenfreien Community-Version werden kostenpflichtige Enterprise-Versionen inklusive Support und zusätzlichen Funktionen angeboten (IT-Novum, 2009). Unternehmen, die die Community-Versionen nutzen wollen, benötigen technisches Know-How (Bange, 2009) und müssen eine eingeschränkte Funktionalität im Vergleich zu kommerziellen Produkten hinnehmen (Frisch, 2010c).

Aufgrund des höheren Funktionsumfangs im Vergleich zur Konkurrenz wird auf die Pentaho BI Suite näher eingegangen. Die Pentaho BI Suite ist 2002 entstanden und setzt sich aus verschiedenen Open-Source-Projekten wie JFreeReport, Kettle, Mondrian und Weka zu-

¹ Homepage: <http://www.jaspersoft.com/>

² Homepage: <http://www.jedox.com/de/home/uebersicht.html>

³ Homepage: <http://www.pentaho.com/>

sammen. Auf die drei wesentlichen Module wird im Folgenden näher eingegangen (Pentaho Corp., 2010a; Manhart, 2009; Güclü & Müller, 2010; IT-Novum, 2009):

- *Kettle*: Kettle ist ein leistungsfähiges und einfach bedienbares ETL-Tool und wird innerhalb der BI-Suite als Pentaho Data Integration vermarktet. Vom Funktionsumfang ist Kettle mit kommerzieller Software vergleichbar. Über eine graphische Benutzeroberfläche lassen sich sämtliche Schritte des ETL-Prozesses übersichtlich gestalten. Kettle kann auch als Standalone-Anwendung außerhalb der BI-Suite angewendet werden.
- *Mondrian*: Mondrian ist ein auf Java basierender OLAP-Server, der neben der Pentaho BI-Suite auch in der Jaspersoft BI-Suite zum Einsatz kommt. Der Server greift auf eine relationale Datenbank zu, die die Daten in aufbereiteter Form in einem Star- oder Snowflakeschema ablegt. Über eine Web-Oberfläche lassen sich Daten mit typischen OLAP-Funktionalitäten filtern und in unterschiedlichem Detail betrachten.
- *Weka*: Weka steht für „Waikato Environment for Knowledge Analysis“ und wurde an der Waikato Universität in Neuseeland entwickelt. Es handelt sich um ein vielfältiges Tool für Data Mining, das sehr viele Verfahren wie beispielsweise Clusteranalysen, Klassifikationsverfahren oder Regressionsanalysen implementiert. Der Nachteil der Funktionsvielfalt ist der hohe Lernaufwand und die anspruchsvolle Bedienung des Programms.

Zusätzlich bietet Pentaho eine spezielle Version der BI-Suite an, die explizit für Apache Hadoop ausgelegt ist. Mit dieser Version erweitert Pentaho das Hadoop-Framework um anspruchsvolle Analysefunktionen und hochskalierbare ETL-Funktionalitäten (Pentaho Corp., 2010b).

4.3.4. Open-Source-Groupware

Open-Source-Groupware aus der Cloud ist durch eine verstärkte Nachfrage gekennzeichnet, da sich immer mehr Unternehmen entscheiden, ihre unkritischen Groupware-Dienste auszulagern (Webhosternews, 2010).

Im Folgenden wird auf die drei Vertreter EGroupware, Group-E und Open-Xchange näher eingegangen. Anhand von Tabelle 7 lässt sich die Reife der Open-Source-Lösungen erkennen, da alle vorgestellten Projekte die wesentlichen Groupware-Bereiche Aufgabenverwaltung, Adressbuch, E-Mail und Kalender unterstützen. Keine der von Greisle (2011) betrachteten Lösungen leistet sich nennenswerte Schwächen.

Legende	EGroupware ¹	Group-E ²	Open-Xchange ³
= vorhanden			
= eingeschränkt			
= nicht vorhanden			
Lizenz	GPL	GPL	GPL
Aufgaben	✓	✓	✓
Adressbuch	✓	✓	✓
E-Mail	✓	✓	✓
Kalender / Termine	✓	✓	✓

Tabelle 7: Open-Source-Groupware-Lösungen (angelehnt an Greisle, 2011)

Die bekannteste und am weitesten verbreitete Groupware-Lösung ist Open-XChange. Es handelt sich um eine Groupware-Lösung, die mit kommerziellen Produkten konkurriert will. Durch die Bereitstellung der Groupware-Suite als SaaS konnte 2010 mit über 24 Millionen Anwendern ein Umsatzwachstum von 70% generiert werden (Webhosternews, 2010). Open-Xchange bietet alle wesentlichen Funktionalitäten einer Groupware-Lösung wie das Verwalten von E-Mails, Kontakten, Aufgaben, Terminen und Dokumenten. Die Dienste sind von mobilen Endgeräten abrufbar und werden laufend mit anderen Teilnehmern synchronisiert (Open-Xchange AG, 2011a). Von Open-Xchange werden eine kostenlose Community-Edition und kostenpflichtige Server- und Hosting-Editionen angeboten. Alle Versionen haben die gleiche Funktionalität. Die Server-Edition bietet zusätzlich Support von Open-Xchange und die Hosting-Edition ermöglicht den Bezug der Groupware via SaaS (Open-Xchange AG, 2011b). Vorteile von Open-Exchange sind die hohe Funktionalität, Erweiterbarkeit und eine effiziente Outlook-Integration. Den Vorteilen stehen Nachteile wie eine aufwendige Installation und eine teils unübersichtliche Web-Oberfläche gegenüber (Radonic, 2011).

4.3.5. Open-Source-DMS

Bereits 2009 empfahl das Marktforschungsinstitut Gartner die Berücksichtigung von Open-Source-Software bei der Auswahl von DMS-Software, da sich der Markt von Open-Source-Software in diesem Bereich stabilisiert hat und die Angebote ausgereift sind (Gartner, Inc., 2009).

¹ Homepage: <http://www.egroupware.org/>

² Homepage: <http://www.group-e.info/>

³ Homepage: <http://www.open-xchange.com/>

Im Bereich DMS sind Alfresco, Agorum und OpenDocMan wichtige Projekte:

Legende	Alfresco ¹	Agorum ²	OpenDocMan ³
 = vorhanden			
 = eingeschränkt			
 = nicht vorhanden			
Lizenz	GPL	GPL	GPL
Berechtigungsverwaltung			
Metadatenunterstützung			
Verwaltung von Dokumenten			
Workflow-Unterstützung			

Tabelle 8: Open-Source-DMS-Lösungen

Grundlegende Funktionen eines DMS wie Synchronisierung der Dokumente, Berechtigungsverwaltung und Metadatenmanagement werden von allen drei Lösungen unterstützt. Die Workflow-Unterstützung ist bei Agorum der kostenpflichtigen Version vorbehalten.

OpenDocMan ist als reine Open-Source-Software verfügbar, wohingegen Alfresco und Agorum das Prinzip des Commercial Open Source verfolgen. Neben der kostenlosen Community-Version werden kostenpflichtige Versionen mit weiteren Funktionen und direktem Hersteller-Support angeboten (siehe Agorum Software GmbH, 2010; Alfresco Software, Inc., 2011a). Die Community-Versionen erfordern technisches Know-How und sind auf einen Open-Source-Stack ausgelegt. Die kostenpflichtigen Versionen sind auf den kommerziellen Einsatz in größeren Server-Landschaften ausgerichtet und enthalten zusätzliche Schnittstellen zu kommerziellen Anbietern. Die beiden Systeme unterscheiden sich hinsichtlich der Funktionalität, des Supports und des Installationsaufwands. Von Alfresco wird eine Version angeboten, die sich explizit an KMU richtet und über Amazon EC2 aus der Public Cloud bezogen werden kann (Alfresco Software, Inc., 2011b).

4.4. Zusammenfassung

Der Marktüberblick von Open-Source-Software im Bereich Cloud Computing hat ergeben, dass Open-Source-Software für alle Schichten der Cloud-Architektur verfügbar und einsetzbar ist. Die Funktionalität der vorgestellten Lösungen ist für die Erfüllung der wesentlichen

¹ Homepage: <http://www.alfresco.com/>

² Homepage: <http://www.agorum.com/>

³ Homepage: <http://www.opendocman.com/>

Anforderungen an eine Unternehmenssoftware ausreichend und kann in einigen Fällen mit kommerziellen Angeboten mithalten. Wer auf reine Open-Source-Lösungen setzen will, benötigt technisches Know-How und muss akzeptieren, dass bestimmte Funktionalitäten den kostenpflichtigen Versionen vorenthalten sind. Besonders für KMU, die auf die zusätzlichen Funktionalitäten der kostenpflichtigen Versionen in vielen Fällen verzichten können, bietet sich kostenlose Open-Source-Software an. In jedem Einzelfall muss überprüft werden, ob die Leistungsfähigkeit einer Open-Source-Software für den vorgesehenen Aufgabenbereich ausreicht.

Besonders für den Aufbau einer Private Cloud eignen sich die lizenzkostenfreien Alternativen zu kommerzieller Software. Das notwendige technische Know-How vorausgesetzt, lässt sich mit den Infrastrukturdienssten wie beispielsweise Eucalyptus das interne Rechenzentrum virtualisieren und Ressourcen optimal auslasten. Die typische Architektur der Infrastrukturdiensste besteht aus einem zentralen Zugriffsknoten für die Anwender, der die anfallenden Aufgaben an die Rechenknoten verteilt. Auf den Rechenknoten sind Tools installiert, die in regelmäßigen Abständen die Systeminformationen an den Zugriffsknoten weiterleiten.

Auf der Framework-Schicht sind Reimplementierungen der Funktionalitäten der Google AppEngine in Form der Projekte AppScale und TyphoonAE vorhanden. Durch diese Lösungen wird die Abhängigkeit von Google reduziert, da Anwendungen für die Google-Plattform im eigenen Unternehmen in einer Private Cloud ausgeführt werden können. Zusätzlich lassen sich mit den Open-Source-Plattformen Apache Hadoop und Pig sehr aufwendige Berechnungen in einer Public Cloud oder Private Cloud durchführen.

Auf der Anwendungsschicht ist in jedem der betrachteten Anwendungsgebiete eine Vielzahl von Open-Source-Lösungen vertreten, die teilweise durch jahrelange Entwicklung ein hohes Reifestadium erreicht haben und sich für den Einsatz im Unternehmen eignen. Besonders der Groupware-Bereich eignet sich aufgrund der Reife der Software und der unkritischen Prozesse für eine Nutzung als Open Source. Bei anderen Anwendungsbereichen wie ERP ist der Einsatz von Open-Source-Software aufgrund der hohen Komplexität problematisch. Typisch für die Anwendungsschicht ist das Prinzip des Commercial Open Source: Neben der kostenlosen Open-Source-Software bieten Anbieter kostenpflichtige Versionen an, die direkten Support und zusätzliche Funktionalitäten beinhalten.

5. Quantitative Analyse

Für die weitergehende Vorgehensweise wurde innerhalb der quantitativen Analyse eine Umfrage unter kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in Baden-Württemberg durchgeführt. Durch die Umfrage sollen die Bedeutung, Akzeptanz und Nutzung von Cloud Computing und Open-Source-Software festgestellt werden. Zunächst werden allgemeine Rahmenbedingungen der Umfrage wie die Definition von KMU und die Umfragedurchführung beschrieben. Im zweiten Unterkapitel wird der Aufbau des Fragenkatalogs erläutert. Im darauffolgenden Kapitel wird die Auswertung der Umfrage präsentiert.

5.1. Rahmenbedingungen

Im diesem Kapitel wird zunächst der KMU-Begriff definiert und typische Charakteristika von KMU hervorgehoben. Anschließend wird die Umfragedurchführung beschrieben.

5.1.1. Definition und Charakteristika von KMU

Die Zugehörigkeit eines Unternehmens zu den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) kann anhand bestimmter Kennzahlen festgestellt werden, die unabhängig voneinander durch die Europäische Kommission sowie durch das Institut für Mittelstandsforschung (IfM) Bonn festgelegt wurden. Die Kennzahlen sind folgender Tabelle zu entnehmen:

	Anzahl Mitarbeiter	Umsatzerlös	Bilanzsumme
Europäische Kommission	< 250	< 50 Mio.	< 43 Mio.
IfM Bonn	< 500	< 50 Mio.	-

Tabelle 9: KMU-Definitionen (nach IfM Bonn, 2002; Europäische Kommission, 2003)

Damit der KMU-Begriff anwendbar ist, dürfen die Unternehmen nach der Definition der Europäischen Kommission höchstens 250 Mitarbeiter beschäftigen. Die IfM Bonn stuft Unternehmen bis 500 Mitarbeiter als KMU ein. Die Umsatzerlöse dürfen bei beiden Definitionen 50 Millionen Euro nicht übersteigen. Die Europäische Kommission akzeptiert alternativ zu den Umsatzerlösen auch die Bilanzsumme als Bewertungskriterium. Neben den personellen und finanziellen Werten ist eine wichtige Voraussetzung für die Anwendbarkeit des KMU-Begriffs die Selbstständigkeit und Unabhängigkeit der Unternehmen.

Ausgehend von der IfM-Definition zählten im Jahr 2008 99,6% der Unternehmen in Deutschland zu KMU. Auf diese Gruppe entfallen 38% aller Umsätze und 59,9% der sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer (IfM Bonn, 2010).

Die beschränkte Größe von KMU äußert sich in folgenden Charakteristika, die für das Thema Cloud Computing und Open Source wichtig sind (MECK, 2008; Meyer et al., 2007):

- Ein hoher Kostendruck ist bei KMU durch die Konkurrenz von international tätigen Großunternehmen im Rahmen der Globalisierung und Internationalisierung zu verzeichnen.
- Eine geringe Risikobereitschaft ist erkennbar, da das Fehlschlagen von größeren Projekten existenzbedrohend sein kann. Mittelständler sind kleineren Projekten mit schnellen Erfolgsmöglichkeiten und geringem Schulungsbedarf aufgeschlossener.
- Die Arbeitsteilung ist beschränkt und Tätigkeiten werden gebündelt, da die Mitarbeiter aufgrund von Personalmangel weniger klar abgegrenzte Aufgabenbereiche haben. Externe Hilfe ist aufgrund von fehlendem internen Know-How oftmals notwendig.
- Veraltete IT-Systeme mit großem Nachholbedarf kennzeichnen die IT-Architektur aufgrund verhaltener Investitionen in den letzten Jahren.
- Tätigkeiten und Prozesse sind bei KMU nicht standardisiert, so dass Mitarbeiter spontan entscheiden, wie mit einer bestimmten Situation umzugehen ist.
- Operative Vorgänge haben für KMU Priorität. Eine langfristige strategische Planung spielt für den Mittelstand eine untergeordnete Rolle.
- Der Spezialisierungsgrad von KMU ist durch die Besetzung von Nischenmärkten höher als bei Großunternehmen.
- KMU sind typischerweise Familienunternehmen, die von Familienmitgliedern mit eingeschränkten Kenntnissen im IT-Bereich geführt werden. Fehlentscheidungen werden durch die Machtkonzentration und durch Betriebsblindheit häufiger getroffen.
- Eine hohe Identifikation der Mitarbeiter mit dem Unternehmen und eine starke Mitarbeiterbindung sind anzutreffen.

5.1.2. Umfragedurchführung

Die Zielgruppe der Umfrage sind KMU nach der IfM-Definition mit bis zu 500 Mitarbeitern und einem Umsatz bis 50 Millionen Euro. Insgesamt wurden knapp über 1000 E-Mails an Vertreter der Branchen Ingenieurdienstleistungen, IT-Dienstleister, Handel, Gesundheit, Druck/Vervielfältigung und Verlage/Informationsdienste verschickt. Die Umfrage richtete sich explizit an Führungskräfte und IT-Verantwortliche der Unternehmen, die mit der technischen Thematik vertraut sind.

Als Methodik für die Umfragedurchführung wurde der Versand von E-Mails ausgewählt, da eine Verteilung per E-Mail im Vergleich zur Versendung per Post kostengünstiger und weni-

ger aufwändig ist. Die E-Mail hat einen Link zu einem Google Docs Formular mit der eigentlichen Umfrage enthalten. Google Docs ist kostenlos und unterstützt alle wesentlichen Funktionalitäten eines Umfrage-Tools. Alle Ergebnisse werden verschlüsselt in das Rechenzentrum von Google übertragen und abgespeichert. Die Auswertung der Ergebnisse ist an interessierte Teilnehmer per E-Mail verschickt worden. Die E-Mail-Adressen der Teilnehmer wurden von der MFG (Medien- und Filmgesellschaft) Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt, die als Innovationsagentur für Informationstechnologie und Medien des Landes Baden-Württemberg viele Kontakte zu KMU pflegt. Als Anreiz für die Teilnahme wurde zehnmal freier Eintritt für die bwcon Cloud Konferenz am 7. Juli 2011 im Wert von jeweils 40 Euro verlost. Folgendes Anschreiben ist an die Teilnehmer per E-Mail verschickt worden:

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Medien- und Filmgesellschaft Baden-Württemberg (MFG) führt in Zusammenarbeit mit dem Institut für Parallele und Verteilte Systeme der Universität Stuttgart eine Umfrage zum Thema Cloud Computing und Open-Source-Software durch. Über die Teilnahme Ihres Unternehmens würden wir uns sehr freuen. Ihre Antworten werden anonym erfasst und es werden keine vertraulichen Informationen abgefragt.

Unter allen Teilnehmern wird 10x freier Eintritt für die Cloud Konferenz am 7. Juli 2011 in Stuttgart (www.bwcon.de/cloud) im Wert von jeweils 40 Euro verlost. Selbstverständlich teilen wir Ihnen auf Wunsch auch die Umfrageergebnisse mit.

Die Zielgruppe der Umfrage ist der IT-Bereich des Unternehmens. Falls Sie selbst nicht zur IT gehören, leiten Sie diese Email bitte an einen Ansprechpartner für IT-Angelegenheiten weiter. Vielen Dank.

Die Umfrage finden Sie unter folgendem [Link](#).

Mit freundlichen Grüßen,

Markus Hummel

5.2. Aufbau des Fragenkatalogs

In Kapitel 5.2 wird auf die Ziele und Gründe für die Auswahl der Fragen und Antwortmöglichkeiten eingegangen. Der komplette Fragenkatalog, der in Google Docs umgesetzt wurde, ist in Anhang [10](#) zu finden. Mit Hilfe des Fragebogens soll die Bedeutung, Akzeptanz und Nutzung von Cloud Computing und Open-Source-Software festgestellt werden. Zur Erfassung dieser Themen ist der Fragenkatalog in drei Teile eingeteilt, auf die im Folgenden eingegangen wird.

Im ersten Teil werden allgemeine Informationen zu den Unternehmen abgefragt, bei denen die Teilnehmer angestellt sind. Durch die allgemeinen Kennzahlen wie Unternehmensgröße und Jahresumsatz können die Größenverhältnisse der Unternehmen beurteilt werden. Die Frage nach der Funktion des Mitarbeiters innerhalb des Unternehmens ermöglicht eine Einschätzung, ob Führungskräfte das Themengebiet unterschiedlich einschätzen als Spezialisten und Fachkräfte. Für eine erste Einordnung und als Einstiegsfragen in das Themengebiet werden Fragen nach dem momentanen Einsatz von Cloud Computing und Open-Source-Software im Unternehmen gestellt, die mit Ja oder Nein zu beantworten sind. Im Zusammenhang mit den tiefergehenden Fragen in den folgenden Teilen ermöglichen die allgemeinen Fragen zu Beginn eine Einschätzung der Glaubwürdigkeit der Antworten.

Im zweiten Teil der Umfrage wird auf die Beurteilung von Cloud Computing und Open-Source-Software eingegangen. Um einer Verwechslung von Cloud Computing mit traditionellem Hosting vorzubeugen, wird die in dieser Abschlussarbeit verwendete Definition von Cloud Computing zu Beginn des zweiten Teils angegeben. Für die Fragen nach der momentanen und zukünftigen Bedeutung von Cloud Computing sowie dem Wissenstand der Teilnehmer sind fünf Antwortmöglichkeiten auswählbar, so dass die Teilnehmer ihre Antwort zwischen „Sehr Hoch“ und „Sehr Niedrig“ abwägen können. Die Vor- und Nachteile von Cloud Computing werden in der Umfrage durch Aussagen dargestellt, denen die Teilnehmer vollständig oder weitestgehend zustimmen können oder nicht. Ziele der Aussagen sind die Feststellung der Haupthinderungsgründe für eine Nutzung von Cloud Computing und die Einschätzung der Vorteile des Themengebiets. Für den Beitrag, den Open-Source-Software zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing leisten kann und für die Nachteile von Open-Source-Software werden Antworten vorgegeben. Je nach Einschätzung der Teilnehmer können keine oder mehrere der Antworten ausgewählt werden.

Im dritten Teil wird auf die aktuelle Nutzung von Cloud Computing und Open-Source-Software eingegangen. Die Teilnehmer haben vier Antwortmöglichkeiten: „Bereits im Einsatz“, „Geplant“, „Nicht Geplant“ und „Nicht Betrachtet“. Im Gegensatz zu einer einfachen Ja / Nein Antwortmöglichkeit erlauben diese Vorgaben zusätzlich einen Blick in die Zukunft, da der geplante Einsatz erfasst wird. Die Antwortmöglichkeit „Nicht Geplant“ erlaubt die Feststellung, dass sich die Teilnehmer mit dem Konzept bereits auseinander gesetzt haben und sich dagegen entschieden haben.

5.3. Auswertung

Die Ergebnisse der Umfrage werden in diesem Unterkapitel ausgewertet und interpretiert. Um einer Verfälschung der Ergebnisse vorzubeugen, wurden widersprüchliche Angaben der Teilnehmer für die Auswertung herausgefiltert.

5.3.1. Allgemeines

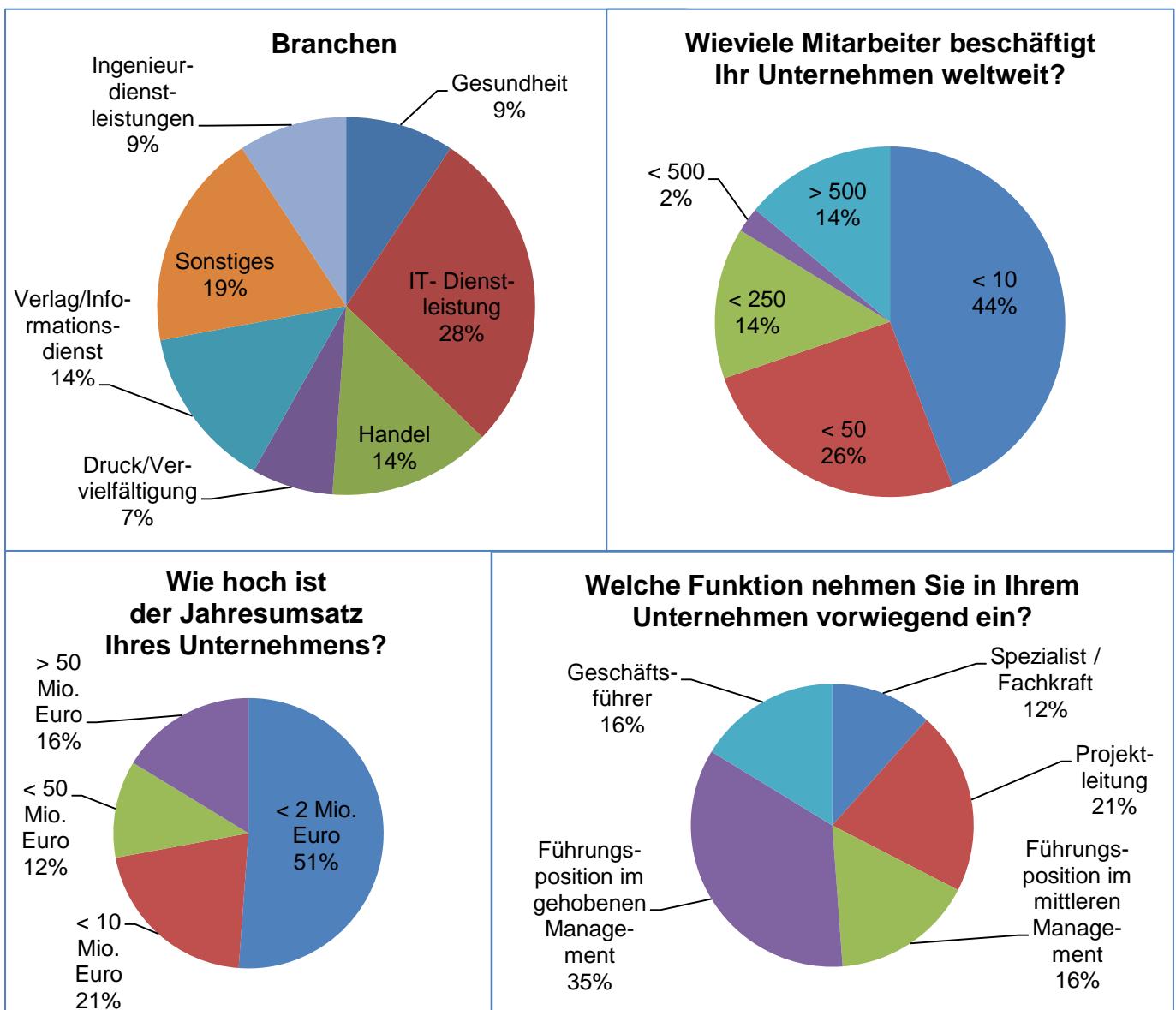


Abbildung 15: Allgemeine Informationen zu den Umfrageteilnehmern

Insgesamt haben 43 Personen an der Umfrage teilgenommen. Mit 28% sind die IT-Dienstleister am häufigsten vertreten, gefolgt von den beiden Branchen Handel und Verlage/Informationsdienste. Ein Großteil der teilnehmenden Unternehmen beschäftigt weniger als 10 Mitarbeiter und hat einen Jahresumsatz von weniger als 2 Millionen Euro. 88% der Teilnehmer sind Führungskräfte und 12% Fachkräfte. Auch wenn sechs Unternehmen mehr als 500 Mitarbeiter beschäftigen und somit theoretisch nicht zu den KMU zählen, wurden die Ergebnisse dieser Unternehmen in der Auswertung verwendet, da ausschließlich mittelständische Unternehmen in Baden-Württemberg angeschrieben wurden.

5.3.2. Bedeutung von Cloud Computing und persönlicher Wissensstand

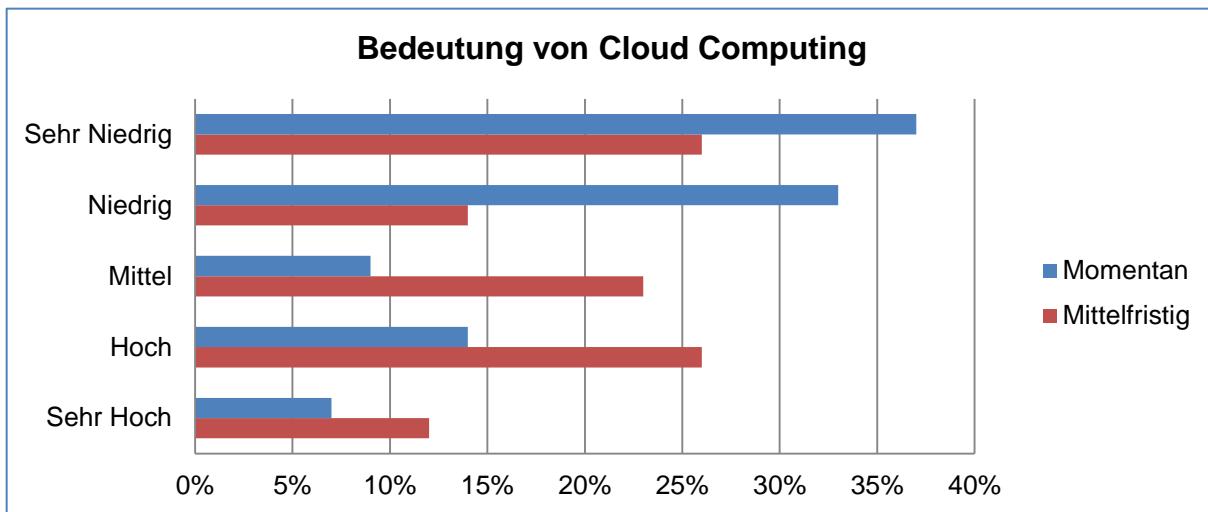


Abbildung 16: Momentane und zukünftige Bedeutung von Cloud Computing

Die Bedeutung von Cloud Computing in der IT-Architektur wird im Jahr 2011 von knapp 70% der Befragten als niedrig oder sehr niedrig angesehen. Hauptsächlich für IT-Dienstleister spielt Cloud Computing auch heute schon eine wichtige Rolle, da sich eine frühzeitige Investition in den neuen Trend durch zukünftige Wettbewerbsvorteile auszahlen kann. Nach Einschätzung der meisten Befragten wird das Thema Cloud Computing in Zukunft eine wesentlich größere Bedeutung haben als im Jahr 2011. Mittelfristig sehen nur noch knapp 40% der Unternehmen die Bedeutung von Cloud Computing als niedrig oder sehr niedrig an. Der Wert für eine hohe Bedeutung steigt in Zukunft von 14% auf 26% an.

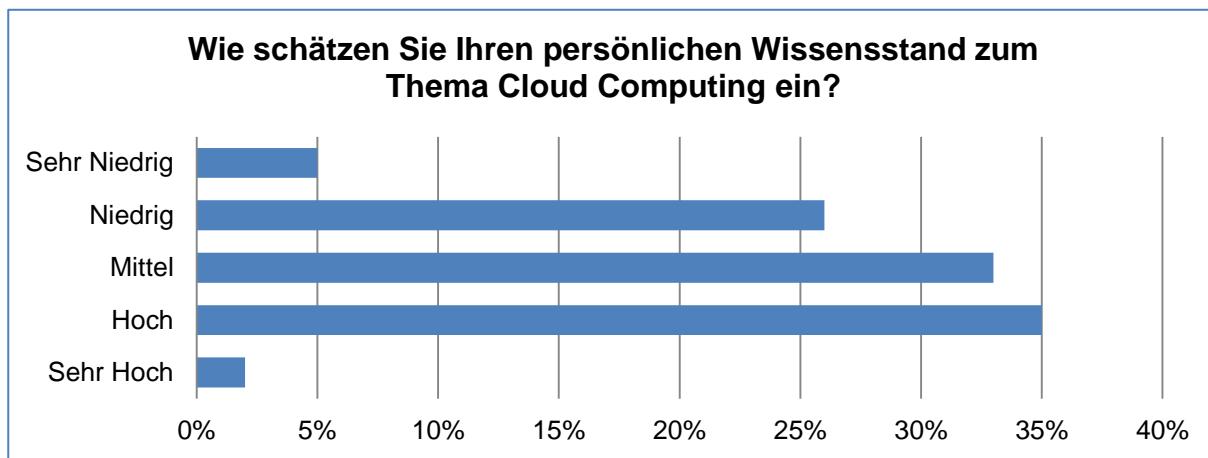


Abbildung 17: Wissensstand zum Thema Cloud Computing

35% der Teilnehmer schätzen Ihren Wissensstand zum Thema Cloud Computing als hoch ein. Eine Prozentzahl von 35% erscheint viel, da es sich um ein relativ junges Themengebiet handelt, das in vielen Unternehmen noch nicht im Einsatz ist. Ein möglicher Grund für die hohe Einschätzung des persönlichen Wissenstandes ist die ausführliche Berichterstattung in

den Medien. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit ist das Verwechseln von Cloud Computing mit traditionellem Hosting.

5.3.3. Einschätzung der Vor-und Nachteile von Cloud Computing

Aussage: Durch die aufwendige Integration in die bestehende IT-Landschaft besteht eine hohe Abhängigkeit von einem Anbieter

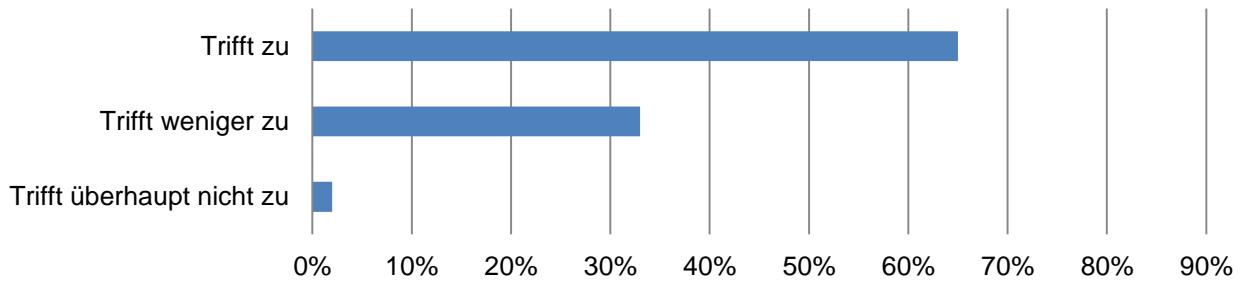


Abbildung 18: Aussage zur Integration von Cloud-Diensten in die IT-Architektur

Die Einbettung der Cloud-Services in die bestehende IT-Architektur stellt für knapp 70% der befragten Teilnehmer ein Problem dar. Für 33% der Befragten ist die Integration weniger problematisch. Kein Problem mit der Integration sieht nur ein einzelner Teilnehmer.

Um sich erfolgreich in der Praxis durchzusetzen, muss eine einfache Integration und eine hohe Interoperabilität der Cloud-Services mit den anderen Teilen der IT-Infrastruktur gewährleistet werden. Die Integrationsproblematik ist nicht speziell bei Cloud Computing anzutreffen, da ähnliche Probleme bei traditioneller Standardsoftware vorzufinden sind.

Aussage: Aufgrund der Gefahr von Systemausfällen besteht eine hohe Abhängigkeit von einem Anbieter

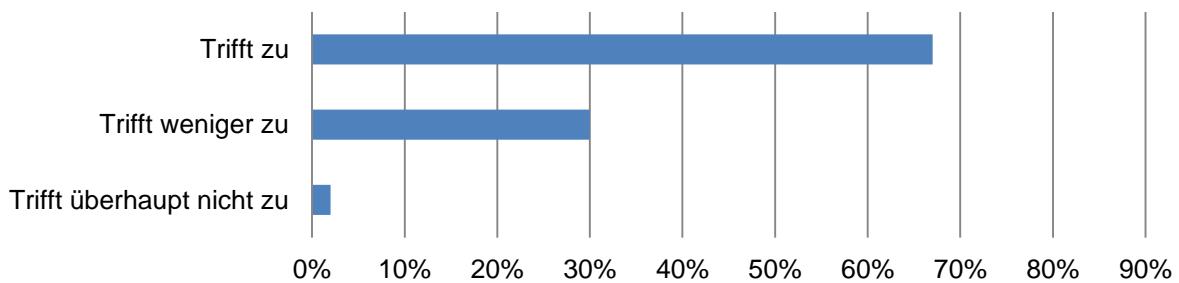


Abbildung 19: Aussage zur Gefahr von Systemausfällen

Knapp 70% der Teilnehmer stimmen der Aussage zur hohen Abhängigkeit vom Anbieter aufgrund der Gefahr von Systemausfällen vollständig oder weitestgehend zu.

Aufgrund der hohen Zustimmung lässt sich ableiten, dass die fehlende Kontrolle über die benötigten IT-Dienste für viele Unternehmen ein wesentliches Problem von Cloud Computing darstellt. Mit Hilfe von SLAs muss die Verfügbarkeit der Services exakt festgelegt werden.

Aussage: Die fehlende langfristige vertragliche Bindung führt zu einer geringen Abhängigkeit von einem Anbieter

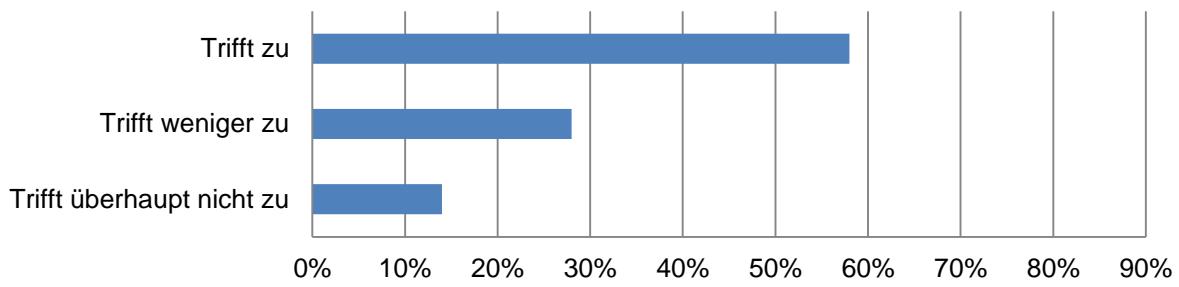


Abbildung 20: Aussage zur fehlenden vertraglichen Bindung

Bei der Aussage zum Nutzen der fehlenden vertraglichen Bindung gehen die Meinungen der Teilnehmer auseinander. Nur etwas mehr als die Hälfte der Teilnehmer kann zumindest teilweise eine geringere Abhängigkeit absehen. Für fast genauso viele Teilnehmer ist die Aussage weniger oder überhaupt nicht nachvollziehbar.

Ein wesentlicher Grund für die kaum geringere Abhängigkeit vom Anbieter ist die aufwendige Integration der Cloud-Services in die bestehende IT-Infrastruktur. Der Lock-In-Effekt ist auch bei Cloud Computing vorhanden. Durch die fehlende vertragliche Bindung wird der Lock-In-Effekt abgeschwächt.

Aussage: Die Speicherung von Daten in der Cloud führt zu Datenschutzproblemen und Sicherheitsbedenken

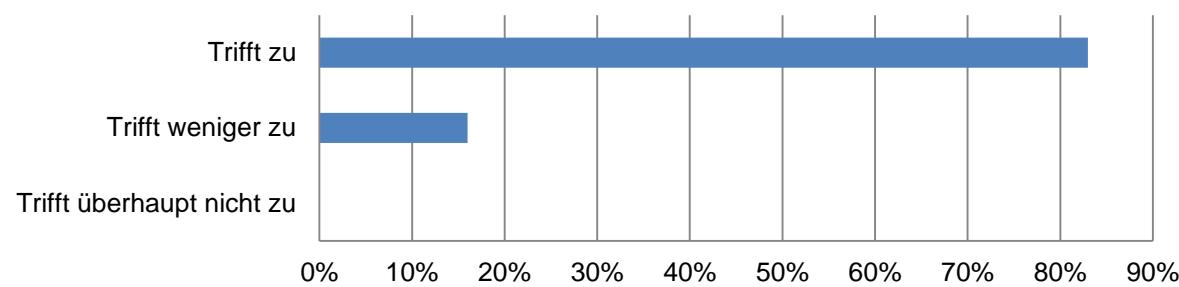


Abbildung 21: Aussage zur Sicherheitsproblematik

Einigkeit ist bei der Aussage zur Sicherheitsproblematik und den Datenschutzproblemen zu erkennen. Bei keiner anderen Aussage ist der Prozentsatz für eine Zustimmung so hoch wie bei dieser Aussage. Für keinen Teilnehmer spielen die Sicherheitsbedenken gar keine Rolle.

Es wird deutlich, dass das Thema Sicherheit für die Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing eine sehr wichtige Rolle spielt. Die Anbieter der Cloud-Services müssen sicherstellen, dass die komplexen Datenschutzbestimmungen erfüllt und hohe Sicherheitsvorkehrungen garantiert werden.

Aussage: Die Auslagerung eines ressourcenintensiven Dienstes in die Cloud kann aufgrund des nutzungsabhängigen Abrechnungsmodells zu Kostennachteilen führen

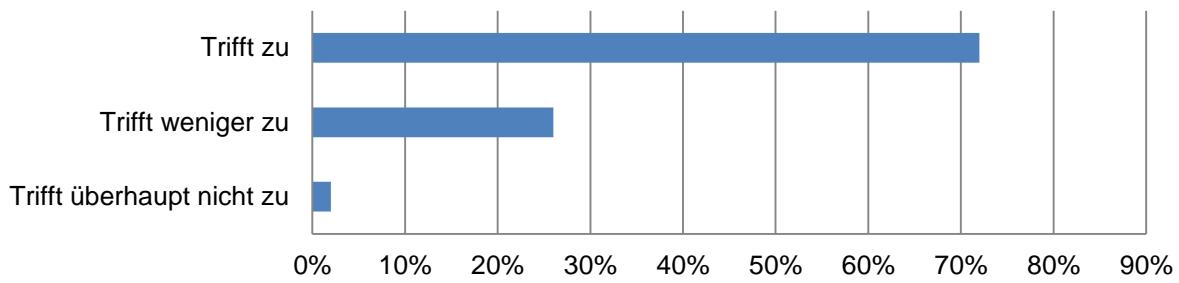


Abbildung 22: Aussage zu potentiellen Kostennachteilen

Mit dieser Aussage soll eingeschätzt werden, ob eine Auslagerung von Cloud-Diensten in die Public Cloud prinzipiell billiger als eine traditionelle Bereitstellung ist. Knapp drei Viertel der befragten Befragten können sich vorstellen, dass Cloud Computing auch zu Kostennachteilen führen kann. Nur ein Teilnehmer sieht keine Kostennachteile durch das nutzungsabhängige Abrechnungsmodell.

Die Kostennachteile im Vergleich zur traditionellen Lizenzvergabe entstehen durch die nutzungsabhängige Abrechnung bei hoher Nutzung. Als Konsequenz sollten nicht zu hohe Erwartungen in Cloud Computing gesetzt werden. Die Nutzung von Cloud Computing muss in jedem Einzelfall evaluiert werden.

Aussage: Cloud Computing ermöglicht Kostenvorteile durch niedrige Kosten für den Betrieb der notwendigen Dienste

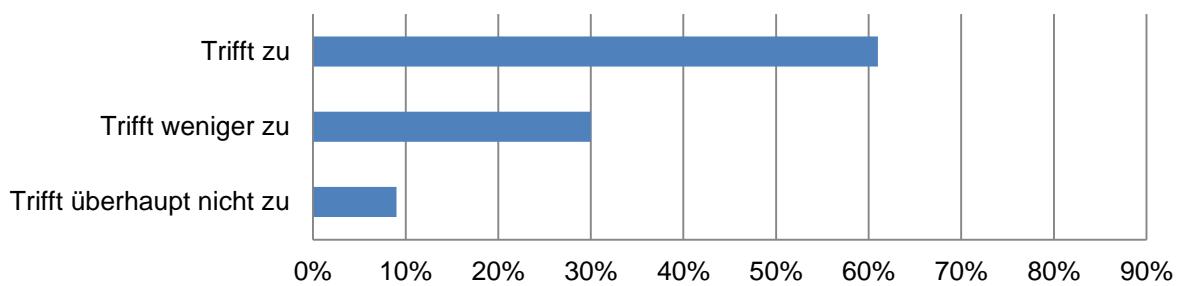


Abbildung 23: Aussage zu potentiellen Kostenvorteilen

Die Literatur und die Anbieter der Cloud-Services sehen Kostenvorteile als wesentlichen Vorteil von Cloud Computing. Die Befragten stimmen dieser Tatsache nur bedingt zu. 60% der Teilnehmer sehen die Möglichkeit einer Kostensparnis. 40% der Teilnehmer sind nicht überzeugt, dass Cloud Computing zu Kostenvorteilen führt.

Es ist eine Skepsis bei den befragten Teilnehmer bezüglich der Kostenfrage erkennbar. Die Anbieter der Cloud-Services müssen den potentiellen Kunden aufzeigen, unter welchen

Umständen sich durch Cloud Computing Kostenvorteile ergeben können. Weitere Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz werden in Kapitel 6.2 erläutert.

Aussage: Bei einer Auslagerung von Diensten in die Cloud besteht die Gefahr von Widerständen seitens der Mitarbeiter

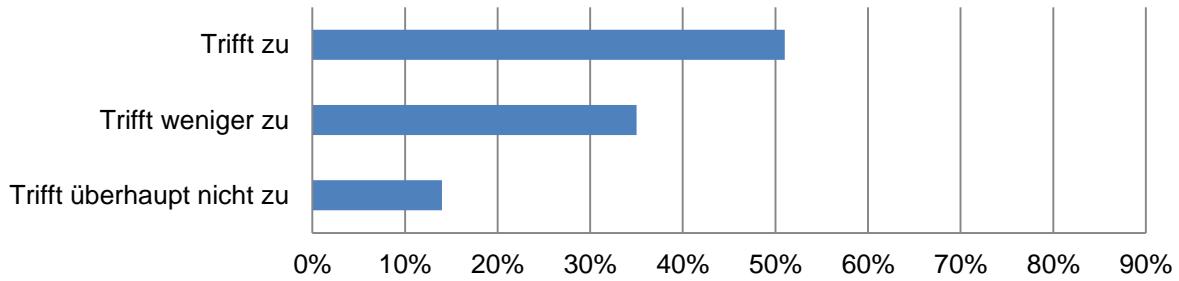


Abbildung 24: Aussage zu sozialen Risiken

Geteilte Meinungen sind bei der Aussage zu den sozialen Auswirkungen von Cloud Computing festzustellen. Während etwas mehr als die Hälfte der Teilnehmer keine Widerstände von den betroffenen Mitarbeiter erwarten, sehen fast genauso viele der Befragten die sozialen Veränderungen als problematisch an.

Auch wenn durch Cloud Computing neue IT-Aufgaben entstehen, ist bei einer Auslagerung großer Teile des Rechenzentrums ein Stellenabbau inklusive Mitarbeiterwiderständen kaum zu vermeiden. Durch den Stellenabbau sind Mitarbeiterwiderstände wahrscheinlich.

Aussage: Cloud Computing ermöglicht den Zugang zu spezifischem Expertenwissen

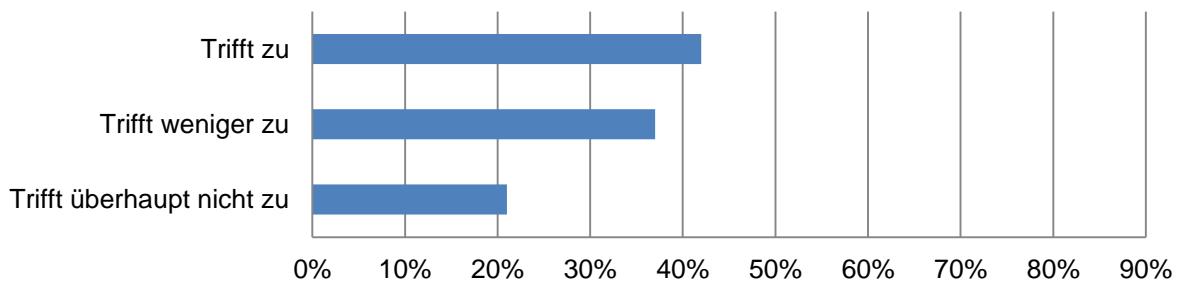


Abbildung 25: Aussage zu spezifischem Expertenwissen

Die Aussage zum Zugang zu spezifischen Expertenwissen ist eine der wenigen Aussagen, bei denen die Zustimmung geringer als die Ablehnung ist. Die befragten Teilnehmer gehen größtenteils davon aus, dass ein Cloud-Dienstleister keinen Zugang zu spezifischem Expertenwissen ermöglicht.

Die Einschätzung der Befragten ist schwer nachvollziehbar, da die Anbieter durch die gebündelte und konzentrierte Bereitstellung der Cloud-Services Erfahrungswissen auf dem jeweiligen Gebiet aufbauen können. Aufgrund fehlender Skaleneffekte kann der Anwender

Expertenwissen in dieser Form nicht im eigenen Unternehmen aufbauen. Durch das Expertenwissen kann der Anwender auf den momentan geforderten Funktionsumfang der Branche zugreifen. In diesem Bereich ist Aufklärungsarbeit zu leisten, da den Unternehmen die Vorteile des Zugriffs auf das Expertenwissen nicht bewusst sind.

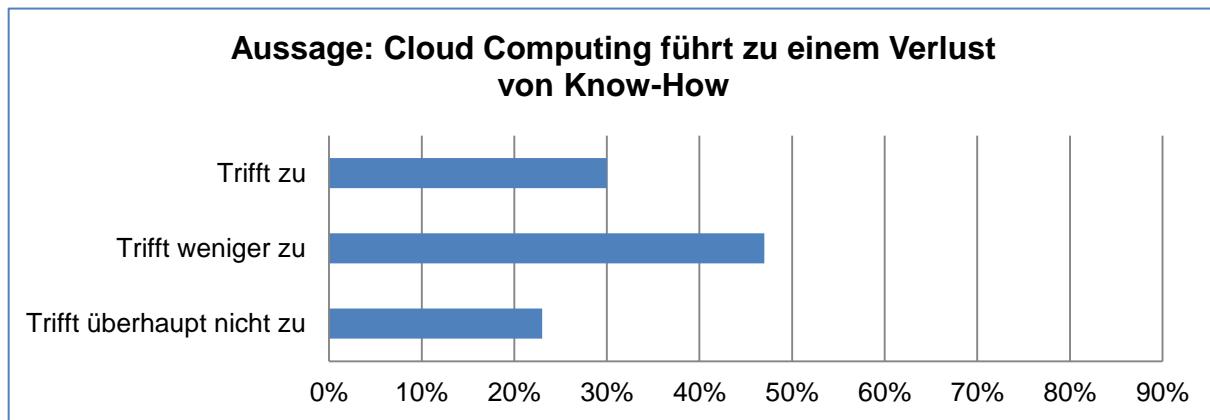


Abbildung 26: Aussage zu Verlust von Know-How

Auch bei der Aussage zum Verlust von Know-How stimmt der Großteil der Befragten einem Verlust an Know-How nicht zu. Besonders die Fachkräfte/Spezialisten der Unternehmen, die das Know-How im Unternehmen repräsentieren, zweifeln an der Aussage.

Erklärbar ist das Ergebnis durch die Tatsache, dass die Bereitstellung von IT-Leistungen für den Großteil der Unternehmen keine Kernkompetenz darstellt. Aus diesem Grund hält sich der Know-How-Verlust in Grenzen.

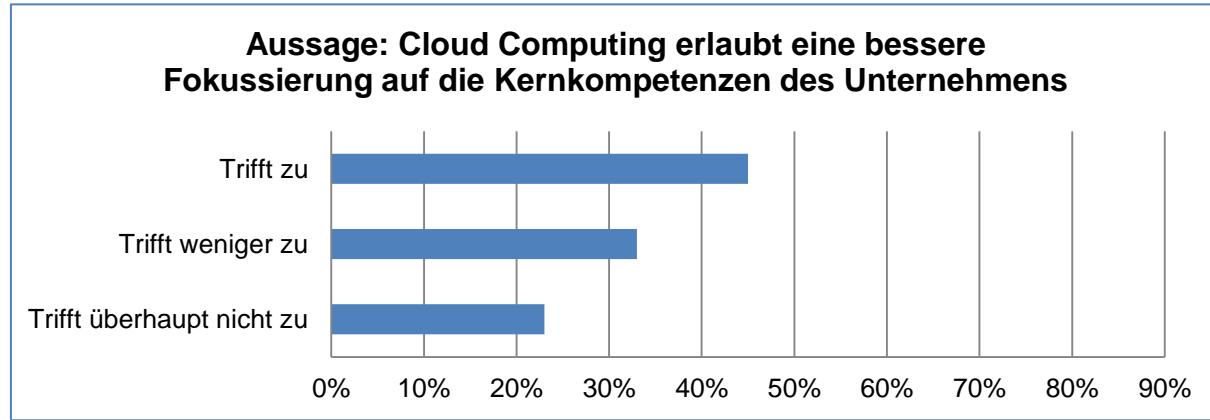


Abbildung 27: Aussage zur Fokussierung auf die Kernkompetenzen

Uneinigkeit ist bei der Aussage zur Fokussierung auf die Kernkompetenzen zu erkennen. Viele Teilnehmer sehen trotz Auslagerung von IT-Diensten keine oder nur eingeschränkte Möglichkeiten, sich verstärkt auf die Kernkompetenzen zu fokussieren.

Es werden zwar weniger personelle und finanzielle Ressourcen für traditionelle, operative IT-Aufgaben benötigt, doch es entstehen gleichzeitig neue Aufgabenfelder wie beispielsweise

die Auswahl und Überwachung der Cloud-Services. Im Endeffekt werden bei einer Auslagerung der Dienste unter Umständen keine oder nur wenige Ressourcen für die Kernkompetenzen der Unternehmen frei.

Aussage: Die Standardisierung von Cloud-Services führt zu einer fehlenden Anpassbarkeit an individuelle Bedürfnisse

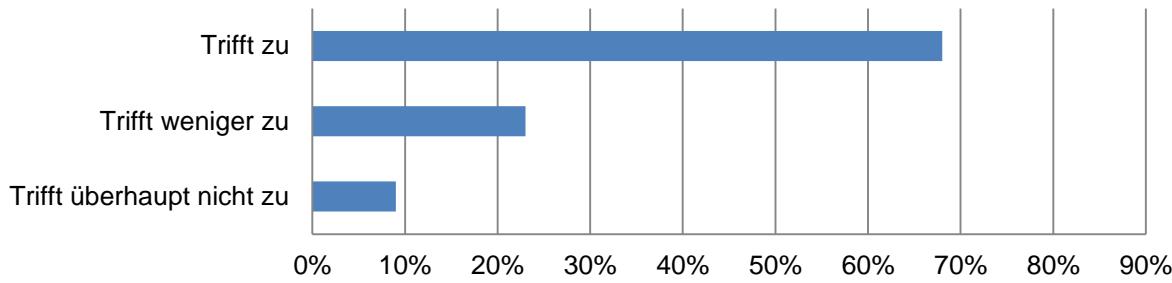


Abbildung 28: Aussage zur fehlenden Anpassbarkeit der Cloud-Dienste

Eine Mehrheit der Befragten sieht die hohe Standardisierung der Cloud-Services als Problem an, da Anpassungen an individuelle Bedürfnisse kaum möglich sind. Für ein Drittel der befragten Teilnehmer trifft diese Problematik nicht oder nur begrenzt zu.

Aufgrund der fehlenden Anpassbarkeit eignet sich Cloud Computing im Vergleich zu unternehmensspezifischen Anwendungen eher für weitestgehend standardisierte Vorgänge wie beispielsweise CRM.

Aussage: Bei Cloud Computing fehlt die Zukunftssicherheit da die langfristige Existenz des Anbieters nicht garantiert werden kann

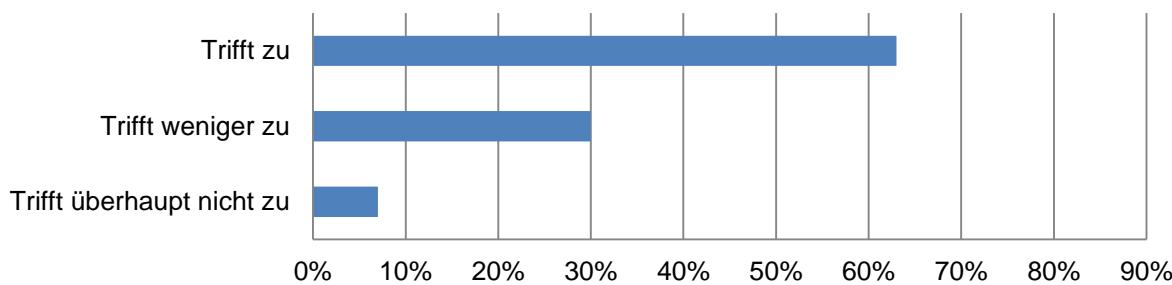


Abbildung 29: Aussage zur fehlenden Zukunftssicherheit

Im Hinblick auf die Zukunftssicherheit sehen knapp über 60% der befragten Teilnehmer ein Problem. Über ein Drittel der Befragten sehen diese Thematik weniger problematisch an.

Wenn Leistungen ausgelagert werden, stellt sich immer die Frage nach der Zukunftssicherheit des Anbieters. Besonders bei Cloud Computing, das durch kurze Vertragslaufzeiten gekennzeichnet ist, wird die Zukunftssicherheit als wichtig eingeschätzt.

Auch bei traditioneller Standardsoftware, die unternehmensintern betrieben wird, ist dieses Problem erkennbar. Ein Anbieterwechsel ist notwendig, wenn ein Anbieter nicht mehr existiert und Wartungsverträge auslaufen. Es muss vertraglich festgelegt werden, dass ein Anbieterwechsel technisch zeitnah möglich ist.

5.3.4. Nutzen und Probleme von Open-Source-Software

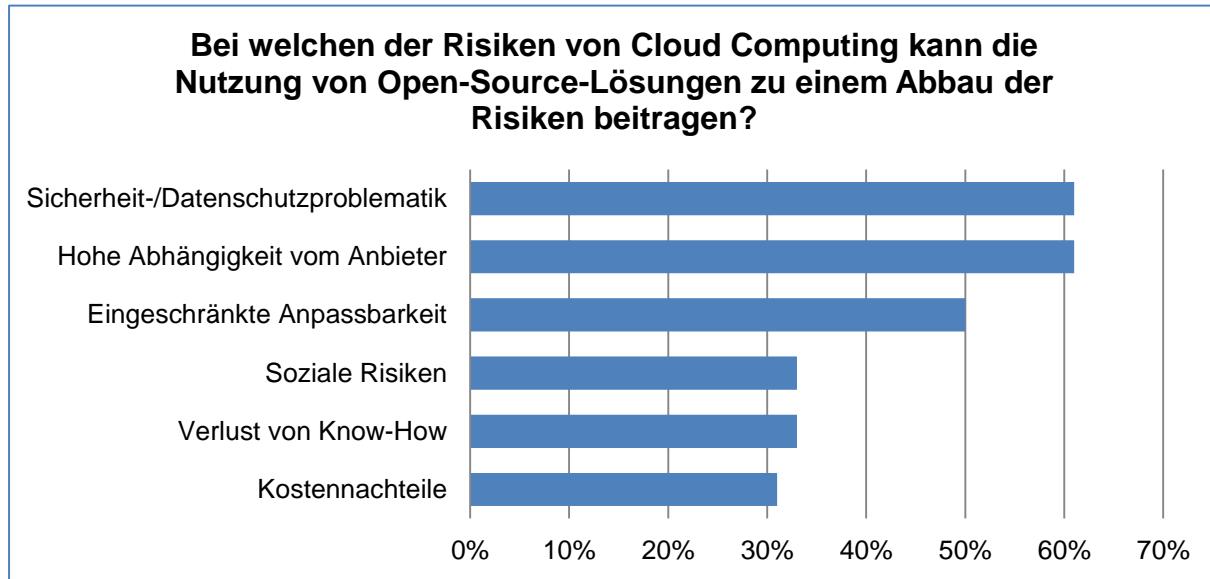


Abbildung 30: Beitrag von Open-Source-Software zum Abbau der Cloud-Risiken

Nach Einschätzung von über 60% der Umfrageteilnehmer kann Open-Source-Software vor allem bei folgenden Risiken von Cloud Computing Abhilfe schaffen: Bei der Sicherheit-/Datenschutzproblematik und bei der hohen Abhängigkeit von einem Anbieter. Ein hohes Sicherheitsniveau kann nur bei Open-Source-Software mit dem vollständig einsehbaren Quellcode garantiert werden, da keine Backdoors von Unternehmen oder Staaten eingebaut werden können. Die Abhängigkeit von einem Anbieter kann durch einen erleichterten Anbieterwechsel reduziert werden, da Open-Source-Lösungen auf offenen Standards und Dateiformaten aufbauen. Durch die Nutzung von Open-Source-Software kann die Abhängigkeit von einem Anbieter zusätzlich durch offene Schnittstellen zu Diensten von anderen Anbietern reduziert werden, sodass nicht alle Komponenten der IT-Architektur vom gleichen Anbieter bezogen werden müssen.

Das Risiko der eingeschränkten Anpassbarkeit kann durch Open-Source-Software reduziert werden, da aufgrund des offenen Quellcodes die Implementierung von Anpassungen und Erweiterungen der Cloud-Dienste möglich ist. Nur 31% der Teilnehmer sind der Meinung, dass mögliche Kostennachteile von Cloud Computing durch Lizenzkosten Open-Source-Software abgeschwächt werden können. Es wird deutlich, dass Open-Source-Software nicht prinzipiell günstiger als proprietäre Software eingeschätzt wird.

Die Risiken von Cloud Computing, die mit Open-Source-Software reduziert werden können, werden in Kapitel 6.2.2 erneut aufgegriffen.

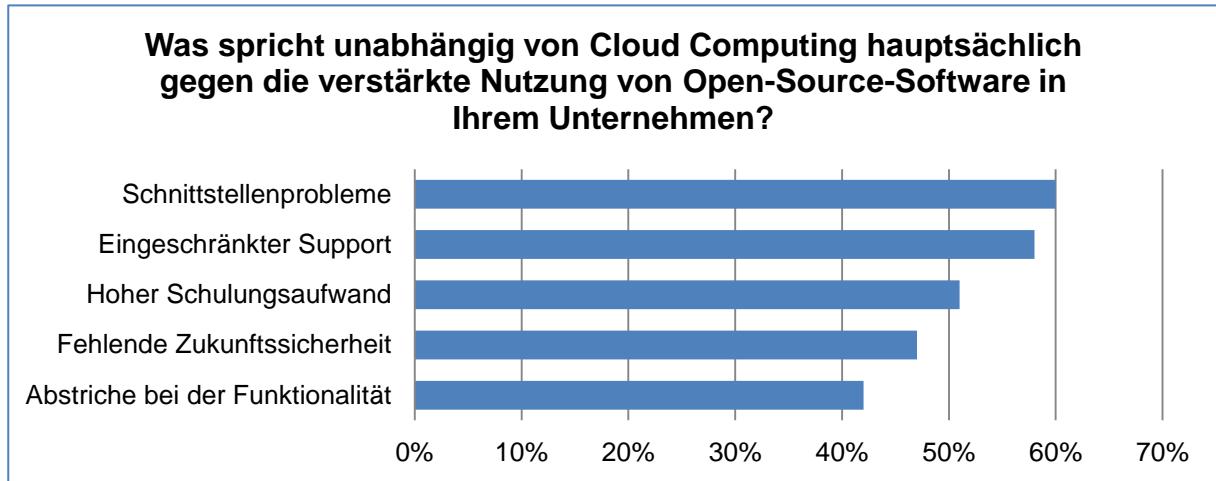


Abbildung 31: Nachteile von Open-Source-Software

Die befragten Teilnehmer sehen als Hauptproblem von Open-Source-Software die Schnittstellenproblematik zu proprietärer Software an. Auch der eingeschränkte Support und der hohe Schulungsaufwand werden von mehr als 50% der Befragten als Hinderungsgründe genannt. Im Vergleich zu den anderen Antwortmöglichkeiten wurden Abstriche bei der Funktionalität als am wenigsten problematisch eingeschätzt. Es lässt sich ableiten, dass Open-Source-Software hinsichtlich der Funktionalität in vielen Fällen mit kommerzieller Software konkurrieren kann.

5.3.5. Einsatz von Cloud Computing und Open-Source-Software

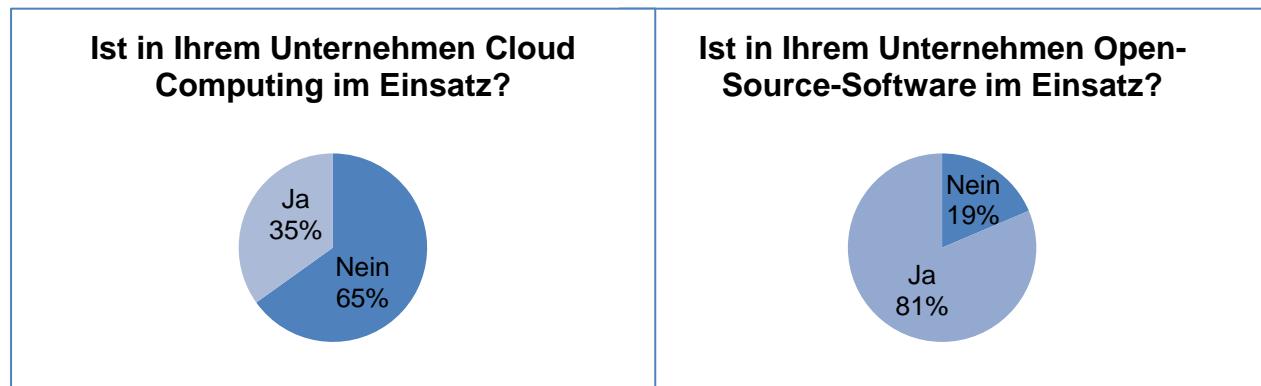


Abbildung 32: Aktuelle Nutzung von Cloud Computing und Open-Source-Software

35% der Teilnehmer haben angegeben, dass Cloud Computing in Ihrem Unternehmen bereits im Einsatz ist. Open-Source-Lösungen sind deutlich weiter verbreitet und in der Praxis etabliert, was sich in einer hohen Einsatzquote von 81% äußert.

Eine Einsatzquote von 35% erscheint sehr hoch, da Cloud Computing ein junges Konzept ist, dass im Jahr 2011 oft als Nischen-Technologie ohne Praxisrelevanz angesehen wird. Die

Resonanz auf diese Frage belegt, dass Cloud Computing in der Praxis angekommen ist. Eine weitere mögliche Erklärung für die hohe Prozentzahl ist die Verwechslung von Cloud Computing mit traditionellem Hosting.

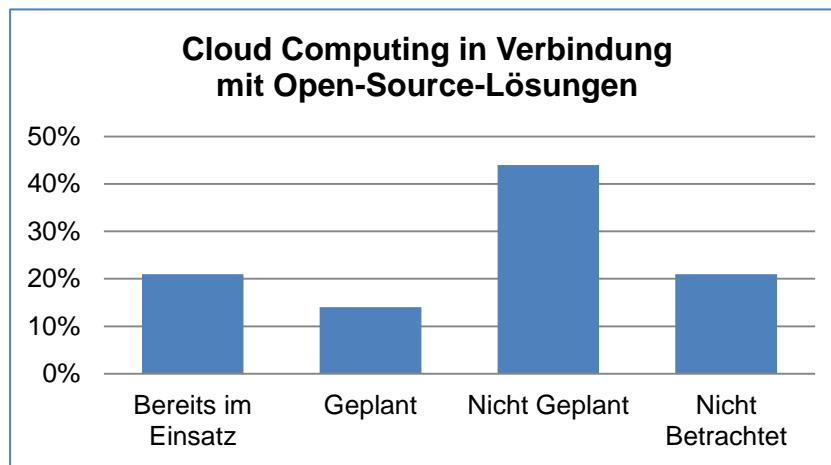


Abbildung 33: Aktuelle Nutzung von Open-Source-Lösungen in der Cloud-Architektur

Prinzipiell sind die Teilnehmer für den Einsatz von Open-Source-Software innerhalb der Cloud-Architektur offen, da bereits 21% der Befragten beide Technologien im Einsatz haben. Weitere 14% der Teilnehmer haben den Einsatz in Zukunft geplant.

5.3.6. Aktuelle Nutzung der organisatorischen Cloud-Architektur

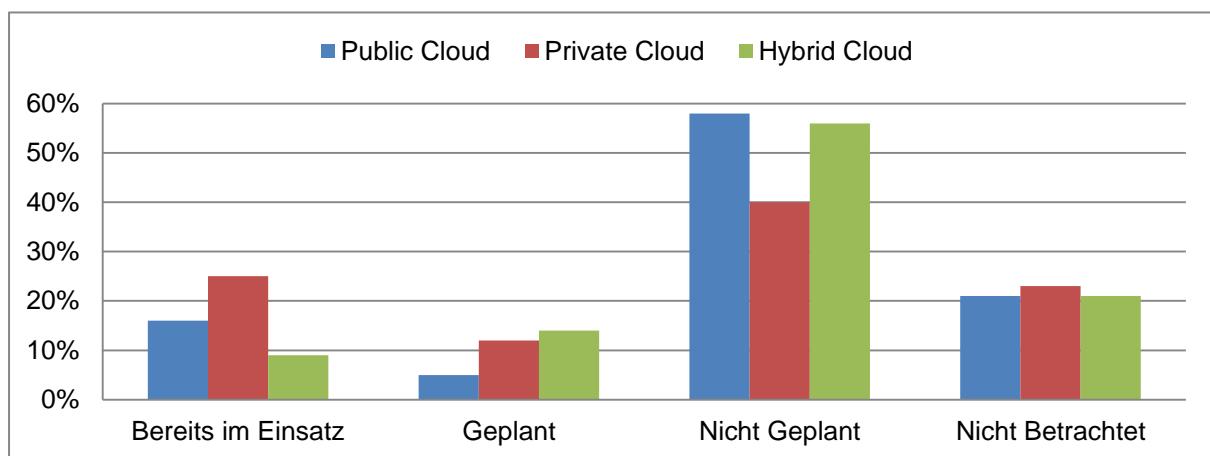


Abbildung 34: Aktuelle Nutzung der organisatorischen Cloud-Architektur

Die Frage nach der organisatorischen Cloud-Architektur hat ergeben, dass weniger als 20% der Teilnehmer Dienste aus der Public Cloud nutzen. Die Private Cloud ist mit 25% die am häufigsten eingesetzte Organisationsform. Trotz des Hypes um Cloud Computing planen nur 5% der Befragten die Nutzung von Diensten aus der Public Cloud. Den Einsatz einer Private Cloud planen 12%. Die Hybrid Cloud ist mit einer Einsatzquote von 9% im Vergleich zur Public und Private Cloud am wenigsten verbreitet. Bezuglich des geplanten Einsatzes wird die Hybrid Cloud mit 14% im Vergleich zu den anderen beiden Architekturvarianten am häufigsten genannt. Jeweils etwas über 20% der Teilnehmer haben sich noch nicht mit der

Thematik auseinandergesetzt. Mindestens 40% der Teilnehmer haben sich mit den verschiedenen Organisationsformen auseinandergesetzt und sich dagegen entschieden.

Die Beliebtheit der Private Cloud zeigt, dass viele Unternehmen Ihre Daten im eigenen Unternehmen vorhalten wollen. Die Akzeptanz der Public Cloud ist gering, da sich die Befragten vor der Herausgabe der Daten scheuen. Für einen zukünftigen Einsatz ist das Konzept der Hybrid Cloud attraktiv, da je nach Anwendungsfall entschieden werden kann, welche Dienste ausgelagert werden und welche Dienste im eigenen Unternehmen verbleiben.

5.3.7. Aktuelle Nutzung der technischen Cloud-Architektur

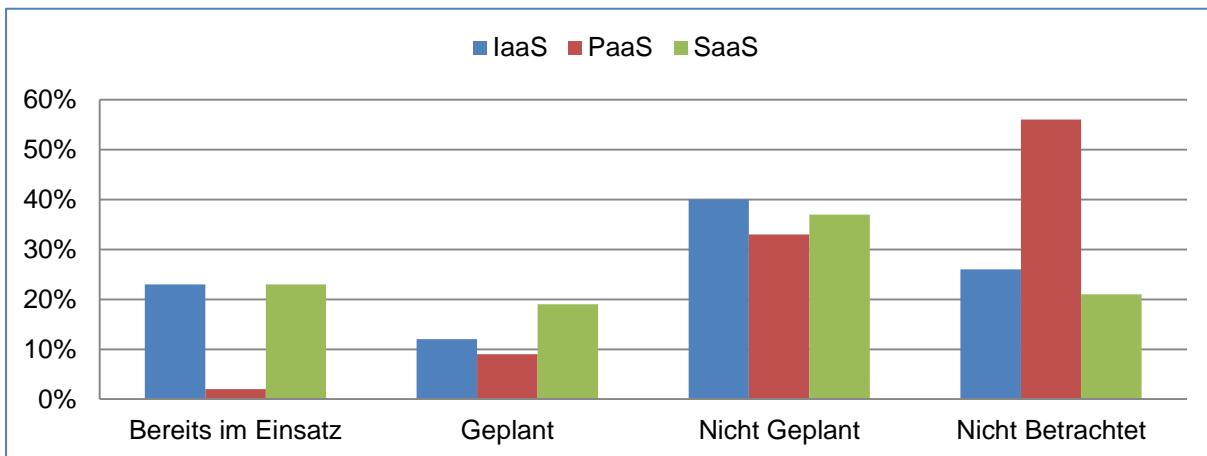


Abbildung 35: Aktuelle Nutzung der technischen Cloud-Architektur

IaaS und SaaS werden innerhalb der technischen Cloud-Architektur mit einer Einsatzquote von 23% am häufigsten eingesetzt. Abgeschlagen an dritter Stelle ist PaaS, das nur von einem einzelnen Unternehmen eingesetzt wird. Die Akzeptanz von PaaS ist bei den befragten Teilnehmern sehr gering. Knapp 90% haben den Einsatz von PaaS nicht geplant oder nicht betrachtet. SaaS spielt in Zukunft die wichtigste Rolle von den drei Architekturvarianten, da knapp 20% der Unternehmen den verstärkten Einsatz von SaaS planen.

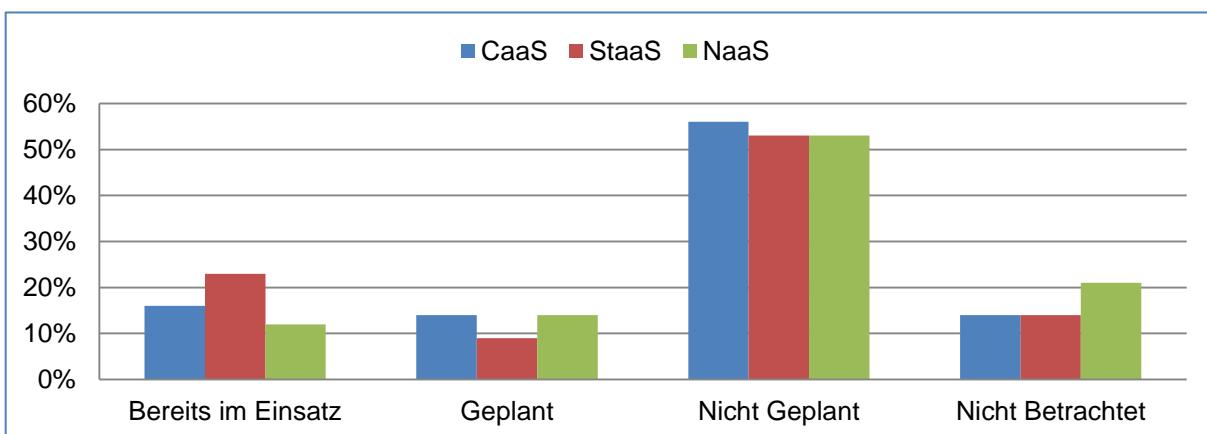


Abbildung 36: Aktuelle Nutzung von Infrastructure-as-a-Service

Im IaaS-Bereich ist der Bezug von Speicherkapazität (StaaS) mit mehr als 20% am weitesten verbreitet, gefolgt von dem Bezug von Rechenkapazität (CaaS) und dem Bezug von Netzwerkressourcen (NaaS). In allen drei Teilbereichen haben über 50% der Teilnehmer den Einsatz der Services nicht geplant. Nur ein geringer Prozentsatz der Teilnehmer hat sich noch nicht mit dem Bezug von IaaS auseinandergesetzt. Die Beliebtheit von StaaS lässt sich durch die einfache und schnelle Nutzung der Services erklären. Für den steigenden Bedarf an Speicherplatz und die punktuelle Ablage großer Datenmengen bieten sich die ausgereiften StaaS-Dienste der Anbieter wie Amazon an. Im Gegensatz zu StaaS ist bei CaaS und NaaS die Einbettung der Dienste in die IT-Infrastruktur aufwendiger.

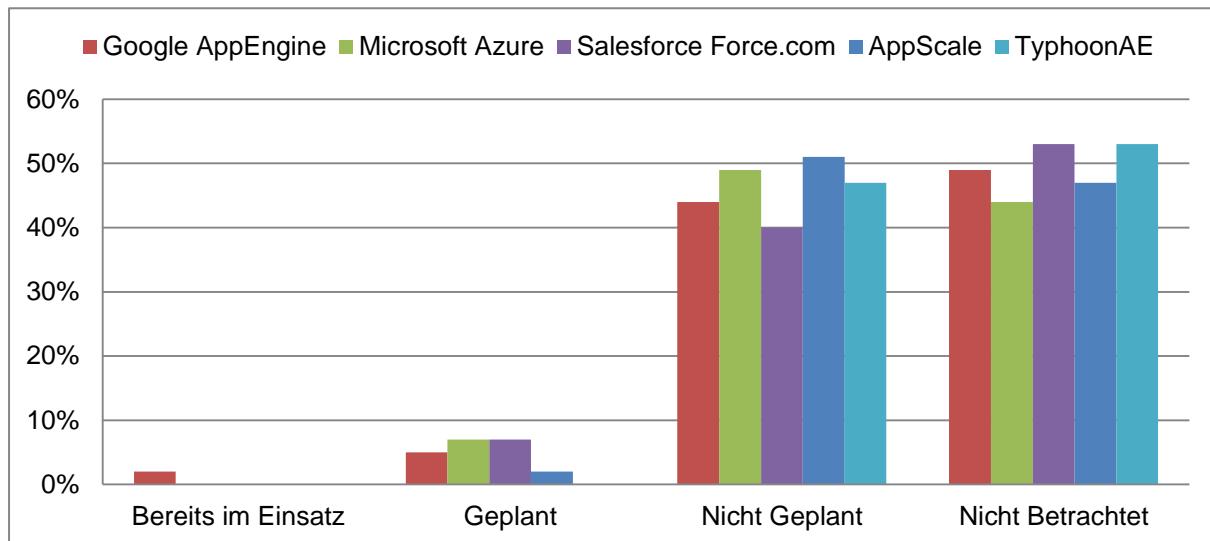


Abbildung 37: Aktuelle Nutzung von Platform-as-a-Service

Bei den proprietären PaaS-Lösungen zeigt sich deutlich, dass die Akzeptanz von PaaS noch sehr gering ist. Nur ein Unternehmen hat die Plattform von Google im Einsatz. Sowohl die Microsoft Windows Azure Plattform als auch die Force.com Plattform sind bei keinem Unternehmen im Einsatz. Keiner der Befragten hat angegeben, dass die beiden Open-Source-Lösungen AppScale und TyphoonAE bereits im Einsatz sind. Auch in Zukunft planen nur sehr wenige Unternehmen den Einsatz von PaaS. Nur ein Unternehmen plant den Einsatz von AppScale.

Ein möglicher Grund für die Zurückhaltung der Unternehmen ist die hohe Abhängigkeit von einem proprietären Plattform-Anbieter. Dieses Problem kann durch eine Plattform in der Private Cloud mit Hilfe von Open-Source-Lösungen wie AppScale oder TyphoonAE entschärft werden.

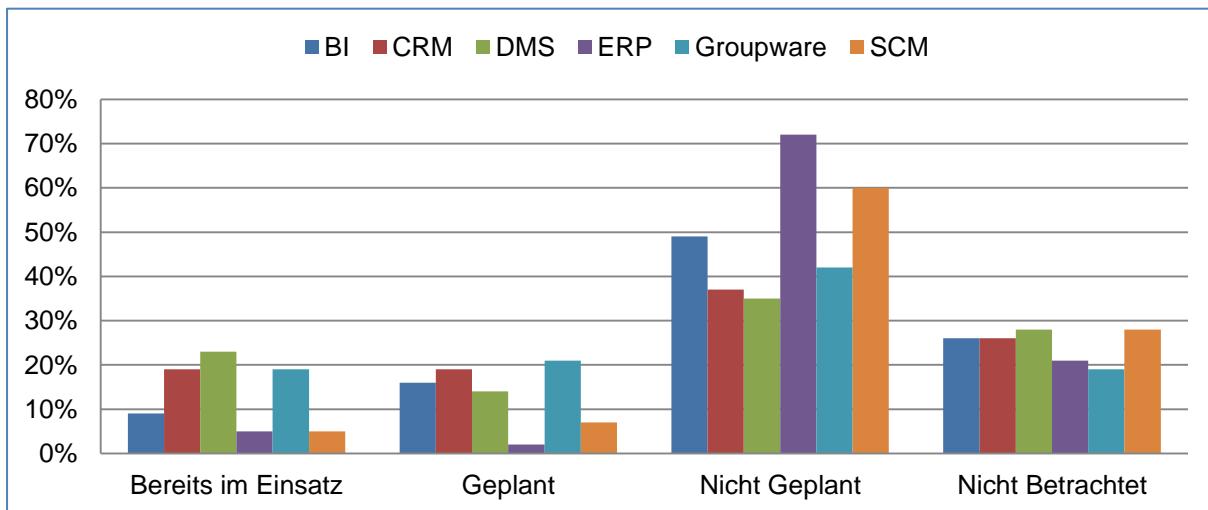


Abbildung 38: Aktuelle Nutzung von Software-as-a-Service

23% der Teilnehmer haben angegeben, dass in ihrem Unternehmen ein SaaS-DMS im Einsatz ist. Selbst CRM-Software im SaaS-Bereich, die sich durch standardisierte Prozesse besonders für Cloud Computing eignet, erreicht mit 19% einen geringeren Prozentsatz als SaaS-DMS. In Zukunft werden den Bereichen CRM und Groupware die größten Chancen eingeräumt. SaaS-Groupware wird ebenfalls von 19% der Befragten eingesetzt, gefolgt von BI mit 9%. Neben dem Supply Chain Management ist die Akzeptanz für SaaS bei ERP-Lösungen am geringsten, da 90% der Teilnehmer einen Einsatz entweder nicht geplant oder nicht betrachtet haben.

Angesichts der wenigen Anbieter von SaaS-DMS und der eingeschränkten Eignung von DMS für SaaS ist dieses Ergebnis überraschend. Sinnvolle Einsatzmöglichkeiten eines SaaS-DMS sind im Jahr 2011 auf den Bereich der Langzeitarchivierung beschränkt, da für aktives Arbeiten mit den Dokumenten die Bandbreiten zu gering sind.

5.4. Zusammenfassung

Die folgende Zusammenfassung der Umfrageauswertung wurde als Executive Summary an interessierte Teilnehmer per E-Mail versendet.

43 Teilnehmer haben an der Umfrage zum Thema Cloud Computing und Open-Source-Software teilgenommen. Mit 28% sind Mitarbeiter von IT-Dienstleistern am stärksten vertreten, gefolgt von den beiden Branchen Handel und Verlage/Informationsdienste. Ein Großteil der teilnehmenden Unternehmen beschäftigt weniger als 10 Mitarbeiter und hat einen Jahresumsatz von weniger als 2 Millionen Euro. 88% der Teilnehmer sind Führungskräfte und 12% Fachkräfte.

Bedeutung von Cloud Computing:

- Knapp 70% der Befragten sehen die Bedeutung von Cloud Computing in der IT-Architektur im Jahr 2011 als niedrig oder sehr niedrig an.
- Nach Einschätzung der meisten Befragten wird das Thema Cloud Computing in Zukunft eine wesentlich größere Bedeutung spielen als im Jahr 2011.

Nutzung von Cloud Computing und Open-Source-Software:

- 35% der Teilnehmer haben Cloud Computing in Ihrem Unternehmen bereits im Einsatz.
- Open-Source-Lösungen sind in der Praxis mit einer Einsatzquote von 81% etabliert.
- Organisatorische Cloud-Architektur: Die Private Cloud ist mit 25% am weitesten verbreitet, gefolgt von der Public Cloud mit 16% und der Hybrid Cloud mit 9%.
- Technische Cloud-Architektur: Infrastructure-as-a-Service (IaaS) und Software-as-a-Service (SaaS) sind mit jeweils 23% am weitesten verbreitet, gefolgt von Platform as-a-Service (PaaS) mit 2%. Die Akzeptanz von PaaS ist aufgrund der Abhängigkeit von einem proprietären Anbieter sehr gering. Im IaaS-Bereich ist Storage-as-a-Service (StaaS) mit über 20% am weitesten verbreitet. Dokumentenmanagementsysteme (DMS) sind im SaaS-Bereich am beliebtesten. Ein sinnvoller Einsatz eines SaaS-DMS ist aufgrund der limitierten Bandbreiten momentan auf die Langzeitarchivierung beschränkt.

Beurteilung von Cloud Computing:

- Die Datensicherheit wird von 83% der Befragten als Risiko angesehen.
- Skepsis ist bezüglich der Kostenfrage anzutreffen: 40% der Teilnehmer sind nicht davon überzeugt, dass Cloud Computing zu Kostenvorteilen führt. Knapp 75% der Befragten kann sich vorstellen, dass Cloud Computing durch die nutzungsabhängige Abrechnung bei hoher Nutzung auch zu Kostennachteilen führen kann.
- Weitere Probleme: fehlende Anpassbarkeit (68%), fehlende Zukunftssicherheit (63%).

Beurteilung von Open-Source-Software:

- Open-Source-Software kann hauptsächlich zum Abbau der folgenden Risiken von Cloud Computing beitragen: Sicherheit-/Datenschutzproblematik (61%), hohe Abhängigkeit von einem Anbieter (61%), eingeschränkte Anpassbarkeit der Cloud-Services (50%).
- Hauptprobleme von Open-Source-Software: Schnittstellenproblematik zu anderer Software (60%), eingeschränkter Support (58%), hoher Schulungsaufwand (51%).

Nachdem Cloud Computing und Open-Source-Software im Rahmen der quantitativen Analyse untersucht wurden, werden im nächsten Kapitel die Ergebnisse der Experten-Interviews präsentiert.

6. Qualitative Analyse

Im Rahmen der qualitativen Analyse wurden Interviews mit Experten im Themenbereich Cloud Computing und Open-Source-Software durchgeführt.

Mit folgenden Personen wurde ein Interview durchgeführt:

Name	Arbeitgeber	Position	Branche / Bereich	Größe der Institution
Horst Bräuner	Stadt Schwäbisch Hall	IT-Leiter	Öffentlicher Sektor (Anwender)	Mittel
Jürgen Falkner	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation	Leiter Competence Team Softwaretechnik	Consulting, Forschungsprojekte	Mittel
Martin Hansl	freiberuflicher Unternehmer	Geschäftsführer	Technische Dienstleistung (Anwender)	Klein
Prof. Dr. Dieter Hertweck	Hochschule Heilbronn	Leiter Electronic Business Institut	Forschungsprojekte	Klein
Michael Jaekel	Siemens AG	Director Global Business Innovation & Sales	IT-Dienstleistung (Anbieter)	Groß
Dr. Martin Reti	T-Systems International GmbH	Marketing Alignment Manager	IT-Dienstleistung (Anbieter)	Groß
Thomas Schäffer	medimart GmbH	Geschäftsführer	Dentalbranche (Anwender)	Klein
Oliver Schulze	Agorum Software GmbH	Geschäftsführer	IT-Dienstleistung (Anbieter)	Klein
Thomas Uhl	Deutsche Wolke	VP Global Business Development	IT-Dienstleistung (Anbieter)	Klein

Tabelle 10: Interview-Partner

Folgende Punkte wurden mit den Interviewpartnern diskutiert:

- Momentane und zukünftige Einschätzung des Themengebiets Cloud Computing
- Aktuelle Einsatzmöglichkeiten von Cloud Computing
- Vorteile von Cloud Computing
- Hinderungsgründe, die gegen die Nutzung eines Cloud-Dienstes sprechen
- Abschwächung der Hinderungsgründe
- Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz
- Die Rolle von Open-Source-Software für Cloud Computing

Zusätzlich wurde mit Herr Bräuner, Herr Schulze und Herr Uhl die Deutsche Wolke diskutiert, da diese drei Personen aktiv an der Deutschen Wolke beteiligt sind.

Die Ergebnisse der Interviews werden in den folgenden Kapiteln zusammengefasst. Zunächst wird auf die momentane Einschätzung des Themengebiets Cloud Computing eingegangen, gefolgt von Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing. Zwei Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz werden ausführlich betrachtet: Die Nutzung von Open-Source-Software in der Cloud-Architektur sowie die Deutsche Wolke. Anschließend wird ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung präsentiert und eine kurze Zusammenfassung dargestellt. Auf die Hinderungsgründe und deren Abschwächung wird ausführlich im Rahmen der Handlungsempfehlungen in Kapitel 7.1 und 7.2 eingegangen.

6.1. Momentane Einschätzung von Cloud Computing

Im Folgenden wird auf die momentane Einschätzung der Experten hinsichtlich des Themenbereichs Cloud Computing eingegangen. Nachdem die derzeitige Bedeutung von Cloud Computing erläutert wurde, werden momentane Einsatzmöglichkeiten beschrieben. Im Anschluss wird der Zusammenhang von Cloud Computing und der Unternehmensgröße untersucht, gefolgt von der Einschätzung, bis zu welchem Ausmaß eine Auslagerung von IT-Diensten zum jetzigen Zeitpunkt sinnvoll ist.

6.1.1. Derzeitige Bedeutung von Cloud Computing

Zur Einordnung der Thematik wurde nach der Definition von Cloud Computing gefragt und worin sich Cloud Computing von bereits bekannten Technologien unterscheidet. Die Interview-Partner sind sich einig, dass Cloud Computing keine grundlegend neue Technologie ist. Es handelt sich um eine intelligente Kombination bestehender Technologien. Ein treffender Vergleich von Herrn Falkner ist die Erfindung des Rads. In der Urform ist ein Rad ein gebogenes Stück Holz – trotzdem wird die Erfindung des Rads als Meilenstein erachtet, obwohl das Konzept und die Materialien im Grunde nichts Neues waren. Die zugrundeliegenden Basistechnologien von Cloud Computing wie beispielsweise Virtualisierungstechnologien sind teilweise schon Jahrzehnte vorhanden und wurden durch neue technische Möglichkeiten in den letzten Jahren verbessert. Der wesentliche Unterschied von Cloud Computing im Vergleich zu den Basistechnologien ist das zugrundeliegende Geschäftsmodell mit der nutzungsabhängigen Abrechnung von leicht skalierbaren Diensten.

Der Konkretisierungsgrad von Cloud Computing hat in den letzten zwei Jahren zugenommen. Cloud Computing kommt langsam bei KMU an, doch die Umsetzung von Diensten aus der Wolke wird von den Experten als zögerlich eingeschätzt. Die Kunden von Agorum sind beim Thema Cloud Computing und DMS laut Herr Schulze sehr zurückhaltend, was sich darin äußert, dass sich lediglich 1% der Kundenanfragen auf ein gehostetes DMS beziehen.

Bei vielen KMU sind sowohl auf der Anwender- als auch auf der Anbieterseite keine SOA-Strukturen vorhanden, die eine wichtige Voraussetzung für Cloud Computing sind. Nur durch eine auf die Bereitstellung und Nutzung von Diensten ausgelegte IT-Architektur können die Potentiale von Cloud Computing ausgenutzt werden.

Nach Meinung der Experten ist der entscheidende Vorteil von Cloud Computing die wegfallenden Kosten für den Aufbau und Betrieb einer eigenen IT-Infrastruktur. Die benötigten Dienste werden nur in dem Maße bezogen und in kleinen Beträgen abgerechnet, in dem sie genutzt wurden. In dieser Hinsicht war Amazon mit der Vermietung von überschüssiger Rechenkapazität im Rahmen des EC2-Geschäftsmodells ein Vorreiter. Weitere Vorteile sind laut den Experten die sofortige Verfügbarkeit und der einfache Zugriff auf die Dienste, so dass Cloud-Lösungen ausprobiert werden können. Viele Anwender scheuen momentan den langfristigen und monetären Einsatz von Cloud Computing über die Testphase hinaus.

Auf der Anbieterseite ist für die Bereitstellung von Cloud-Dienste eine hohe Effizienz durch Standardisierung und Automatisierung essentiell. Durch die notwendige Automatisierung können KMU auf Anbieterseite die Personalkosten senken und Skalen- sowie Synergieeffekte realisieren. Die Veränderungen durch Cloud Computing sind für die Anbieter aufgrund des neuen Geschäftsmodells und den tiefgreifenden Auswirkungen auf die Bereitstellung von Diensten gravierender als für die Anwender. Vor allem kleinere Software-Anbieter sehen momentan noch keine Möglichkeit mit Cloud Computing Geld zu verdienen, da die Nachfrage gering ist. Herr Schulze vom DMS-Anbieter Agorum sieht Cloud Computing im Jahr 2011 als eine Ergänzung des Geschäftsmodells, da es sich um ein Zukunftsthema handelt. Um bessere Chancen in der Zukunft zu haben, investiert Agorum bereits 2011 in ein Cloud-Angebot des hauseigenen DMS. Die Experten sehen die Gefahr, dass für KMU wie Systemhäuser das Geschäftsmodell wegbreicht, da als Zwischenhändler mit dem Verkauf von Software im Cloud-Geschäftsmodell kaum Umsätze generiert werden können. Die Cloud-Dienste werden direkt von den großen Anbietern wie Microsoft bezogen und nicht von Systemhäusern als Zwischenhändler. Als alternatives Geschäftsmodell bietet sich für Systemhäuser der Wechsel in die Beratung oder das Themengebiet Managed Services mit der Auswahl und Integration von Cloud-Dienstleistungen vor Ort beim Kunden an. Dieselbe Problematik existiert für Systemhäuser, die Hardware verkaufen, da durch Cloud Computing in der Public Cloud keine eigene Hardware notwendig ist.

Die internen Änderungen in der Software für die Umsetzung des nutzungsabhängigen Abrechnungsmodells sind für die Anbieter wie Agorum sehr aufwändig. Herr Schulze von Agorum sieht beispielsweise das Zählen der Dokumente für die nutzungsabhängige Abrechnung des DMS als problematisch an. Aus diesem Grund erfolgt die Umsetzung der nutzungsabhängigen Abrechnung bei den Anbietern nur zögerlich. Das neue Geschäftsmodell bietet

sich für die Cloud-Dienstleister an, da der Kundenbedarf durch die fehlende Planungsgrundlage des neuen Geschäftsmodells unbekannt ist und die Gefahr besteht, dass es für die Anbieter zu einem Verlustgeschäft wird. Den Kunden ist in vielen Fällen selbst nicht bewusst, wie viele Ressourcen und Dienste benötigt werden. Bevor Flatrates mit unbegrenztem Volumen eingeführt werden, muss diese Ungewissheit durch für den Kunden teure nutzungsabhängige Tarife abgebaut werden. Herr Falkner betonte, dass dieselbe Situation bei Mobiltelefonen in den 90iger Jahren anzutreffen gewesen ist: Zu Beginn gab es aufgrund der fehlenden Planungsgrundlage nur nutzungsabhängige Tarife. Heute dominieren Flatrates. Als zukünftiges Preismodell für Cloud Computing ist laut den Experten eine Art Volumentarif denkbar, in dem eine bestimmte Anzahl an Ressourcen und der zugehörige Traffic enthalten sind. Nutzt der Anwender mehr Ressourcen als im Tarif vereinbart, wird der zusätzliche Bedarf nutzungsabhängig abgerechnet.

Die Experten sind sich einig, dass innerhalb der technischen Cloud-Architektur SaaS-Lösungen momentan nur vereinzelt und monolithisch eingesetzt werden, so dass mit Cloud Computing punktuell bestimmte Probleme gelöst werden. Die bereitgestellten Dienste als SaaS dienen der Ergänzung der vorhandenen IT-Infrastruktur und nicht als deren Ersatz. Es handelt sich um hochstandardisierte Insellösungen, da keine einheitlichen Schnittstellen vorhanden sind und Komplettangebote von Herstellern, deren Produkte mehrere Anwendungsbereiche abdecken und untereinander zusammenarbeiten, kaum vorhanden sind. Traditionell wird die Anwendungsschicht an die individuellen Bedürfnisse der Unternehmen angepasst. Bei Cloud Computing ist dies aufgrund der fehlenden Anpassbarkeit der standardisierten Dienste problematisch. Auch die IaaS-Dienste sind stark standardisiert und erlauben kaum Wettbewerbsvorteile für die Anbieter. Die hohe Standardisierung von SaaS und IaaS ist laut den Experten ein Zeichen für die zunehmende Industrialisierung in der IT.

Die großen PaaS-Anbieter Microsoft, Google und Salesforce versuchen die Anwender laut den Experten-Interviews an die jeweilige Plattform zu binden und einen de-facto Standard zu etablieren. Die Nutzung der Dienste von großen Unternehmen wie Microsoft verspricht Zukunftssicherheit, da Microsoft auch in einigen Jahren noch am Markt vertreten sein wird. Außerdem sind die Kosten für Schulungen geringer als bei kleineren Anbietern, da vielen Anwendern der Umgang mit Microsoft-Produkten vertraut ist. Der Nachteil der PaaS-Lösungen ist die hohe Abhängigkeit vom jeweiligen Anbieter. Bei Cloud Computing ist der Lock-In geringer als bei traditioneller Software, doch durch den Migrationsweg hin zu den Cloud-Dienstleistungen ist übereinstimmend mit den Ergebnissen der Umfrage auch bei Cloud Computing eine gewisse Herstellerabhängigkeit vorhanden. Das Ausmaß des Lock-Ins ist abhängig vom Betrachtungswinkel und kann unterschiedlich ausgelegt werden.

Wie bereits aus der quantitativen Marktanalyse in Kapitel 4 hervorgegangen ist, liegt auch nach Meinung der Experten der Fokus in der Praxis auf der Private Cloud. Hauptgründe für diese Tatsache sind die einfachere Rechtslage und der größere Einfluss des Anwenders auf die Cloud-Dienste. Eine wesentliche Anforderung an einen Cloud-Dienstleister ist für Herr Bräuner von der Stadt Schwäbisch Hall der deutsche Gerichtsstand des Unternehmens, da nur so die Datenschutzbestimmungen risikofrei eingehalten werden können. Als problematisch werden bei der Public Cloud die fehlende Transparenz und der nicht einschränkbare Nutzerkreis eingeschätzt.

Für die Auslagerung in die Public Cloud sind die zu geringen Bandbreiten im Jahr 2011 ein Problem, da ein effektives Arbeiten in der Cloud in bestimmten Anwendungsbereichen verhindert wird. Herr Schulze betonte, dass die zu übertragenen Dokumente bei datenintensiven Diensten wie DMS oder BI wesentlich größer als die Daten einer SaaS-Lösung im CRM-Bereich sind. Bei großen Nutzerzahlen, die gleichzeitig die Cloud-Services nutzen, stellt die Bandbreite auch bei weniger datenintensiven Anwendungsbereichen wie Groupware laut Prof. Hertweck ein Problem dar. Nur wenige Unternehmen können und wollen sich eine ausreichende Bandbreite für diese Zwecke zum momentanen Zeitpunkt leisten. Aus diesem Grund eignet sich Cloud Computing laut den befragten Experten für weniger datenintensive Anwendungsbereiche mit stark eingeschränktem Nutzerkreis wie CRM.

6.1.2. Einsatzmöglichkeiten

Im Jahr 2011 bietet sich Cloud Computing laut den befragten Experten besonders für folgende drei Einsatzmöglichkeiten besonders an:

- *Start-Ups*: Herr Dr. Reti betonte, dass sich der Aufbau eines eigenen Rechenzentrums für neue, kleine Unternehmen nur in Ausnahmefällen lohnt. Im Gegensatz zu bestehenden Unternehmen entfallen die Migrationskosten auf dem Weg in die Cloud, da von Beginn an Cloud-Strukturen genutzt werden können. Durch Cloud Computing wird die Gründung neuer Unternehmen für Investoren attraktiver, da die IT als großer Kostenblock nur eingeschränkt vorhanden ist. In extremen Fällen können alle Unternehmensaktivitäten durch Cloud-Dienste abgewickelt werden, so dass selbst ein Firmengebäude nicht notwendig ist. Für die jungen Unternehmen ergeben sich durch eine hohe Nutzung von unterschiedlichen Cloud-Diensten neue Probleme wie die Integration von unterschiedlichen Diensten verschiedener Anbieter.
- *Projekte*: Für zeitlich beschränkte Projekte wie Bauvorhaben mit mehreren Projektpartnern bietet sich für die beteiligten Unternehmen laut Herr Schulze die Nutzung von Cloud-Services aus der Public Cloud an. Dadurch wird eine gemeinsame Arbeitsgrund-

lage geschaffen, die die Zusammenarbeit erleichtert und fördert. Es muss keine eigene Infrastruktur betrieben werden, die nach Projektende überflüssig ist. Für Projekte eignen sich beispielsweise die Nutzung eines zentralen Cloud-DMS und die Zusammenarbeit mit einer Cloud-Groupware-Lösung.

- **Branchen:** Für bestimmte Branchen wie beispielsweise Rechtsanwälte oder die Dentalbranche bietet sich laut Herr Dr. Reti die Nutzung einer Community Cloud für branchenspezifische Cloud-Anwendungen an. Charakteristika der Community Cloud sind der eingeschränkte Nutzerkreis und die Ausrichtung der Cloud-Dienste auf die individuellen Bedürfnisse der jeweiligen Branche. Bei einer Branchen-Cloud müssen folgende Probleme gelöst werden: Es stellt sich die Frage nach der Gesamtverantwortung, da sowohl die Anbieter als auch die Nutzer der Cloud-Services bei der Verwaltung der Cloud mitentscheiden wollen. Außerdem müssen unterschiedliche Interessen der Unternehmen innerhalb der Cloud abgestimmt werden. Ein Beispiel für eine Branchen-Cloud ist JuriMart¹. JuriMart stellt Cloud-Funktionen für kleinere Anwaltskanzleien zur Verfügung.

6.1.3. Eignung für unterschiedliche Unternehmensgrößen

Für Herr Jaekel ist Cloud Computing aus der Public Cloud sowohl für kleine als auch für große Unternehmen geeignet. Die Potentiale und Risiken unterscheiden sich je nach Unternehmensgröße. Für KMU, die eingeschränkte personelle und finanzielle Ressourcen zur Verfügung haben, sind Kosteneinsparungen durch den externen Bezug der benötigten IT-Dienstleistungen möglich. Es können personelle Ressourcen freigesetzt werden, da kein eigenes Rechenzentrum betrieben werden muss. Aufgrund des begrenzten Know-How scheuen KMU das Risiko einer Investition in unbekannte neue Technologien wie Cloud Computing. Großunternehmen können aufgrund des hohen Bedarfs an IT-Dienstleistungen Kosteneinsparungen durch Skaleneffekte erzielen, da Kosten für die Wartung und den Betrieb von sehr vielen Servern entfallen. Durch die komplexen Prozesse wirken sich die hohen Wechsel- und Migrationskosten in die Cloud nachteilig für Großunternehmen aus.

6.1.4. Ausmaß der Auslagerung von IT-Diensten

Für Unternehmen, die Cloud Computing einsetzen wollen, stellt sich die Frage, bis zu welchem Ausmaß eine Auslagerung der IT-Infrastruktur sinnvoll ist. Prinzipiell ist es je nach Unternehmen vorstellbar, dass in Zukunft weite Teile der IT ausgelagert werden. Je mehr ausgelagert wird, desto größer ist die Abhängigkeit von externen Anbietern. Die Anwender wie beispielsweise Herr Bräuner sehen die Abhängigkeit bei kritischen Diensten als problema-

¹ Homepage: [http://www.exxternity.de/anwaltssoftware_kanzleipro.html](http://www.exxternity.de/anwaltsssoftware_kanzleipro.html)

tisch an, da hohe Verfügbarkeitsanforderungen vorhanden sind und zeitnah auf Probleme reagiert werden muss. Für diese Anforderungen sind kostenintensive SLAs und eine Betreuung vor Ort im Unternehmen notwendig. Aus diesem Grund bieten sich geschäftskritische Dienste, bei denen schnelle Reaktionen und kurze Kommunikationswege notwendig sind, weniger für die Public Cloud an. Für eine Auslagerung in die Public Cloud eignen sich unkritische Dienste, die nicht zu den Kernkompetenzen des Unternehmens zählen.

Im SaaS-Bereich wird übereinstimmend mit den Umfrageteilnehmern vor allem der externe Bezug von CRM und Groupware von den Experten als sinnvoll erachtet. Weitere Anwendungsbereiche von Cloud Computing sieht Herr Schulze von Agorum in der Archivierung / Backup und weniger im eigentlichen DMS-Bereich, bei dem ein Dateiserver zum Einsatz kommt. Der Dateiserver ermöglicht ein aktives Arbeiten auf den Dokumenten und benötigt viel Bandbreite. Im Jahr 2011 sind die Bandbreiten für diese Vorgänge bei den meisten Unternehmen zu gering. Unter der Voraussetzung, dass die Antwortzeiten kurz genug sind, kann sich Herr Bräuner von der Stadt Schwäbisch Hall eine komplette Auslagerung des internen DMS vorstellen. Teile von ERP wie Finanzbuchhaltung oder Personal eignen sich ebenfalls für einen externen Bezug. Eine Auslagerung von Kernapplikationen wie einer kompletten ERP-Suite erscheint den Experten nur in Ausnahmefällen wie beispielsweise bei jungen Unternehmen zum jetzigen Zeitpunkt sinnvoll.

6.2. Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz

In Kapitel 6.2 wird auf verschiedene Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing eingegangen. Zunächst werden allgemeine Maßnahmen der Anbieter beschrieben, gefolgt von dem Beitrag, den Open-Source-Software zur Erhöhung der Akzeptanz bei steuern kann. Abschließend wird in diesem Unterkapitel auf die Deutsche Wolke eingegangen, die Cloud Computing und Open-Source-Software innerhalb von Deutschland verbindet.

6.2.1. Allgemeine Maßnahmen der Anbieter

Im Rahmen der Experten-Interviews wurden verschiedene Möglichkeiten zur Erhöhung der geringen Akzeptanz von Cloud Computing bei KMU identifiziert. In diesem Unterkapitel werden allgemeine Maßnahmen beschrieben, die Anbieter zur Förderung der Akzeptanz von Cloud Computing durchführen können. Folgende Maßnahmen wurden identifiziert:

- *Hohe Transparenz:* Die Nutzung eines Cloud-Dienstes muss transparent sein, sodass keine versteckten Kosten oder Probleme auftauchen. Den Anwendern muss bewusst sein, worauf sie sich einlassen. Offenheit in alle Richtungen ist notwendig, um die Anwender nicht abzuschrecken. Es ist nicht zielführend, Probleme und Nachteile zu ver-

heimlichen. Negative Beispiele in diesem Bereich sind nicht erwähnte Probleme bei der Datenrückholung aus der Cloud oder die Standardverträge von ausländischen Anbietern, die nicht der deutschen Gesetzeslage entsprechen.

- *Anreize schaffen:* KMU benötigen Testmöglichkeiten, um die Cloud-Dienste auszuprobieren. Unternehmen, die Testmöglichkeiten erfolgreich anbieten, sind beispielsweise Amazon oder Google. Neue Kunden erhalten bei diesen Anbietern kostenlose Speicherkapazitäten im Rahmen des StaaS-Angebots. Weitere Anreize wie Hilfe bei der Migration in die Cloud oder der kostenlose Zugang zum Cloud-Dienst für eine bestimmte Zeitdauer sind ebenfalls denkbar. Beispielsweise bietet Amazon neuen Kunden kostenlosen Zugang zum EC2-Dienst für eine begrenzte Zeitdauer.
- *Werbung:* Um den KMU den potentiellen Nutzen von Cloud Computing aufzuzeigen, ist Werbung für die Dienste notwendig. Durch überzeugende Werbung kann ein erster Kontakt zu interessierten Unternehmen aufgebaut werden. Große Unternehmen wie Microsoft investieren hohe Summen in die Werbung für ihre Cloud-Dienste.
- *Erfolgreiche Use-Cases:* Mit erfolgreichen Anwendungsbeispielen können KMU von dem Potential von Cloud Computing überzeugt werden. SAP bietet beispielsweise ein Ebook an, in dem viele erfolgreiche Use-Cases der ERP-as-a-Service-Software Business By-Design beschrieben werden. Die Use-Cases können zusätzlich im Rahmen von Veranstaltungen von Verbänden präsentiert werden. Die Verbände nehmen eine Vermittlungsfunktion zwischen Anwender und Anbieter ein. Denkbar sind auch Pilotprojekte oder Simulationen, die den konkreten Einsatz von Cloud Computing im Unternehmen aufzeigen.
- *Verständlichkeit:* Die technische Diskussion um die Begrifflichkeiten des Themengebiets Cloud Computing ist für Außenstehende nur schwer nachzuvollziehen. Besonders für die Führungskräfte von Familienunternehmen wie KMU, die über den Einsatz von Cloud Computing entscheiden und geringe IT-Kenntnisse besitzen, müssen die technischen Begriffe übersetzt und einfach erklärt werden. Wie die quantitative Analyse ergeben hat, schätzen nur etwas über 30% der Teilnehmer Ihren Wissensstand zum Thema Cloud Computing als hoch ein.
- *Handlungsempfehlungen:* Durch Handlungsempfehlungen können Hemmnisse bei der Migration in die Cloud abgebaut und typische Risiken vermieden werden. Zu den Handlungsempfehlungen gehören auch Checklisten und Leitfäden. In dieser Abschlussarbeit werden Handlungsempfehlungen in Kapitel 7 gegeben und eine Checkliste in Kapitel 7.4 präsentiert.

- *Hohe Qualität:* Das überzeugendste Argument für Cloud Computing ist eine hohe Qualität der Cloud-Dienste, die die Anforderungen der Kunden zu einem akzeptablen Preis erfüllen. Nur wenn Cloud Computing einen echten Mehrwert liefert und eine hohe Verfügbarkeit der Dienste garantiert werden kann, wird es sich langfristig durchsetzen. Beispielsweise hat sich der CRM-Dienst von Salesforce durchgesetzt, da es sich um eine kosten-günstige Alternative zu traditionellen Lösungen mit hohem Funktionsumfang handelt. Negative Beispiele in diesem Zusammenhang sind der über vierundzwanzig Stunden andauernde Ausfall von Amazon EC2 im April 2011. Auch die PaaS-Dienste von Microsoft und Google hatten Mitte 2011 mehrstündige Ausfälle (Shankland, 2011; Tay & Crozier, 2011).

Die beschriebenen Maßnahmen werden nur zum Erfolg führen, wenn die Anwender offen und aufgeschlossen für neue Technologien wie Cloud Computing sind.

6.2.2. Die Nutzung von Open-Source-Software in der Cloud-Architektur

Die Befragung der Experten hat ergeben, dass die Nutzung von Open-Source-Software in der Cloud-Architektur durch folgende Vorteile einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing leisten kann:

- *Niedrigere Kosten:* Herr Bräuner sieht die fehlenden Lizenzkosten als wesentlichen Vorteil von Open-Source-Software in der Cloud-Architektur an. Open-Source-Software hat das Potential, bei Nutzung in der Cloud-Architektur günstiger als proprietäre Lösungen zu sein.
- *Reduktion der Abhängigkeit:* Die Experten sind sich einig, dass Open-Source-Software im Vergleich zu proprietären Lösungen durch offene Standards und offene Dateiformate einen einfacheren Wechsel des Cloud-Anbieter ermöglicht. Herr Bräuner sieht bei proprietärer Software das Problem, dass die Daten in vielen Fällen an die Applikation gebunden sind und ohne die Anwendung nicht genutzt werden können.
- *Erhöhung der Sicherheit:* Wie die quantitative Marktanalyse ergeben hat, ist die Sicherheitsproblematik das größte Hindernis für Cloud Computing. In diesem Bereich kann laut Herrn Uhl Open-Source-Software die Sicherheit durch den offenen Quellcode erhöhen, da keine Backdoors von Unternehmen oder Staaten eingebaut werden können.
- *Anpassung der standardisierten Cloud-Services:* Das entsprechende Know-How vorausgesetzt, ermöglicht Open-Source-Software die Anpassung der Software an individuelle Bedürfnisse. Eine Anpassung ist nur in gewissem Maße sinnvoll, da bei einer zu starken Anpassung wichtige Vorteile der Cloud-Dienste wie die Skalierbarkeit außer Kraft ge-

setzt werden. Ein anschauliches Beispiel von Herr Falkner zur Standardisierungsthematik ist der Vergleich mit einem benötigten Flug zu einem Reiseziel: Die teuerste Variante ist die Nutzung eines Privat-Jets, der exakt an die eigenen Bedürfnisse angepasst ist. Deutlich billiger ist die Nutzung eines Linienflugs, der die Möglichkeit zur Buchung drei verschiedene Platzkategorien bietet: First Class, Business Class und Economy Class. Diese drei Kategorien reichen für die Erfüllung der wesentlichen Kundenanforderungen aus, so dass eine weitere Differenzierung nicht sinnvoll ist. Bei Cloud-Diensten sollte die Anpassung der Dienste in ähnlicher Form eingeschränkt werden.

- *Interoperabilität:* Ein weiterer Vorteil von Open-Source-Software ist laut Herr Bräuner die hohe Interoperabilität. Open-Source-Software kann die Zusammenarbeit von verschiedenen Cloud-Diensten erleichtern, so dass monolithische Insellösungen vermieden werden können. Zur Verbindung der verschiedenen Dienste kann ein Enterprise Service Bus (ESB) auf Open-Source-Basis verwendet werden. Ein ESB ermöglicht den Datenaustausch von Diensten, die auf verschiedenen Programmiersprachen und Dateiformaten basieren. Beispiele für Open-Source-ESBs sind Fuse ESB¹ und Mule ESB² (García-Jiménez et al., 2010). Um die Interoperabilität unterschiedlicher Cloud-Dienste zu erhöhen, bietet sich die Entwicklung eines Cloud-Standards auf Open-Source-Basis an.

Die Rolle von Open-Source-Software wird im Zusammenhang mit Cloud Computing nicht nur positiv bewertet:

- *Eingeschränkter Support:* Prof. Hertweck sieht als kritischen Nachteil von Open-Source-Software die fehlenden Supportmöglichkeiten. Für den Einsatz von Open-Source-Software in der unternehmerischen Praxis ist technisches Know-How notwendig, das vor allem bei KMU nicht vorhanden ist. Falls das Know-How vorhanden ist, besteht die Gefahr, dass die Mitarbeiter die kleinen Unternehmen verlassen und lukrativere Angebote von IT-Dienstleistern annehmen. Schlussendlich müssen Spezialisten im Open-Source-Bereich von externen Beratungsfirmen eingekauft werden. Viele KMU werden aufgrund der geringen Umsatzstärke von Beratungsfirmen nicht mit hoher Priorität behandelt.
- *Interoperabilität mit proprietärer Software:* Die Teilnehmer der Umfrage haben die problematische Zusammenarbeit mit proprietärer Software als Hauptproblem von Open-Source-Software identifiziert, da bei kommerziellen Produkten die Schnittstellen in vielen Fällen nicht offengelegt sind. Auf lange Sicht vertreten die befragten Experten die Meinung, dass eine Offenlegung der Schnittstellen aus Geschwindigkeit- und Kostengründen zwingend erforderlich ist. Google legte beispielsweise die Schnittstellen der AppEn-

¹ Homepage: <http://fusesource.com/products/enterprise-servicemix/>

² Homepage: <http://www.mulesoft.org/>

gine-Plattform bereits vor mehreren Jahren offen und bei Microsoft gibt es ähnliche Überlegungen, so dass Open-Source-Reimplementierungen der Azure-Komponenten für die Ausführung in einer Private Cloud ermöglicht werden sollen.

6.2.3. Die Deutsche Wolke

In diesem Unterkapitel wird auf die Deutsche Wolke¹ eingegangen, die durch die Kombination von Cloud Computing und Open-Source-Software zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing beitragen kann. Die Deutsche Wolke ist eine Initiative zum Aufbau eines föderalen Cloud-Stacks innerhalb von Deutschland ohne proprietäre Software. Im Interview betonte Herr Uhl von der Deutschen Wolke, dass sich das Angebot an kleinen Open-Source-Anbieter mit webfähiger Software richtet, die ihre Dienste in Richtung Cloud erweitern wollen und für die sich der Betrieb einer eigenen Cloud-Infrastruktur aus Kostengründen nicht lohnt. Die Deutsche Wolke bietet den kleinen Anbietern die Möglichkeit, fehlende Teile des Cloud-Stacks von Partnern über die Deutsche Wolke zu beziehen und Risiken zu streuen. Das Ziel ist ein Cloud-Stack mit vielen kleinen Anbietern, deren Angebote zueinander kompatibel sind und je nach Kundenanforderung kombiniert werden können. Analog ist ein großes Einkaufszentrum mit vielen kleinen, unabhängigen Geschäften vorstellbar.

Das Angebot der Deutschen Wolke wird durch das Kontaktieren eines Partners wie z.B. Datenwerk wahrgenommen. Der Dienst bleibt beim Anbieter des jeweiligen Moduls verankert, so dass sich die gewohnten Beziehungen der Kunden zu den Herstellern nicht ändern. Die Bereitstellung des Angebots in Deutschland reduziert die in der quantitativen Analyse als wesentlichen Hinderungsgrund wahrgenommene Sicherheitsproblematik, da die komplexen Datenschutzbestimmungen des Gesetzgebers in Deutschland risikofrei erfüllt werden können. Außerdem ist es für die Kunden psychologisch wichtig zu wissen, dass die Kommunikationswege kurz und die Anbieter der Dienste in Reichweite sind.

Die grundlegenden IaaS-Funktionen wurden im Rahmen der Deutschen Wolke bereits realisiert. Aufbauend auf dem IaaS-Angebot wird der Cloud-Stack der Deutschen Wolke auf der SaaS-Schicht um das Open-Source-DMS von Agorum erweitert. Herr Schulze von Agorum sieht mehrere Herausforderungen für die Deutsche Wolke: Für die Abrechnung der Dienste muss festgelegt werden, welcher Partner innerhalb des Cloud-Stacks wie viel Prozent des Umsatzes bekommt. Problematisch gestaltet sich auch die Umsetzung eines One-Face-To-The-Customer, da mehrere kleinere Anbieter beteiligt sind. Sinnvoll sind ein First-Level-Support von einer zentralen Einrichtung der Deutschen Wolke und ein Ticketing-System, das Anfragen an die jeweiligen Anbieter bei speziellen Problemen weiterleitet.

¹ Homepage: <http://deutsche-wolke.de/>

Das Agorum DMS wird als Backup-Lösung bei der Stadt Schwäbisch Hall eingesetzt, die der Pilotkunde für das SaaS-Angebot der Deutschen Wolke ist. Die Stadt Schwäbisch Hall setzt seit über zehn Jahren ausschließlich Open-Source-Software ein. Im Interview betonte der IT-Leiter Herr Bräuner, dass es sich bei der eingesetzten Backup-Lösung der Deutschen Wolke nicht nur eine einfache Spiegelung der Daten handelt, da mehrere Standorte Zugriff auf die Dokumente haben und die Daten regelmäßig synchronisiert werden. Für die Stadt Schwäbisch Hall hat die Backup-Lösung in der Cloud den Vorteil, dass kein zweiter Standort aufgebaut und betrieben werden muss.

6.3. Zukünftige Bedeutung von Cloud Computing

Übereinstimmend mit dem Gartner Hype Cycle kommen die Interview-Partner zu dem Ergebnis, dass sich Cloud Computing erst in mehreren Jahren erfolgreich in der Wirtschaft etablieren wird. Die Interview-Partner sehen im Unterschied zu den Umfrageteilnehmern besonders für SaaS und IaaS aus der Public Cloud in Zukunft große Chancen. Open-Source-Software wird als Chance zur Weiterentwicklung von Cloud Computing angesehen. Viele Unternehmen wollen ihre Geschäftsdaten nicht in die Public Cloud herausgeben und konzentrieren sich auf die Bereitstellung der Dienste in einer Private Cloud. In diesem Zusammenhang bietet sich eine unternehmensinterne Cloud-Architektur mit Open-Source-Software an. Der Bezug von Open-Source-Software aus der Public Cloud stellt ein weiteres Geschäftsmodell dar, das im Jahr 2011 nur wenige Dienstleister verfolgen. In Zukunft werden mehr und mehr Teile der IT-Infrastruktur in die Public Cloud ausgelagert. In den Experten-Interviews wurden folgende Tendenzen angesprochen, die zu dieser Situation führen:

- *Junge Führungskräfte*: Eine junge Generation an hochqualifizierten Mitarbeitern, die mit dem Internet aufgewachsen sind und neuen Technologien aufgeschlossen gegenüber stehen, werden Führungspositionen in Unternehmen einnehmen. Als Konsequenz wird ein Umdenken stattfinden, das sich durch geringere Bedenken bezüglich der Herausgabe von Daten in die Public Cloud äußert.
- *Ausbau der Breitbandnetze*: Durch bessere und billigere Breitbandanschlüsse wird die Bandbreiten-Problematik abgeschwächt.
- *Kürzung der IT-Budgets*: Der steigende Kostendruck durch international tätige Großunternehmen führt zu einer weiteren Kürzung der IT-Budgets von KMU. Eine Auslagerung von IT-Diensten in die Cloud wird im Hinblick auf Kosteneinsparungen zunehmend in Betracht gezogen werden.
- *Steigendes Vertrauen*: Verbesserte Technologien und steigende Erfahrungswerte der Anbieter werden Vertrauen bei den Kunden erzeugen.

- *Trend zur Mobilität:* Für Mitarbeiter eines Unternehmens wird es immer wichtiger, von überall und zu jeder Zeit auf benötigte Dienste zugreifen zu können. Durch die browserbasierte Darstellung bietet sich die Cloud für hohe Anforderungen an die Mobilität an.

Besonders der externe Bezug von unkritischen SaaS-Anwendungsbereichen wie Office-Suites oder Groupware-Lösungen wird laut den Experten in naher Zukunft an Bedeutung gewinnen. Es ist unrealistisch anzunehmen, dass in langfristiger Zukunft alle Dienste aus der Public Cloud bezogen werden. Eine ständige Internetverbindung mit leistungsstarken Breitbandanschlüssen wird auch in Zukunft nicht überall und jederzeit zur Verfügung stehen. Auf dem Markt werden verschiedene Software-Arten und –Formen mit unterschiedlichen Abrechnungsmodellen vertreten sein. Klassische Abrechnungsmethoden sind als Alternative sinnvoll, um den Kunden vor ausufernden Kosten bei hoher Nutzung des Cloud-Dienstes zu schützen. Die befragten Experten erwarten eine hohe Priorität für den Service-Vertrieb, aber der traditionelle Lizenzvertrieb wird nicht aussterben. Kleinere Dienstleister sollten bereits heute in das neue Geschäftsmodell Cloud Computing investieren, auch wenn die Nachfrage noch gering ist. Durch übergreifende Cloud-Strukturen wie die Deutsche Wolke kann Cloud Computing zu einer echten Chance für kleinere Software-Anbieter wie Agorum werden.

In wenigen Jahren werden IaaS und SaaS laut den Experten weiter standardisiert werden, so dass sich die Dienste kaum unterscheiden und beliebig austauschbar sind. Eine Differenzierung erfolgt durch den Preis und den zugesicherten SLAs. Denkbar ist laut Herr Dr. Reti ein IaaS-Portal, von dem der Kunde seine Dienste auswählen und kombinieren kann.

Nach Einschätzung der befragten Experten wird sich langfristig keiner der drei großen Anbieter im PaaS-Markt durchsetzen. Der Markt wird zwischen den drei Anbietern Microsoft, Google und Salesforce aufgeteilt. Wenn sich die großen Anbieter im PaaS-Markt weiterhin voneinander abschotten, wird Open-Source-Software als lizenzkostenfreie Alternative eine große Zukunft im PaaS-Bereich haben. Wahrscheinlicher ist die Situation, dass kleinere Anbieter mit flexibleren Geschäftsmodellen auf Open-Source-Basis in den Markt eintreten und von den großen Anbietern aus dem Markt gedrängt werden, sobald die kleinen Anbieter eine Gefahr darstellen. Der Nachteil der kleinen Anbieter sind die fehlenden Skaleneffekte im Vergleich zu den großen Anbietern.

Die Klientel für eine klassische PaaS-Lösung ist auf Entwickler begrenzt und somit stark eingeschränkt. Im Vergleich zu SaaS und IaaS wird die Bedeutung von klassischem PaaS aus diesem Grund auch in Zukunft gering sein. Herr Jaekel sieht als neues Anwendungsgebiet von PaaS app-basierte Cloud-Plattformen, die als eine Art Marktplatz für Anwendungen fungieren. Diese Plattformen ermöglichen eine bessere Zusammenarbeit verschiedener Cloud-Dienste indem mehrere SaaS-Dienste innerhalb eines ESB über Middleware-Komponenten

eingehängt und provisioniert werden. Zwei unterschiedliche Modelle sind denkbar: Im geschlossenen Modell, das Apple mit dem AppStore verfolgt, werden strikte technische und wirtschaftliche Vorgaben durch den Plattform-Betreiber vorgegeben. Im offenen Modell, wie es Google mit dem Android-Marktplatz verfolgt, sind die Auflagen an die Entwickler geringer aber die Interoperabilität eingeschränkt (siehe Jaekel & Bronnert, 2011). Eine sinnvolle Einsatzmöglichkeit dieser Plattform ist ein Marktplatz für eine Community Cloud, mit dem Anwendungen für die jeweilige Branche angeboten werden. Um eine einfache Zusammenarbeit von mehreren SaaS-Lösungen auf einer gemeinsamen Plattform zu ermöglichen, ist die Nutzung von Open-Source-Software aufgrund der offenen Schnittstellen sinnvoll.

6.4. Zusammenfassung

Die Diskussion des Themas Cloud Computing hat eine gewisse Reife erreicht. Immer mehr der Beteiligten sind sich der Vor- und Nachteile bewusst, aber die Umsetzung in der Praxis erfolgt aufgrund fehlender Akzeptanz nur zögerlich. In den Interviews wurde festgestellt, dass sich Cloud Computing aus der Public Cloud momentan besonders für Start-Ups, Projekte und Branchen-Clouds eignet. Für bestehende Unternehmen ist die Migration in die Cloud problematisch und muss je nach Anwendungsfall untersucht werden. Da die Bereitstellung von IT-Diensten nur selten zu den Kernkompetenzen von KMU zählt, ist eine Auslagerung von unkritischen Diensten wie beispielsweise Groupware sinnvoll.

Die Akzeptanz von Cloud Computing kann durch allgemeine Maßnahmen der Anbieter wie Werbung oder die Präsentation von erfolgreichen Use-Cases erhöht werden. Open-Source-Software kann durch Vorteile wie die fehlenden Lizenzkosten und die Interoperabilität ebenfalls zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing beitragen. Anschließend wurde die Deutsche Wolke betrachtet, die einen Cloud-Stack aus Open-Source-Anbietern in Deutschland zur Verfügung stellt. Die Vorteile von Open-Source-Software können genutzt und Datenschutzprobleme durch die deutschen Anbieter vermieden werden.

In Zukunft wird sich laut den Experten IaaS und SaaS aus der Public Cloud durchsetzen. Die Zielgruppe von PaaS ist auf Entwickler beschränkt und somit klein. Mit app-basierten Cloud-Plattformen ergibt sich ein neues PaaS-Anwendungsgebiet, das sich aufgrund der kaum vorhandenen Interoperabilität der Cloud-Dienste noch im Anfangsstadium befindet.

Die Ergebnisse der qualitativen Analyse werden im Folgenden für die Handlungsempfehlungen wieder aufgegriffen.

7. Handlungsempfehlungen für KMU

In diesem Kapitel werden Handlungsempfehlungen aus den Erkenntnissen der vorhergehenden Kapitel abgeleitet. Zunächst werden Empfehlungen für die Public Cloud aus Anwender- und Anbietersicht gegeben. Durch die Handlungsempfehlungen wird KMU eine Einschätzung ermöglicht, ob der Einsatz von Cloud Computing im individuellen Fall sinnvoll ist oder nicht. Gleichzeitig soll die Akzeptanz der Thematik erhöht werden. Im Gegensatz zu Kapitel 6.2.1, in dem allgemeine Maßnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz auf Anbieterseite erläutert wurden, wird in diesem Kapitel auf die konkreten Hinderungsgründe auf Anwender- und Anbieterseite eingegangen. Im Anschluss werden Anwendungsszenarien für die Private Cloud präsentiert, gefolgt von einer Checkliste, die KMU bei der Einführung von Cloud Computing wichtige Anhaltspunkte liefern kann.

7.1. Empfehlungen für die Public Cloud aus Anwendersicht

Im Folgenden wird auf die Vor- und Nachteile von Cloud Computing aus Anwender- und Anbietersicht eingegangen. Dabei werden Empfehlungen zur Ausnutzung der Vorteile und zur Reduktion der Nachteile von Cloud Computing gegeben. Insbesondere der Beitrag von Open-Source-Software zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing wird bei den Empfehlungen berücksichtigt. Die Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Analyse werden zusammengefasst und durch Beiträge aus der Literatur erweitert. Der Fokus wird in diesem Kapitel auf der Public Cloud liegen, da die wesentlichen Vorteile von Cloud Computing wie der flexible Bezug von skalierbaren Diensten oder die Kostenvorteile nur in der Public Cloud realisiert werden können.

7.1.1. Empfehlungen zur Ausnutzung der Vorteile von Cloud Computing

Die Konkurrenz durch international tätige Großunternehmen zwingt KMU zu Kosteneinsparungen. Das größte Potential von Cloud Computing für KMU auf Anwenderseite sehen die befragten Experten in den *geringeren Gesamtkosten* und der verbesserten Liquiditätslage im Vergleich zu traditionellen Lösungen (siehe auch Benlian & Hess, 2010). Dies hängt insbesondere mit den niedrigen Anfangsinvestitionen und Betriebskosten zusammen, da sowohl KMU als auch Großunternehmen keine eigene Infrastruktur für die Nutzung von IT-Diensten aufbauen müssen (Zhang et al., 2010). Vor allem für kleine und junge KMU lohnt sich der Betrieb eines eigenen Rechenzentrums laut den befragten Experten nicht. Aufgrund des hohen Nachholbedarfs durch veraltete IT-Systeme eignet sich der Einsatz von externen Cloud-Diensten auch für KMU, die aktuelle Lösungen kostengünstig beziehen wollen.

Zu den geringeren Betriebskosten trägt auch die dynamische Skalierung der Cloud-Services bei:

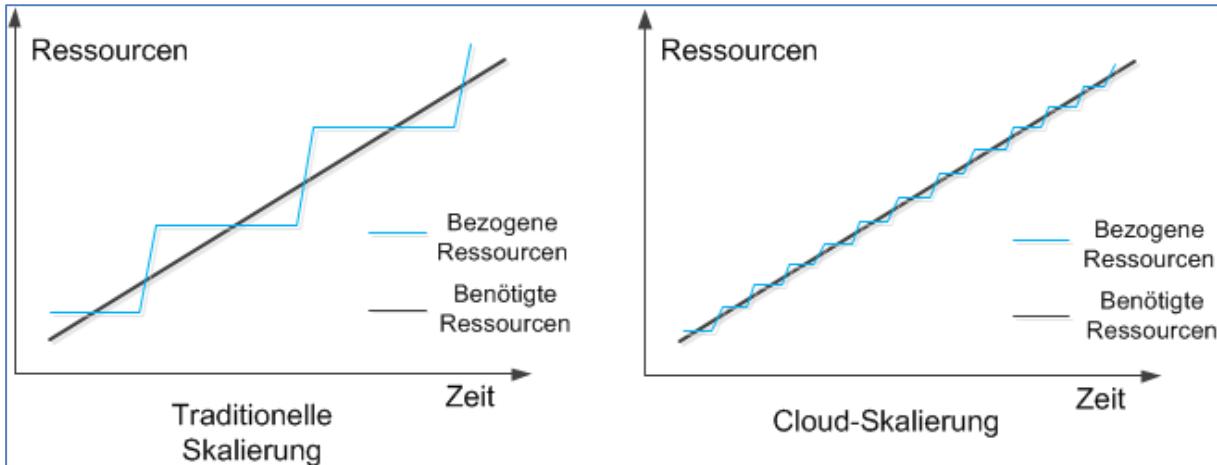


Abbildung 39: Traditionelle und Cloud-Skalierung (nach Cáceres et al., 2010)

Wie in obiger Abbildung dargestellt wird, muss in traditionellen Rechenzentren die Kapazität zu bestimmten Zeitpunkten deutlich über den momentanen Bedarf aufgestockt werden, um auch zukünftige Bedürfnisse abzudecken. Externe Cloud-Dienste bieten sich an, wenn nur so viele Kapazitäten bezogen werden sollen, wie zum jeweiligen Zeitpunkt tatsächlich benötigt werden. Die bezogenen Ressourcen können flexibel an den momentanen Bedarf von schnell wachsenden Unternehmen jeglicher Größenordnung angepasst werden. Zusätzlich ist der Einsatz von Cloud Computing sinnvoll, wenn für Lastspitzen vorgesorgt werden soll (Zhang et al., 2010).

Die Experten-Interviews haben ergeben, dass Open-Source-Software durch die fehlenden Lizenzkosten weitere Potentiale zur Kosteneinsparung ermöglicht. Nur 31% der Umfrageteilnehmer sind von den Kosteneinsparungspotentialen von Open-Source-Software in der Cloud-Architektur überzeugt. Die fehlenden Lizenzkosten bedeuten laut den Experten für viele Anwender gleichzeitig den Verzicht auf Qualität. Durch ausführliches Testen kann die Funktionstüchtigkeit der Software für bestimmte Anwendungsszenarien vor dem Produktiveinsatz festgestellt werden. Ein Gewährleistungs- oder Haftungsrecht gegenüber den Entwicklern von Open-Source-Software besteht nicht.

Dienste aus der Cloud sind aufgrund der Plattform- und Betriebssystemunabhängigkeit *sofort verfügbar und einsetzbar*. Die veralteten IT-Strukturen von KMU können mit Cloud Computing in kurzer Zeit aktualisiert werden. Zusätzlich bieten sich die sofort verfügbaren Dienste aus der Public Cloud für KMU an, da schnelle Einsatzmöglichkeiten und kurze Projektlaufzeiten erwartet werden. Zusammen mit dem nutzungsabhängigen Bezug der Dienste, der laut den Experten der entscheidende Unterschied von Cloud Computing und traditionellen Lösungen ist, kann eine geringere Abhängigkeit vom Anbieter als bei traditionellen Lösungen erreicht werden (Buxmann et al., 2008). Open-Source-Software kann die Abhängigkeit von

einem Anbieter durch offene Standards und offene Dateiformate weiter verringern. In den Experten-Interviews wurde der Trend zur Mobilität betont, der eine hohe Flexibilität erfordert. Falls eine hohe Mobilität eine wichtige Anforderung ist, eignen sich Dienste aus der Public Cloud für KMU, da die Cloud-Dienste durch die webbasierte Bereitstellung von jedem Ort mit Internetverbindung und mit einer Vielzahl von Endgeräten genutzt werden können (siehe auch Vogel et al., 2010).

Der Cloud-Dienstleister kann durch die Konzentration auf die Bereitstellung der Dienste Expertenwissen generieren und *Zugang zu spezifischen Ressourcen* ermöglichen. Aufgrund fehlender Skaleneffekte können KMU Expertenwissen in dieser Form nicht im eigenen Unternehmen aufbauen (Benlian & Hess, 2010). Cloud Computing sollte eingesetzt werden, wenn für KMU der Zugriff auf den momentan geforderten Funktionsumfang der Branche wichtig ist. Beispielsweise können Anwaltskanzleien ohne eigenen Aufwand für die Aktualisierung der Systeme auf Cloud-Funktionen zugreifen, die sich an der aktuellen Gesetzeslage orientieren. Das interne Know-How von KMU ist begrenzt und die IT-Systeme oftmals veraltet, so dass sich der externe Bezug von aktuellem Wissen anbietet. Das Expertenwissen kann jederzeit und kostenlos durch Updates über die Plattform aktualisiert werden (Rosenstiel, 2010). Vielen KMU ist der Nutzen, der durch den Zugriff auf das Expertenwissen entsteht, nicht bewusst. Nur 42% der Umfrageteilnehmer können zumindest weitestgehend die Vorteile des Zugriffs auf die aktuellen IT-Dienste erkennen. Wird Open-Source-Software für den Zugang zu den Ressourcen genutzt, nennt die Literatur die Gefahr von fehlenden Funktionalitäten im Vergleich zu proprietären Lösungen (Vogel et al., 2010). Der Marktüberblick hat ergeben, dass ausgereifte Open-Source-Lösungen in allen wesentlichen Tätigkeitsbereichen eines Unternehmens vertreten sind und ähnliche Funktionalitäten wie kommerzielle Produkte bereitstellen. Auch wenn proprietäre Software teilweise einen größeren Funktionsumfang aufweist, ist besonders für KMU die bereitgestellte Funktionalität von Open-Source-Software in vielen Fällen ausreichend. Je nach Anforderungen an die Software sollte individuell entschieden werden. Bei der Planung ist laut den Experten zu berücksichtigen, dass keine passenden Open-Source-Lösungen für KMU mit speziellen Anwendungsszenarien wie beispielsweise baden-württembergische Weinhändler verfügbar sein können. Für die Umfrageteilnehmer ist die fehlende Funktionalität im Vergleich zu den anderen Nachteilen von Open-Source-Software das kleinste Problem.

Cloud Computing erlaubt laut den befragten Experten eine *Fokussierung auf die Kernkompetenzen*, da die Bereitstellung von IT-Diensten nicht zu den Kernkompetenzen von KMU auf Anwenderseite gehört. Wenn personelle und monetäre Ressourcen freigesetzt werden sollen, bietet sich die Auslagerung von Diensten an einen externen Cloud-Anbieter an. Die freigesetzten Ressourcen können für strategische Aufgaben genutzt werden, die unmittelbar zur

Wertschöpfung der KMU beitragen (Benlian & Hess, 2010). Besonders bei KMU, deren Mitarbeiter aufgrund der Personalsituation mehrere Aufgabenbereiche gleichzeitig abdecken müssen, verbleibt mehr Zeit für Aufgaben, die direkt den Kernkompetenzen dienen. 66% der Umfrageteilnehmer sind von der Fokussierung auf die Kernkompetenzen nicht überzeugt, da die Gefahr besteht, dass neue Aufgaben im Rahmen von Cloud Computing entstehen und der Zeitgewinn durch Auslagerung von IT-Diensten aus diesem Grund gering ist.

Browser-basierte Dienste sind durch eine *einfache Bedienung* gekennzeichnet: Für Anwender der Dienste ist die Nutzung von dynamischen Web-Technologien in Verbindung mit Web Services wesentlich komfortabler als die starren Oberflächen der traditionellen Lösungen (Gong et al., 2010). Mitarbeiter von KMU sind auf eine einfache Bedienung angewiesen, da wenig Zeit und Geld für Schulungen zur Verfügung steht. Werden Open-Source-Lösungen in der Cloud-Architektur eingesetzt, wird in der Literatur die eingeschränkte Benutzerfreundlichkeit von Open-Source-Software erwähnt (Teupen, 2007). Die Argumentation ist besonders bei Open-Source-Software, die sich noch nicht lange in Entwicklung befindet, nachvollziehbar. Dieses Argument trifft nicht für ausgereifte Open-Source-Produkte zu, von denen einige im Marktüberblick in Kapitel 4 vorgestellt wurden. SugarCRM befindet sich beispielsweise seit vielen Jahren in Entwicklung und ein professioneller Anbieter mit kommerziellen Interessen stellt eine hohe Bedienungsfreundlichkeit sicher.

7.1.2. Empfehlungen zur Reduktion der Nachteile von Cloud Computing

Cloud Computing kann zu *Kostennachteilen* führen. Im Vorfeld der Auslagerung von Diensten an einen Cloud-Anbieter muss evaluiert werden, ob sich eine Auslagerung finanziell lohnt. In der quantitativen Analyse wurde festgestellt, dass viele KMU nicht von den Kosten einsparungspotentialen von Cloud Computing überzeugt sind. Aus diesem Grund scheuen KMU aufgrund des geringen finanziellen Spielraums die Investition in neue Technologien wie externe Cloud-Dienste. Von einigen Herstellern wird die Kosteneinsparung plakativ beworben, ohne dass erfolgreiche Use-Cases präsentiert werden können.

Folgende Kosten sollten bei der Einführung von Cloud Computing berücksichtigt werden: Es gibt einen Break Even Point, an dem die Kosten für die Auslagerung der Dienste an einen Cloud-Anbieter durch die nutzungsabhängige Bezahlung gleich sind wie ein traditionelles Hosting im eigenen Unternehmen. Der Break Even Point hängt mit der benötigten Rechenkapazität, dem Speicherbedarf und dem Kommunikationsbedarf zusammen (Lee, 2010). Zusätzlich können versteckte Kosten für die Integration in die Unternehmenslandschaft oder als Folge von Schlechtleistung und Nichtverfügbarkeit entstehen (Benlian & Hess, 2010). Ein weiterer Kostenblock ist die Migration in die Cloud, der für Unternehmen jeglicher Größenordnung schwer abschätzbar ist. Zu den Migrationskosten zählt beispielsweise die Investition

in eine bessere Internetverbindung mit mehr Bandbreite, da KMU typischerweise nur wenig Bandbreite zur Verfügung haben.

Open-Source-Software kann laut den Experten den ausschlaggebenden Break Even Point im positiven Sinne für Cloud Computing verschieben, da Lizenzkosten für proprietäre Software- und Hardware-Hersteller wegfallen. Trotz der fehlenden Lizenzkosten sollte bei Open-Source-Software die TCO über den gesamten Lebenszyklus betrachtet werden. Aufgrund des begrenzten Know-Hows von KMU müssen zusätzliche Kosten für Support und Wartung beim Einsatz von Open-Source-Software berücksichtigt werden. Aus den Gesprächen mit den Experten und der Umfrage ist hervorgegangen, dass der eingeschränkte Support als Hindernis für den Einsatz von Open-Source-Software bei KMU angesehen wird. Bezuglich Support-Leistungen sind KMU auf die freiwillige Hilfe der Entwickler-Community angewiesen. Der Marktüberblick hat ergeben, dass zunehmend professionelle Dienstleister Support für Open-Source-Software gegen Bezahlung anbieten. Wie bei kommerzieller Software werden SLAs vertraglich zugesichert. Bei der Problemlösung kann sich der Dienstleister mit der Entwickler-Community abstimmen.

Wie die quantitative Marktanalyse ergeben hat, spielt die *Diskussion um die rechtlichen Implikationen* eine entscheidende Rolle zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing und wird als wesentliche Herausforderung angesehen. Für viele KMU ist Sicherheit und Datenschutz eine zentrale Anforderung an einen Cloud-Dienstleister, da vertrauenswürdige Geschäftsdaten im Rechenzentrum des Anbieters und nicht mehr intern vorgehalten werden (Reutter & Zenker, 2011; Sontow & Kleinert, 2010). Die Verunsicherung in den Sicherheitsfragen ist laut den Interview-Partnern psychologisch begründet. Da sich viele KMU noch nicht näher mit Cloud Computing beschäftigt haben und auf ihre traditionellen Systeme vertrauen, ruft die Vorstellung der Herausgabe von Daten bei vielen Entscheidern eine reflexartige Ablehnung hervor. Es ist ein grundlegendes Misstrauen beim Mittelstand anzutreffen. In den Experten-Interviews sind einige treffende Vergleiche gezogen worden, bei denen die Sicherheitsbedenken bei Gefahren in anderen Bereichen weit weniger groß sind:

- Geldautomaten werden manipuliert und deren Nutzung wird nicht in Frage gestellt.
- Flugzeuge stürzen ab und sind trotzdem ein beliebtes Reisemittel.
- Auf den Homepages von sozialen Netzwerken wie Facebook werden persönliche Daten freiwillig hochgeladen und verbreitet.
- Firmen versenden ohne Bedenken unverschlüsselte E-Mails über das Internet, die leicht abgefangen und manipuliert werden können.

Es stellt sich die Frage, ob die Sicherheitsbedenken für Cloud Computing nicht überschätzt werden. Für die weitere Betrachtung wird der Sicherheitsaspekt in die beiden Teilbereiche Datensicherheit und Datenschutz aufgeteilt werden.

Was die Datensicherheit betrifft, kann ein auf die Public Cloud spezialisierter Dienstleister sehr hohe Sicherheitsvorkehrungen treffen, die für KMU im eigenen kleinen Rechenzentrum nicht finanziert werden. Aus diesem Grund sind die Daten laut den befragten Experten bei einem professionellen Dienstleister sicherer als im Firmengebäude eines kleinen Mittelständlers. Ein wesentlicher Kritikpunkt der Public Cloud ist die Tatsache, dass die zentrale Speicherung der Daten von vielen Anwendern in einem Rechenzentrum des Anbieters schädliche Angriffe besonders attraktiv macht (Vogel et al., 2010). Die Anbieter reagieren auf dieses Problem mit sehr hohen Schutzmaßnahmen im eigenen Rechenzentrum. Zur Sicherstellung eines hohen Sicherheitsniveaus können KMU und auch größere Unternehmen bei Vertragsverhandlungen mit einem Cloud-Dienstleister beispielsweise die Umsetzung des Eckpunktepapiers des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (2011) verlangen, in dem wesentliche Anforderungen an die Datensicherheit festgehalten wurden.

Der Großteil der Umfrageteilnehmer ist überzeugt, dass Open-Source-Software in diesem Zusammenhang zur Reduktion des Sicherheitsrisikos beitragen kann. Nur bei quelloffener Open-Source-Software kann laut den Experten-Interviews garantiert werden, dass keine Hintertüren für Interessengruppen wie beispielsweise proprietäre Hersteller oder Staaten eingebaut sind. Zusätzlich ist Open-Source-Software aufgrund der geringeren Verbreitung weniger Angriffen ausgesetzt als proprietäre Software. Es ist zu berücksichtigen, dass Sicherheitslücken in Open-Source-Software durch den offenen Quellcode leicht ausgenutzt werden können. Die Anwender sind auf eine rasche Behebung durch die Community angewiesen.

Probleme sehen die Experten bei kriminellen Aktivitäten, die eine Konfiszierung von Servern durch den Staat nach sich ziehen, da unschuldige Kunden auf dem gleichen virtualisierten Server mitbetroffen sind. In den SLAs muss sichergestellt sein, dass nur der Eigentümer der Daten Zugriff auf die Daten hat. Die Daten der verschiedenen Kunden müssen trotz Virtualisierung sicher voneinander abgetrennt sein. Zur Abschottung mehrerer Kunden bietet sich die VLAN-Technologie an, bei der jeder Kunde einen eigenen Zugang zum Server erhält.

In vielen Fällen ist laut den Experten nicht der Diebstahl oder die Manipulation von Daten durch externe Kriminelle ein Sicherheitsrisiko, sondern der interne Unsicherheitsfaktor Mensch. Bei KMU ist diese Gefahr besonders groß, da ein Mitarbeiter mehrere Aufgabenbereiche abdeckt und viele Zugriffsrechte besitzt. Die Gefahr äußert sich beispielsweise durch leichtsinnigen Umgang mit Sicherheitsvorschriften oder durch opportunistisches Verhalten. Entsprechende Vorsichtsmaßnahmen können zu einem hohen Sicherheitsniveau beitragen.

Im Hinblick auf den Datenschutz sind die komplexen Datenschutzgesetzgebungen von Unternehmen aller Größenordnungen zu beachten, die eine Auslagerung der Daten erschweren (Schweinoch, 2011; Kern, 2011). Prinzipiell müssen personenbezogenen Daten besonders geschützt werden, die eine Auskunft über persönliche und sachliche Verhältnisse einer Person erlauben. Um Cloud Computing erfolgreich in der Wirtschaft bei Unternehmen aller Größenordnungen einzusetzen und nicht gegen gesetzliche Regelungen zu verstößen, ist laut den befragten Experten eine Einschränkung der ursprünglichen Definition des Begriffs Cloud Computing notwendig, da der Aufenthaltsort von personenbezogenen Daten bekannt sein muss. Beim typischen indirekten Zugriff auf die Cloud-Dienste ist der Aufenthaltsort nicht bekannt. Eine externe Auftragsdatenverarbeitung in der Public Cloud erlaubt der Gesetzgeber nur in den Staaten des Europäischen Wirtschaftsraums und in Drittstaaten, die ein „angemessenes Sicherheitsniveau“ nach §4b Abs. 2, 3 des Bundesdatenschutzgesetzes (BSDG) (Deutscher Bundestag, 2009) nachweisen können (Weichert, o.J.) Dieses Sicherheitsniveau wurde von der Europäischen Union beispielsweise in der Schweiz oder Kanada festgestellt.

Ein Großteil der Cloud-Anbieter stammt aus dem Drittstaat USA, in dem die strengen europäischen Datenschutzbestimmungen nicht gelten und eine Verarbeitung personenbezogener Daten grundsätzlich unzulässig ist (Weichert, o.J.). Amerikanische Unternehmen besitzen laut der Europäischen Union ein angemessenes Sicherheitsniveau, wenn die Anforderungen des Safe-Harbor-Programms erfüllt werden, das bestimmte Maßnahmen für den Datenschutz vorschreibt. Eine Übermittlung der Daten ist trotz des Safe-Harbor-Programms nicht zulässig, wenn es sich um sensible Daten wie Gesundheitsdaten handelt oder wenn den Betroffenen ein Nachteil durch die Übermittlung der Daten in die USA entstehen könnte (Böken, 2011). Durch das amerikanische Gesetz mit dem Namen Patriot Act können staatliche Institutionen der USA laut den Experten-Interviews jederzeit auf die Daten von amerikanischen Cloud-Anbietern zugreifen, ohne dass der Eigentümer darüber informiert werden muss. Selbst bei großen amerikanischen Anbietern wie Microsoft, deren europäische Niederlassungen dem europäischen Recht unterliegen, besteht laut den Experten-Interviews diese Problematik (siehe auch Böken, 2011). Der amerikanische Staat hat trotz der Niederlassungen in Europa Zugriff auf die Daten, da der Sitz der Muttergesellschaft ausschlaggebend ist. Bei einer Auslagerung in die USA müssen Unternehmen akzeptieren, dass der amerikanische Staat durch den Patriot Act im Bedarfsfall ein Zugriffsrecht hat.

Um den Patriot Act zu umgehen und den Datenschutz gemäß der deutschen Gesetzgebung für personenbezogene Daten risikofrei sicherzustellen, sollten die Cloud-Anbieter vertraglich zusichern, dass die Daten in Europa abgelegt und verarbeitet werden. Für diesen Zweck bietet sich die Nutzung von deutschen Cloud-Strukturen wie beispielsweise die Angebote der

Deutschen Wolke an, die in der qualitativen Analyse vorgestellt wurde. Durch die deutschen Anbieter innerhalb der Deutschen Wolke, die nicht zu einem amerikanischen Konzern gehören, sind die Daten in Reichweite und die rechtlichen Anforderungen an den Datenschutz werden eingehalten.

Der deutsche Kunde ist für die inhaltliche Gestaltung des Vertrags nach deutscher Gesetzgebung verantwortlich. Die Standardverträge der US-Anbieter enthalten meist keine ausreichenden Regelungen im Hinblick auf den deutschen Datenschutz, so dass individuelle Verträge ausgehandelt werden sollten (Böken, 2011). Dies ist besonders für KMU ein Problem, da keine auf IT-Recht spezialisierte Rechtsabteilung vorhanden ist. Zusätzlich ist der Cloud-Kunde für die Verarbeitung der Daten verantwortlich und muss kontrollieren, ob die Datenschutzbestimmungen eingehalten werden (Schweinoch, 2011).

Eine Möglichkeit zur Entschärfung der Sicherheitsproblematik ist die Vergabe von Cloud-Zertifikaten, die ein bestimmtes Sicherheitsniveau repräsentieren. Eines der wenigen Beispiele in diesem Bereich ist das Zertifikat „Trust In Cloud“ (SaaS-EcoSystem, 2011). Cloud-Anbieter müssen eine Checkliste mit Fragen zu unterschiedlichen Bereichen wie Datenschutz, Vertragsbedingungen und Service-Orientierung beantworten. Das Netzwerk SaaS-EcoSystem prüft die Angaben und verleiht das Zertifikat ab 60% positiven Antworten.

Kritisiert wird zudem der ausschließliche Datenzugriff über das Internet, so dass Angreifer bei mangelhaften Sicherheitsvorkehrungen Übertragungen abhören und unterbrechen können (Vogel et al., 2010). Sichere Verbindungen über eine VPN-Verbindung zwischen Kunde und Anbieter können das Risiko reduzieren. Zusätzlich erachten die Experten den Einsatz von Verschlüsselungstechniken bei der Datenablage und bei der Datenübertragung als sinnvoll an. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Daten nicht gelesen und nicht manipuliert werden können. Nur der Kunde sollte den Schlüssel kennen. Der Nachteil der Verschlüsselung ist die negative Auswirkung auf die Performance, da die Entschlüsselung und Verschlüsselung zu Geschwindigkeitseinbußen führt.

Schlussendlich ist entscheidend, dass bei der Herausgabe von Daten in die Public Cloud zwischen kritischen und unkritischen Daten unterschieden wird und entsprechende Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden. Besonders unkritische Daten eignen sich für eine Auslagerung. Bei personenbezogenen Daten müssen KMU und auch größere Unternehmen die Möglichkeit einer Auslagerung im Hinblick auf die Gesetzeslage genau überprüfen. Für KMU können Schadensersatzforderungen existenzbedrohend sein. Die Risikobereitschaft der Führungskräfte im Unternehmen gibt schlussendlich den Ausschlag für die Entscheidung. Was die Risikobereitschaft angeht, sind KMU laut den Experten-Interviews eher zurückhal-

tend. Eine Veränderung ist laut den befragten Experten erst absehbar, wenn junge Führungskräfte, die mit dem Internet aufgewachsen sind, Verantwortung übernehmen.

Für knapp zwei Drittel der Umfrageteilnehmer ist trotz der geringeren Abhängigkeit von einem Anbieter durch Cloud-Dienstleistungen ein *ausgeprägter „Lock-In“-Effekt* feststellbar. Durch die aufwendige Integration in die bestehende IT-Architektur und die problematische Migration der Daten in die Cloud ist ein Wechsel des Cloud-Dienstleisters aufwändig (Buxmann et al., 2008). Falls der Dienst nicht mehr benötigt wird und/oder zu einem anderen Anbieter gewechselt werden soll, trägt laut den Experten zusätzlich die nicht triviale Datenrückholung aus der Cloud zur Abhängigkeit vom Anbieter bei. Dies gilt sowohl für die Public Cloud als auch für die Private Cloud und resultiert in einem hohen Lock-In-Effekt. Die Kunden der Cloud-Angebote sollten in den SLAs schriftlich festhalten, dass die Datenrückholung technisch zeitnah möglich ist und die Daten wiederverwendet werden können.

In der Umfrage und in den Experten-Interviews hat sich der vereinfachte Anbieterwechsel, der sich durch die Nutzung von offenen Standards und offenen Dateiformaten bei Open-Source-Software ergibt, als wichtig herausgestellt. Auf der Anwendungsschicht wird der Wechsel des Anbieters bei proprietärer Software durch die oftmals schwierige Extraktion der Daten aus den Systemen und durch die Nutzung von herstellerspezifischen Datenformaten erschwert. Wie aus den Experten-Interviews hervorgegangen ist, sind die Daten in vielen Fällen nur mit der dazugehörigen Applikationslogik des proprietären Herstellers verwendbar. Die Abhängigkeit von einem Cloud-Dienstleister können KMU durch die Nutzung von Open-Source-Lösungen reduzieren, da der Software-Wechsel erleichtert wird. Die Wiederverwendbarkeit der Daten wird durch die Nutzung von offener Standards und Dateiformaten ermöglicht. Der Marktüberblick hat gezeigt, dass auf der Framework-Schicht Open-Source-Software ebenfalls die Abhängigkeit von den Anbietern reduziert. Um die Abhängigkeit von dem PaaS-Dienst Google AppEngine zu verringern, kann eine Reimplementierung der Funktionalitäten mit AppScale oder TyphoonAE genutzt werden. Für intensive Berechnungen eignet sich der Aufbau oder die Nutzung eines Hadoop-Clusters auf Basis von Open-Source-Technologien. Auch auf der Hardware-Ebene tragen Open-Source-Infrastrukturdienste wie das im Marktüberblick ausführlich vorgestellte Eucalyptus zu einer geringeren Abhängigkeit von proprietären Anbietern bei der Nutzung einer Private Cloud bei.

Neben der Funktionstüchtigkeit mit anderen Anwendungen der IT-Architektur sollten auch mehrere Cloud-Dienste zusammenarbeiten. Als noch problematischer sehen die Experten die Migration von benötigten Diensten zwischen verschiedenen Cloud-Anbietern. Eine Diversifizierung von Dienstleistern ist wünschenswert, falls ein Anbieter nicht verfügbar ist und die benötigten Dienste anderweitig bezogen werden müssen. Aus den Experten-Interviews ist hervorgegangen, dass aufgrund fehlender Standards eine reibungslose Zusammenarbeit

nicht gegeben ist. Open-Source-Software kann die Zusammenarbeit von mehreren Cloud-Diensten erleichtern, da laut den Experten die Nutzung offener Standards eine hohe Interoperabilität mit anderen freien Cloud-Diensten im Unternehmen ermöglicht. Um eine vollständige Interoperabilität der IT-Landschaft zu gewährleisten, sollten offene Schnittstellen und offene Standards von allen eingesetzten Anwendungen unterstützt werden. Die fehlenden Schnittstellen zu proprietärer Software wurden von den Umfrageteilnehmern als größtes Problem von Open-Source-Software für KMU angesehen. Dieses Problem gilt nicht nur für Open-Source-Software, sondern auch für proprietäre Software von anderen Herstellern. Wie aus den Experten-Interviews hervorgegangen ist, sind die proprietären Hersteller aus Kosten- und Geschwindigkeitsgründen auf eine Offenlegung der Schnittstellen auf lange Sicht angewiesen. Zudem ist der Kunde auf eine funktionierende Internetverbindung angewiesen. Fällt die Internetverbindung aus, stehen die benötigten Dienste nicht zur Verfügung. Zur Sicherstellung einer hohen Verfügbarkeit der Internetverbindung sollten Verträge mit mehreren Internet Service Providern abgeschlossen werden. Aufgrund der begrenzten finanziellen Ressourcen ist dies für KMU problematisch.

Durch die Auslagerung von Diensten an einen externen Anbieter kann es zu *sozialen Risiken* wie Mitarbeiterwiderständen kommen. Als Konsequenz ist neben der Gefahr von negativer Presse auch eine verstärkte Arbeitsverweigerungshaltung innerhalb des Unternehmens denkbar (Benlian & Hess, 2010). Mitarbeiterwiderstände sind bei KMU weniger wahrscheinlich, da eine hohe Mitarbeiterbindung durch die Identifikation der Mitarbeiter mit dem Unternehmen vorhanden ist. Dementsprechend sehen nur 50% der Umfrageteilnehmer die sozialen Risiken zumindest teilweise als Problem an. Auch die Interview-Partner sehen diese Risiken weniger problematisch, da die Auslagerung von IT-Leistungen nicht zwangsläufig zu einem Arbeitsplatzverlust führen muss. Wie schon Repschläger et al. (2010) und Ederer (2007) festgestellt haben, bedingt die serviceorientierte Ausrichtung von Cloud Computing eine organisatorische Umgestaltung und Neuausrichtung von IT-Abteilungen aller Größenordnungen. Bisherige Kompetenzen wie der Betrieb und Wartung von IT-Systemen werden von neuen Aufgaben wie beispielsweise die Integration von Cloud-Diensten in die Infrastruktur und die Steuerung, Überwachung sowie Auswahl von Cloud-Diensten abgelöst. Die Nutzung von Cloud-Diensten ist eine Chance zur Weiterentwicklung von IT-Mitarbeitern, da operative Aufgaben durch anspruchsvollere strategische Aufgaben abgelöst werden. Da Mitarbeiter von KMU typischerweise mehrere Aufgabenbereiche ausüben, verbleibt mehr Zeit für wichtigere Aufgaben als die Bereitstellung von IT-Diensten. Die Interview-Partner sind sich einig, dass den Mitarbeitern bewusst gemacht werden muss, dass eine Auslagerung der rein operativen Aufgaben auf Dauer nicht verhindert werden kann, da diese Aufgaben nicht zu den Kernkompetenzen von KMU zählen und der Kostendruck durch die Konkurrenz groß ist. Bei der Planung sind Umschulungen der Mitarbeiter sowie die Tatsache

zu berücksichtigen, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht alle Arbeitsplätze gerettet werden können.

63% der Umfrageteilnehmer sehen die *fehlende Zukunftssicherheit* als Problem an, da die langfristige Existenz eines Cloud-Anbieters nicht garantiert werden kann. Ist der Anbieter insolvent, können die benötigten Dienste nicht mehr bereitgestellt werden und ein aufwendiger Anbieterwechsel ist notwendig. Prinzipiell ist diese Problematik laut den befragten Experten auch bei traditioneller Standardsoftware vorhanden. Wenn der proprietäre Hersteller einer Standardsoftware insolvent ist, laufen Wartungsverträge aus und die Bereitstellung von Updates wird eingestellt, so dass ein Anbieterwechsel zu gegebener Zeit notwendig ist. Wie bei der Problematik bezüglich der Abhängigkeit von einem Anbieter festgestellt wurde, kann Open-Source-Software dazu beitragen, die Abhängigkeit zu reduzieren und einen Anbieterwechsel zu erleichtern. Durch den offenen Quellcode kann die Software auch von einem anderen externen Entwickler-Team oder unternehmensintern weiterentwickelt werden. Genauso wie bei traditioneller Standardsoftware und Cloud-Dienstleister stellt sich bei Open-Source-Software die Frage nach der Weiterentwicklung auf lange Sicht. Die fehlende Zukunftssicherheit von Open-Source-Software wird von knapp 50% der Umfrageteilnehmer als Risiko angesehen. Da für KMU die langfristige strategische Planung oftmals eine untergeordnete Rolle spielt, fällt dieses Argument weniger ins Gewicht.

In der Literatur wird das Problem beschrieben, dass die Auslagerung von Diensten in die Public Cloud zwangsläufig zu einer *Abgabe von Know-How* führt. Das Know-How wurde zuvor im eigenen Unternehmen mit hohen finanziellen und personellen Ressourcen aufgebaut (Benlian & Hess, 2010). 70% der Umfrageteilnehmer und die befragten Experten sehen die Abgabe von Know-How als weniger problematisch an, da die Bereitstellung von IT-Diensten nicht zu den Kernkompetenzen von KMU auf Anwenderseite zählt. Aus diesem Grund hält sich der Verlust von Know-How bei der Auslagerung von unkritischen IT-Diensten in Grenzen. Die Auslagerung von kritischen Geschäftsprozessen sollte laut den Experten-Interviews vermieden werden, da diese Prozesse zur Wertschöpfung des Unternehmens direkt beitragen und ein hohes Maß an Kontrolle vor Ort benötigen.

Die hohe Standardisierung von Cloud Computing führt zu einer *eingeschränkten Anpassung an individuelle Bedürfnisse* (Buxmann et al., 2008). Ein Großteil der Umfrageteilnehmer ist der Meinung, dass Open-Source-Lösungen dieses Problem durch den offenen Quellcode reduzieren kann, der eine Anpassung der Dienste an individuelle Bedürfnisse ermöglicht. Besonders für KMU, die in Marktnischen tätig sind, ist eine Anpassung der Dienste wichtig. Wie aus den Experten-Interviews hervorgegangen ist, wird eine derartige Anpassung im Hinblick auf die Skalierbarkeit der Cloud-Dienste nur in einem gewissen Rahmen als sinnvoll erachtet. Für KMU ist eine hohe Standardisierung vorteilhaft, da unstrukturierte Prozesse

abgelöst werden können. In jedem Einzelfall muss entschieden werden, bis zu welchem Ausmaß eine Standardisierung sinnvoll ist.

7.1.3. Zusammenfassung der Vor- und Nachteile von Cloud Computing

Tabelle 11 fasst die in den letzten beiden Unterkapiteln beschriebenen Vor- und Nachteile des externen Bezugs von IT-Diensten für KMU aus Anwendersicht zusammen:

Potentielle Vorteile	Potentielle Nachteile
Keine Kosten für Betrieb und Wartung der IT-Infrastruktur	Kostennachteile bei nutzungsabhängiger Abrechnung
Hohe Verfügbarkeit und Flexibilität	Sicherheitsproblematik
Zugang zu spezifischen Ressourcen	Hohe Abhängigkeit vom Anbieter
Fokussierung auf Kernkompetenzen	Soziale Risiken
Einfache Bedienung	Fehlende Zukunftssicherheit
	Verlust von Know-How
	Eingeschränkte Anpassbarkeit

Tabelle 11: Vor- und Nachteile des externen Bezugs von IT-Diensten aus Anwendersicht

7.2. Empfehlungen für die Public Cloud aus Anbietersicht

Im Folgenden werden Empfehlungen für die Ausnutzung der Vorteile und für die Reduktion der Nachteile von Cloud Computing bei KMU gegeben, die IT-Dienste zur Verfügung stellen.

Sowohl für KMU als auch für Großunternehmen auf Anbieterseite können laut den Interview-Partnern Skaleneffekte erzielen und die vorhandenen Ressourcen optimal auslasten (siehe auch Lee, 2010). Es können sich *Kostenvorteile* in den Bereichen Hardware, Software und Personal ergeben (Buxmann et al., 2008). Bei der Bereitstellung trägt zur Kostenersparnis die Betriebssystemunabhängigkeit bei, da die Dienste ausgehend von einer zentralen Plattform betrieben werden, auf die über das Internet zugegriffen wird (von Gunten, 2007). Für das erfolgreiche Ausnutzen der Kostenvorteile sind effiziente SOA-Strukturen umzusetzen, die eine hohe Standardisierung und Automatisierung ermöglichen. Im Hinblick auf zukünftige Wettbewerbsvorteile sollten kleinere Dienstleister laut den befragten Experten trotz der geringen Nachfrage bereits heute in das neue Geschäftsmodell Cloud Computing investieren.

Durch die geringeren Einstiegskosten und die kurzen Kündigungsfristen können *neue Kundengruppen* erschlossen werden, für die traditionelle Lösungen aufgrund hoher Kosten nicht in Frage kommen. IT-Dienstleister sollten den Kunden ermöglichen, Cloud-Funktionalitäten

auszuprobieren, ohne langfristige Verbindlichkeiten zu verlangen (Anding, 2010). Viele KMU auf Anwenderseite scheuen laut den Experten den Einsatz der Cloud-Dienste über die Testphase hinaus. Für KMU auf Anbieterseite ergeben sich laut den Experten-Interviews zusätzlich zu der Erschließung weiterer Kundengruppen auch neue Geschäftsfelder wie das Themengebiet Managed Services, das die Auswahl und Integration von Cloud-Diensten enthält.

Aufgrund der hohen Anfangsinvestitionen für das Aufsetzen der Plattform (Buxmann et al., 2008) ist das *finanzielle Risiko* für KMU besonders hoch, da größere Investition für KMU bei Misserfolg existenzbedrohend sein können. Weitere Kosten entstehen durch die technische Umsetzung der nutzungsabhängigen Bezahlung, die tiefgreifende Veränderungen in der ursprünglichen Software erfordern und laut den befragten Anbietern vor allem für KMU eine Herausforderung darstellt. Zum finanziellen Risiko trägt die sinkende Planungssicherheit bei, da Lizenzentnahmen und langfristige Verträge für profitable Wartungsarbeiten wegfallen. Stattdessen sind Anbieter aller Größenordnungen auf regelmäßige, kleinere Cash-Flows angewiesen. Mit einem kurzfristigen Ende der Kundenbeziehung muss bei der Planung gerechnet werden (Anding, 2010). Die eher kleinere Kundenanzahl von KMU äußert sich zusätzlich in niedrigen Skaleneffekten. Das finanzielle Risiko kann reduziert werden, indem die Risiken durch Partnerschaften mit anderen Dienstleistern wie beispielsweise innerhalb der Deutschen Wolke gestreut werden. Für Systemhäuser als Zwischenhändler äußert sich das finanzielle Risiko laut den befragten Experten in einem Wegbrechen des bisherigen Geschäftsmodells, so dass neue Geschäftsbereiche wie beispielsweise Managed Services erschlossen werden sollten.

Der Cloud-Anbieter muss zu jederzeit eine *hohe Verfügbarkeit garantieren* (Marwan, 2010). Werden die Infrastrukturdiensleistungen, Plattformen oder Anwendungen lokal beim Kunden installiert, ist von einem Systemausfall oder Software-Problem nur der einzelne Kunde betroffen. Treten Probleme in der Cloud-Infrastruktur auf, sind im schlimmsten Fall alle Kunden betroffen (Marwan, 2010). Ausreichende Sicherheits- und Verfügbarkeitsvorkehrungen sind erforderlich, die für KMU eine hohe finanzielle Belastung darstellen.

7.3. Anwendungsszenarien für die Private Cloud

Neben der Auslagerung von IT-Leistungen zu einem externen Dienstleister zählt auch die unternehmensinterne Bereitstellung von Diensten in einer Private Cloud zu Cloud Computing. Die quantitative und qualitative Analyse hat ergeben, dass die Private Cloud bei KMU auf Anwender- und Anbieterseite am häufigsten eingesetzt wird. Zusätzlich ist die Kombination aus beiden Möglichkeiten in einer Hybrid Cloud denkbar. Die unternehmensinterne Bereitstellung von Cloud-Diensten setzt den wesentlichen Vorteil von Cloud Computing außer Kraft: Die Kosteneinsparung durch massive Skalierung von Ressourcen für viele Anwender

wird durch die Bereitstellung der Dienste für nur eine Organisation stark eingeschränkt. Die Unternehmen müssen Aufbau, Betrieb und Wartung der Infrastruktur selbst finanzieren. Für kleine Mittelständler lohnt sich der Betrieb eines eigenen Rechenzentrums laut den befragten Experten nicht. Für größere Mittelständler kann die Umwandlung des Rechenzentrums in eine Private Cloud trotz der genannten Nachteile aus mehreren Gründen sowohl für Anwender als auch für Anbieter sinnvoll sein:

- *Kostenvorteile*: Die hohe Standardisierung und Automatisierung führt zu Kostenvorteilen, da die vorhandene Infrastruktur durch Virtualisierung optimal ausgelastet werden kann.
- *Hohe Sicherheit*: Die strengen Datenschutzregelungen in Deutschland können unternehmensintern risikofrei umgesetzt werden.
- *Ausreichend Bandbreite*: In bestimmten SaaS-Anwendungsbereichen wie beispielsweise DMS oder Teilen von BI, in denen große Datenmengen in sehr kurzer Zeit bewegt werden müssen, sind die vorhandenen Bandbreiten besonders von KMU für ein effektives Arbeiten in der Public Cloud zu gering. Dieses Problem ist unternehmensintern nicht vorhanden.
- *Direkter Zugriff*: In einer Private Cloud ist der Zugang zu unternehmenskritischen Ressourcen schneller und direkter als in einer Public Cloud möglich. In einer Public Cloud muss der Kunde für die Auslagerung von Diensten, die hohe Verfügbarkeitsanforderungen haben, entsprechende SLAs für einen hohen Preis aushandeln.
- *Geringere Abhängigkeit*: Die Abhängigkeit von einem externen Dienstleister wird vermieden und Know-How verbleibt im eigenen Unternehmen. Eine funktionierende Internetverbindung ist für die Nutzung der Dienste nicht notwendig.
- *Branche der IT-Dienstleister*: Falls die Bereitstellung von IT-Diensten zu den Kernkompetenzen des Unternehmens zählt, lohnt sich der Aufbau einer Private Cloud. KMU müssen bei der Planung berücksichtigen, dass aufgrund der geringeren Skaleneffekte im Vergleich zu Großunternehmen ein hoher Kostendruck entsteht.

Für die Akzeptanz von Cloud Computing spielt der schrittweise Übergang „in die Cloud“ eine wichtige Rolle. Eine Private Cloud kann als Übergangsmöglichkeit oder Zwischenschritt hin zu einer Public Cloud angesehen werden (Lin & Devine, 2010). Durch eine einheitliche Schnittstellendefinition kann der Übergang in die Public Cloud erleichtert werden. Unter Einbeziehung einer Hybrid Cloud ergeben sich neue Anwendungsszenarien: Geschäftskritische Applikationen können intern in einer Private Cloud betrieben, wohingegen unkritische Daten sowie Lastspitzen in die Public Cloud ausgelagert werden können (Repschläger et al., 2010).

7.4. Checkliste

Die Checkliste in Tabelle 12 ist während der Literaturrecherche und der Marktanalyse dieser Abschlussarbeit entstanden. Im Gegensatz zum Bitkom Leitfaden (2009) soll kein vollständiger Leitfaden für die Einführung von Cloud Computing gegeben werden. Stattdessen werden einzelne Aktivitäten beschrieben, die sich im Laufe dieser Abschlussarbeit für die Einführung von Cloud Computing in KMU als wichtig herausgestellt haben und berücksichtigt werden sollten. Die Aktivitäten sind sowohl auf KMU der Anwender- als auch der Anbieterseite ausgelegt, da für die Einführung von Cloud Computing ähnliche Empfehlungen sinnvoll sind. Die Empfehlungen sind in die drei Sektionen „Handlungsbedarf ermitteln“, „Strategie festlegen“ und „Kosten berücksichtigen“ eingeteilt. Die Sektionen werden im Folgenden erläutert.

Der erste Schritt für die Einführung von Cloud Computing in KMU ist die Ermittlung des Handlungsbedarfs. Wie die Experten-Interviews ergeben haben, sind bei vielen KMU die Voraussetzungen für die Nutzung von Cloud Computing nicht vorhanden. Bevor IT-Dienste dynamisch und nutzungsabhängig im Rahmen von Cloud Computing genutzt bzw. bereitgestellt werden können, müssen sowohl Anwender als auch Anbieter die notwendigen SOA-Strukturen aufbauen. Zusätzlich müssen die Ziele ermittelt werden, die mit Cloud Computing erreicht werden sollen. Das am häufigsten verfolgte Ziel von KMU ist die Kosteneinsparung durch Auslagerung von IT-Diensten zu einem externen Anbieter aufgrund des hohen Konkurrenzdrucks von internationalen Großunternehmen. Zusätzlich sollten KMU Dienste aus der Public Cloud nutzen, um veraltete IT-Systeme abzulösen und Prozesse zu standardisieren, da ein großer Nachholbedarf besteht. Anbieter verfolgen das Ziel, die vorhandenen Ressourcen optimal auszulasten und neue Kundengruppen zu erschließen.

Nachdem der Handlungsbedarf ermittelt wurde, muss die Strategie für die Einführung von Cloud Computing festgelegt werden. Diese Sektion gliedert sich in die drei Bereiche „Organisation“, „Technik“ und „Recht“. Im Bereich „Organisation“ muss die organisatorische Cloud-Architektur festgelegt werden. Wichtige Kriterien für die Entscheidung sind die Branche, Unternehmensgröße, Geschäftsdynamik und –perspektive. Für kleine und junge KMU ist die Nutzung einer Public Cloud sinnvoll, da sich der Aufbau eines eigenen Rechenzentrums laut den befragten Experten nicht lohnt. Wie in Kapitel [7.3](#) dargestellt, kann sich der Aufbau einer Private Cloud für größere Mittelständler und IT-Dienstleister lohnen. Alternativ kann eine Hybrid Cloud für Lastspitzen oder eine Community Cloud für Branchenlösungen genutzt werden. Ein weiterer wichtiger Punkt im Bereich „Organisation“ sind die organisatorischen Änderungen, die Cloud Computing zwangsläufig nach sich zieht. Laut den Experten ist es besonders bei Familienunternehmen mit hoher Machtkonzentration wichtig, die Unterstützung von Führungskräften sicherzustellen und wichtige technische Begrifflichkeiten zu übersetzen. Außerdem sollten die Mitarbeiter aufgrund der neuen Aufgaben umgeschult werden.

Checkliste für die Einführung von Cloud Computing in KMU	
Handlungsbedarf ermitteln	
<input type="checkbox"/>	Prüfen, ob Voraussetzungen für Cloud Computing erfüllt sind (SOA-Strukturen vorhanden?)
<input type="checkbox"/>	Untersuchen, welche Ziele mit Cloud Computing erreicht werden können, bei KMU z.B. Kosteneinsparung wegen Konkurrenzdruck, Ablösung veralteter IT-Systemen
Strategie festlegen	
	Organisation
<input type="checkbox"/>	<p>Festlegung der organisatorischen Cloud-Architektur:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Public Cloud (eignet sich für kleine oder junge Mittelständler) • Private Cloud (eignet sich für größere Mittelständler oder als Übergangslösung vor der Auslagerung in die Public Cloud) • Hybrid Cloud (eignet sich für die Auslagerung von Lastspitzen) • Community Cloud (eignet sich für Branchen oder die Supply Chain) <p>Kriterien: Branche, Unternehmensgröße, Geschäftsdynamik und –perspektive</p>
<input type="checkbox"/>	Organisatorische Änderungen berücksichtigen (wichtig: Unterstützung von Führungskräften, Mitarbeiter miteinbeziehen, Umschulungen / Weiterbildung)
	Technik
<input type="checkbox"/>	<p>Festlegung der technischen Cloud-Architektur:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infrastructure-as-a-Service (IT-Infrastruktur) • Platform-as-a-Service (Entwicklungs- und Laufzeitumgebung) • Software-as-a-Service (Standardanwendungen)
<input type="checkbox"/>	Open-Source-Software bei der Planung berücksichtigen, vor allem bei KMU mit begrenzten Investitionsmöglichkeiten und/oder Tätigkeit in Nischenmärkten
<input type="checkbox"/>	Prüfen, ob ausreichend Bandbreite für die Dienste aus der Public Cloud vorhanden ist, da KMU typischerweise nur wenig Bandbreite zur Verfügung haben
<input type="checkbox"/>	Prüfen, ob eine einfache Bedienung der Dienste vorhanden ist, da bei KMU wenig Zeit und Geld für Schulungen vorhanden ist
<input type="checkbox"/>	Externer Support bei der Planung berücksichtigen, da das interne Know-How von KMU begrenzt ist (besonders bei Open-Source-Software)
<input type="checkbox"/>	Kompatibilität der Schnittstellen zu anderen Teilen der IT-Infrastruktur prüfen
	Recht
<input type="checkbox"/>	Besonders bei Auslagerung von kritischen Daten sind die rechtliche Implikationen genau zu untersuchen, da Schadensersatzpflichten für KMU existenzbedrohend sein können
<input type="checkbox"/>	Sehr genaue Planung der SLAs (Aufbewahrungsort der Daten festlegen, Datenrückholung sicherstellen, Anforderungen an Verfügbarkeit, Performance, ...)
Kosten berücksichtigen	
<input type="checkbox"/>	Einbeziehen aller möglichen Alternativen in den Entscheidungsprozess
<input type="checkbox"/>	TCO und Break Even Point untersuchen, da falsche Investitionsentscheidung für KMU existenzbedrohend sein kann

Tabelle 12: Checkliste für die Einführung von Cloud Computing in KMU

Im Bereich „Technik“ muss entschieden werden, ob IT-Infrastruktur (IaaS), Entwicklungs- und Laufzeitumgebungen (PaaS) oder Standardanwendungen (SaaS) bezogen bzw. bereitgestellt werden sollen. Wie der Marktüberblick aus Kapitel 4 ergeben hat, sind auf allen Schichten der technischen Cloud-Architektur auch Open-Source-Lösungen vertreten, die eine Alternative zu kommerziellen Lösungen darstellen und potentielle Vorteile wie fehlende Lizenzkosten und Möglichkeiten zur individuellen Anpassung für Nischenmärkte ermöglichen. Aus diesem Grund spielt es für KMU eine wichtige Rolle, Open-Source-Software bei der Planung zu berücksichtigen. Der dritte Unterpunkt im Bereich Technik ist das Thema Bandbreite, da ausreichend Bandbreite vorhanden sein muss, wenn Dienste aus der Public Cloud bezogen werden sollen. Die Interview-Partner sehen die Bandbreite von KMU für viele Anwendungsbereich wie beispielsweise DMS oder BI als zu gering an. Eine weitere Anforderung im Bereich „Technik“ ist die einfache Bedienung des Cloud-Dienstes, da bei KMU Schulungen aufgrund von begrenzten finanziellen und personellen Ressourcen eine untergeordnete Rolle spielen. Aufgrund des begrenzten Know-Hows von KMU ist der nächste Punkt der Checkliste die Berücksichtigung von externem Support, der vor allem beim Einsatz von Open-Source-Software in der Cloud-Architektur wichtig ist. Für KMU eignet sich der externe Bezug von Support bei professionellen Anbietern, die das Prinzip des Commercial Open Source verfolgen. Bei der Planung muss zusätzlich überprüft werden, ob die Schnittstellen des Cloud-Dienstes kompatibel zur restlichen IT-Infrastruktur sind, so dass eine hohe Interoperabilität realisiert werden kann. In der Sektion „Recht“ müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen untersucht werden. Für eine Auslagerung in die Public Cloud eignen sich laut den befragten Experten besonders unkritische Daten wie Produktdaten. Eine Auslagerung von kritischen Daten wie Personendaten ist risikofrei nur im Europäischen Wirtschaftsraum möglich. Zur Sektion „Recht“ zählt auch die Festlegung der vertraglichen Bestimmungen wie beispielsweise der Aufbewahrungsort der Daten oder die Anforderungen an die Performance. Wie sich aus den Handlungsempfehlungen ergeben hat, sollten KMU die Standardverträge der Cloud-Anbieter bei einer externen Auslagerung ausführlich prüfen, da die Verträge teilweise nicht der deutschen Gesetzgebung entsprechen.

In der letzten Sektion geht es um die Kosten, die die Nutzung von Cloud Computing nach sich zieht. Aus der quantitativen und qualitativen Analyse ist hervorgegangen, dass alle möglichen Alternativen in den Entscheidungsprozess miteinbezogen werden sollten: Sowohl proprietäre Cloud-Dienste, Open-Source-Software, traditionelle Lösungen im eigenen Unternehmen und Kombinationen aus diesen Möglichkeiten sollten berücksichtigt werden. Die Umfrageteilnehmer sehen als weiteres Problem, dass durch die nutzungsabhängige Abrechnung der Cloud-Dienste die Gefahr von Kostennachteilen besteht. In diesem Zusammenhang muss der TCO über den gesamten Lebenszyklus des Dienstes und der Break Even Point untersucht werden.

8. Fazit

Die vorliegende Abschlussarbeit hat die Bedeutung von Open-Source-Software für Cloud Computing in KMU untersucht. Der Marktüberblick hat gezeigt, dass in allen Schichten der technischen Cloud-Architektur Open-Source-Software vorhanden ist und viele der Lösungen hinsichtlich der Funktionalität mit kommerziellen Produkten konkurrieren können. Besonders für den Aufbau einer Private Cloud bietet sich Open-Source-Software an. Die Umfrage hat ergeben, dass Cloud Computing langsam bei KMU ankommt und die interne Bereitstellung von IT-Diensten in der Private Cloud momentan häufiger zum Einsatz kommt als die Public Cloud. Trotz der Vorteile der Public Cloud wie potentielle Kostenvorteile und eine hohe Flexibilität ist die Akzeptanz bei KMU gering. Der Haupthinderungsgrund für einen verstärkten Einsatz der Public Cloud ist die Sicherheitsproblematik. Zum Abbau des Risikos kann die Nutzung von deutschen Cloud-Anbietern wie beispielsweise die Angebote der Deutschen Wolke beitragen, die in der qualitativen Analyse vorgestellt wurde. Außerdem ist aus den Experten-Interviews hervorgegangen, dass Cloud-Dienste im Jahr 2011 monolithisch in der IT-Architektur von KMU eingesetzt werden. Der Wertschöpfungsprozess wird mit Cloud-Diensten unterstützt und nicht ersetzt. Für eine durchgängige Abbildung der Prozesse von KMU ist die Integration von mehreren Cloud-Diensten unterschiedlicher Hersteller eine wichtige Herausforderung. In diesem Bereich kann eine app-basierte Cloud-Plattform auf Basis von Open-Source-Software mit offenen Schnittstellen und offenen Standards eine wichtige Rolle spielen. In den Handlungsempfehlungen wurden die Vor- und Nachteile von Cloud Computing aus Anwender- und Anbietersicht diskutiert und Empfehlungen für die Ausnutzung der Vorteile und für die Reduktion der Risiken gegeben. Im Anschluss wurde eine Checkliste mit wichtigen Anhaltspunkten für die Einführung von Cloud Computing präsentiert.

Als Ergebnis der quantitativen und qualitativen Analyse kann zusammengefasst werden, dass Open-Source-Software zum Abbau der Risiken und zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing bei KMU beitragen kann. Besonders zur weiteren Reduzierung der Abhängigkeit von einem Anbieter leistet Open-Source-Software durch den frei verfügbaren Quellcode und durch die offenen Standards einen wertvollen Beitrag. Zudem erlaubt Open-Source-Software die Abschwächung der Sicherheitsproblematik durch den transparenten Quellcode. Zukünftig wird Open-Source-Software für die Interoperabilität der verschiedenen Cloud-Dienste eine wichtige Rolle spielen.

Für KMU ist der externe Bezug von IT-Diensten aus der Public Cloud eine Chance, den hohen Nachholbedarf hinsichtlich der veralteten IT-Systeme schnell und kostengünstig abzubauen. Falls KMU in einem Nischenmarkt tätig sind, erlaubt Open-Source-Software durch den offenen Quellcode eine Anpassung der Dienste an den jeweiligen Markt. Die befragten Experten betonen, dass die individuelle Anpassung der Dienste nur begrenzt sinnvoll ist, da

die Skalierbarkeit und somit die Kostenvorteile verloren gehen. Eine hohe Standardisierung der Cloud-Dienste hat für KMU zusätzlich den Vorteil, dass unstrukturierte Prozesse abgelöst werden können. Besonders für KMU, die eingeschränkte IT-Ressourcen zur Verfügung haben und einem hohen Kostendruck durch die Konkurrenz von internationalen Großunternehmen ausgesetzt sind, ermöglicht die Nutzung von Open-Source-Software in der Cloud-Architektur aufgrund der fehlenden Lizenzkosten weitere Potentiale für Kosteneinsparungen. Was die Kostenfrage angeht, muss jeder Anwendungsfall individuell untersucht werden. Es darf nicht davon ausgegangen werden, dass Cloud Computing in Verbindung mit Open-Source-Software prinzipiell günstiger als traditionelle Lösungen ist. Alle möglichen Alternativen müssen im Entscheidungsprozess berücksichtigt werden. Das Aussterben von klassischen, lokalen Lösungen beim Anwender vor Ort ist laut den Experten nicht absehbar. Laut den Experten hat kostenlose Open-Source-Software in der Cloud-Architektur den Nachteil des fehlenden Supports, der für KMU mit begrenztem Know-How wichtig ist und extern bezogen werden muss. Zusätzlich bemängeln die Umfrageteilnehmer die fehlenden Schnittstellen zu proprietärer Software, die laut den Experten langfristig aus Kosten- und Geschwindigkeitsgründen offengelegt werden müssen. Eine wichtige Anforderung für KMU an einen Cloud-Dienst auf Open-Source-Basis ist die einfache Bedienung, da weder die Zeit noch das Geld für Schulungen vorhanden ist. Der Marktüberblick hat ergeben, dass viele ausgereifte Open-Source-Lösungen mit hoher Benutzerfreundlichkeit vorhanden sind.

Trotz der Hinderungsgründe sind sich die befragten Experten einig, dass sich Cloud Computing aus der Public Cloud in Zukunft bei Unternehmen aller Größenordnungen durchsetzen wird. Der Hauptgrund ist die Tatsache, dass mit Cloud Computing grundlegende Anforderungen an die elektronische Datenverarbeitung erfüllt werden: Die Nutzung von IT-Diensten wird durch Cloud Computing sowohl einfach als auch bequem. Massiv skalierbare Dienste können mit Hilfe von Cloud Computing über das Internet bezogen und nutzungsabhängig abgerechnet werden, ohne eigene Hardware betreiben zu müssen. Dieser Komfort ist mit traditionellen Lösungen nicht realisierbar, da eine entsprechende Infrastruktur nur mit hohem Aufwand umgesetzt werden kann. Um die Anforderungen an die Skalierbarkeit umzusetzen, müssen die Anbieter eine hohe Automatisierung und Standardisierung sicherstellen.

Der Anteil der IT-Ausgaben deutscher Unternehmen für Cloud Computing wird sich nach Prognosen innerhalb von fünf Jahren von 1,4% auf 9,1% erhöhen (Velten & Janata, 2010). Bis 2014 soll sich der weltweite Umsatz mit Cloud Computing auf 148 Milliarden Dollar verdreifachen (Gartner, Inc., 2010c). Diese Prognosen sowie die Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Analyse belegen, dass Cloud Computing die IT-Landschaften der Unternehmen in Zukunft verstärkt prägen wird. Open-Source-Software hat das Potential, eine wichtige Rolle zur Erhöhung der Akzeptanz von Cloud Computing zu spielen.

Anhang

Anhang 1: CaaS-Anbieter

Die folgende Tabelle enthält eine Auswahl der CaaS-Anbieter und deren Dienste aus der Public Cloud inklusive Link zur Homepage. Der Inhalt der Tabelle ist aus der Internetrecherche entstanden.

Entwickler	Name	Homepage
Amazon	Elastic Compute Cloud (EC2)	http://aws.amazon.com/de/ec2/
AppNexus	Ad Platform	http://www.appnexus.com/
AT&T	Synaptic CaaS	http://www.business.att.com/enterprise/Service/hosting-services/cloud/computing/
Bluelock	Virtual Cloud Computing	http://www.bluelock.com/bluelock-cloud-hosting/
ENKI	Virtual Private Data Centers	http://www.enki.co/primacloud/vpdc.html
FlexiScale	Public Cloud	http://www.flexiant.com/products/flexiscale/
Fujitsu	Server as a Service	http://de.fujitsu.com/it_trends/dynamic_infrastructures/iaas.html
GoGrid	Cloud Hosting	http://www.gogrid.com/cloud-hosting/cloud-servers.php
HP	CloudSystem	http://www8.hp.com/us/en/solutions/solutions-detail.html?compURI=tcm:245-825635
IBM	CloudBurst	http://www-05.ibm.com/de/cloud/cloudburst.html
Joyent	JoyentCloud	http://www.joyentcloud.com/
Rack-space	Cloud Sites	http://www.rackspace.com/cloud/cloud_hosting_products/sites/
Rack-space	Cloud Servers	http://www.rackspace.com/cloud/cloud_hosting_products/servers/
Savvis	Symphony	http://cloud.savvis.com/services/
Skytap	Cloud	http://www.skytap.com/skytap-cloud/index.php
Terremark	Infinistructure	http://www.terremark.com/technology-platform/infinistructure.aspx
todo	flexIT instance	http://www.todo.de/Produkte/flexIT/flexITinstance.php
Verizon	Computing as a Service	http://www.verizonbusiness.com/de/Products/it/cloud-it/caas/
Zimory	Enterprise Cloud	http://www.zimory.de/index.php?id=10

Tabelle 13: CaaS-Anbieter

Anhang 2: StaaS-Anbieter

Die folgende Tabelle enthält eine Auswahl der StaaS-Anbieter und deren Dienste aus der Public Cloud inklusive Link zur Homepage. Der Inhalt der Tabelle ist aus der Internetrecherche entstanden.

Entwickler	Name	Homepage
Amazon	Elastic Block Storage (EBS)	http://aws.amazon.com/ebs/
Amazon	Simple Storage Service (S3)	http://aws.amazon.com/de/s3/
Amazon	SimpleDB	http://aws.amazon.com/de/simpledb/
AT&T	Cloud Storage	http://www.business.att.com/enterprise/Service/hosting-services/cloud/storage/
EMC	VPLEX	http://germany.emc.com/campaign/global/vplex/index.htm
Fujitsu	Storage as a Service	http://de.fujitsu.com/it_trends/dynamic_infrastructure/iaas.html
GoGrid	Cloud Storage	http://www.gogrid.com/cloud-hosting/cloud-storage.php
Google	Storage	http://code.google.com/intl/de-DE/apis/storage/
HP	CloudSystem	http://www8.hp.com/us/en/solutions/solutions-detail.html?compURI=tcm:245-825635
Microsoft	Windows Live Skydrive	http://www.windowslive.de/skydrive/
Nirvanix	Storage Delivery Network	http://www.nirvanix.com/
petaera	Storage-as-a-Service	http://www.petaera.com/de/Produkte/Storage-as-a-Service.html
Rackspace	Cloud Files	http://www.rackspace.com/cloud/cloud_hosting_products/files/
todo	flexIT storage	http://www.todo.de/Produkte/flexIT/flexITstorage.php
Verizon	Cloud Storage	http://www.verizonbusiness.com/de/Products/it/cloud-it/cloud-storage/
Zecter	Zumodrive	http://www.zumodrive.com/

Tabelle 14: StaaS-Anbieter

Anhang 3: NaaS-Anbieter

Die folgende Tabelle enthält eine Auswahl der NaaS-Anbieter und deren Dienste aus der Public Cloud inklusive Link zur Homepage. Der Inhalt der Tabelle ist aus der Internetrecherche entstanden.

Entwickler	Name	Homepage
Amazon	Virtual Private Cloud (VPC)	http://aws.amazon.com/de/vpc/
AT&T	Ethernet Services	http://www.business.att.com/enterprise/Family/network-services/ethernet/?source=IEa225001ltpdset
Emulab	Network Testbed	http://www.emulab.net/
Stanford University	OpenFlow	http://www.openflow.org/
Verizon	Bandwidth On Demand	http://www22.verizon.com/wholesale/solutions/solution/bod.html

Tabelle 15: NaaS-Anbieter

Anhang 4: PaaS-Anbieter

Die folgende Tabelle enthält eine Auswahl der PaaS-Anbieter und deren Dienste aus der Public Cloud inklusive Link zur Homepage. Der Inhalt der Tabelle ist aus der Internetrecherche entstanden.

Entwickler	Name	Homepage
Akamai	EdgePlatform	http://www.akamai.com/html/technology/edgeplatform.html
Amazon	Elastic MapReduce	http://aws.amazon.com/de/elasticmapreduce/
Facebook	Platform	http://developers.facebook.com/
Google	AppEngine	http://code.google.com/intl/de-DE/appengine/
Microsoft	Windows Azure	http://www.microsoft.com/windowsazure/
NetSuite	SuiteFlex	http://www.netsuite.com/portal/developers/suiteflex.shtml
Salesforce	Force.com	http://www.salesforce.com/platform/
Sun	Project Caroline	http://labs.oracle.com/projects/caroline/
Zoho	Creator	http://www.zoho.com/creator/

Tabelle 16: PaaS-Anbieter

Anhang 5: SaaS-CRM-Anbieter

Die folgende Tabelle enthält eine Auswahl der SaaS-Anbieter im CRM-Bereich und deren Dienste aus der Public Cloud inklusive Link zur Homepage. Der Inhalt der Tabelle ist aus der Internetrecherche entstanden.

Entwickler	Name	Homepage
Aplicor	Online CRM	http://www.aplicor.com/products
Comarch	CRM	http://www.comarch.de/crm
Jitbit	Hosted CRM	http://www.jitbit.com/hosted-crm/
Luxor	LuxorCRM	http://www.luxorcrm.com/
Microsoft	Dynamics CRM On Demand	http://www.microsoft.com/germany/dynamics/produkte/crm/on-demand/ueberblick/
Oracle	CRM On Demand	http://crmondemand.oracle.com/de/
Salesforce.com	CRM	http://www.salesforce.com/
Sage	SageCRM	http://de.sagecrm.com/
Scopevisio	CRM-Software	http://www.scopevisio.com/crm-software
Zoho	CRM	http://www.zoho.com/crm/

Tabelle 17: SaaS-Anbieter im CRM-Bereich

Anhang 6: SaaS-ERP-Anbieter

Die folgende Tabelle enthält eine Auswahl der SaaS-Anbieter im ERP-Bereich und deren Dienste aus der Public Cloud inklusive Link zur Homepage. Der Inhalt der Tabelle ist aus der Internetrecherche entstanden.

Entwickler	Name	Anmerkung	Homepage
Collmex	Collmex		http://www.collmex.de/buchhaltungssoftware.html
Comarch	ERP		http://www.comarch.de/erp
Epicor	Manufacturing Express Edition	inkl. CRM	http://www.epicor.com/Products/Pages/SaaS-ERP.aspx
Intacct	Cloud Financial Management	nur Finanzen	http://us.intacct.com/products/intacct.php
Luit Info-tech	LuitBiz	Inkl. CRM, DMS	http://www.luitinfotech.com/products/luitbiz-intro.html
Mamut	One	inkl. CRM	http://www.mamutone.de/ez/index.php/eng/Produkte

Netsuite	Netsuite	inkl. CRM	http://www.netsuite.com/portal/products/main.shtml
myfactory	Global.ON!	inkl. CRM	http://hosting2.myfactory.com/inside/Web/myfactory/GlobalON.aspx/
Oracle	Fusion Applications	inkl. CRM	http://www.oracle.com/de/products/applications/fusion/index.html
Plex	Online ERP		http://www.plex.com/ondemand/index.asp
SAP	Business ByDesign	inkl. CRM	http://www.sap.com/germany/sme/solutions/businessmanagement/
Scopevisio	ERP-Software	nur Finanzen	http://www.scopevisio.com/
Workday	Solutions		http://www.workday.com/solutions.php

Tabelle 18: SaaS-Anbieter im ERP-Bereich

Anhang 7: SaaS-BI-Anbieter

Die folgende Tabelle enthält eine Auswahl der SaaS-Anbieter im BI-Bereich und deren Dienste aus der Public Cloud inklusive Link zur Homepage. Der Inhalt der Tabelle ist aus der Internetrecherche entstanden.

Entwickler	Name	Anmerkung	Homepage
Acsellerate	Solutions	nur Analyse	http://www.acsellerate.net/solutions.php
Analytix On Demand	AOD Enterprise		http://www.analytixondemand.com/aod-enterprise.html
BI3 Solutions	Integrated Decision Optimization Center		http://www.bi3solutions.com/product.html
Birst	BI Suite		http://www.birst.com/products/end_to_end.shtml
Cloud9	Analytics Suite	nur Analyse	http://www.cloud9analytics.com/products/analyst-suite
FusionOps	FusionOps	nur Analyse	http://www.fusionops.com/
GoodData	Platform + Apps		http://www.gooddata.com/technology/
iDashboards	iDashboards	nur Analyse	http://www.idashboards.com/Products/iDashboards-In-Cloud-(SaaS).aspx
in2clouds	in2clouds	nur Analyse	http://www.in2clouds.com/predictive-analytics-solutions
Indicee	Indicee	nur Analyse	http://www.indicee.com/solutions/
Kognitio	Kognitio		http://www.kognitio.com/
Litebi	Litebi		http://www.litebi.com/en/products/products.html

Microsoft	SQL Azure Reporting	nur Analyse	http://www.microsoft.com/en-us/sqlazure/reporting.aspx
myDials	myDials	nur Analyse	http://www.mydials.com/solutions/index.php
Oco	Oco		http://www.oco-inc.com/oco-saas-bi-overview.htm
Panorama	PowerApps	nur Analyse	http://www.panorama.com/powerapps/
Pivotlink	BI Platform	nur Analyse	http://www.pivotlink.com/betterbi/our-product/bi-platform
Rosslyn Analytics	Ra.Pid Managed Services		http://www.rosslynanalytics.com/rapid-services.php
SAP	BusinessObjects BI OnDemand		http://www.sap.com/germany/solutions/sapbusinessobjects/ondemand/bi/index.epx
SpatialKey	SpatialKey	nur Analyse	http://www.spatialkey.com/products-features/
YouCalc	Apps	nur Analyse	http://www.youcalc.com/featured
We Are Cloud	Bime	nur Analyse	http://bimeanalytics.com/
Zoho	Online Reporting	nur Analyse	http://reports.zoho.com/login/login.jsp

Tabelle 19: SaaS-Anbieter im BI-Bereich

Anhang 8: SaaS-Groupware-Anbieter

Die folgende Tabelle enthält eine Auswahl der SaaS-Anbieter im Groupware-Bereich und deren Dienste aus der Public Cloud inklusive Link zur Homepage. Der Inhalt der Tabelle ist aus der Internetrecherche entstanden.

Entwickler	Name	Homepage
ContactOffice	Gruppenversion	http://de.contactoffice.com/virtual-office/de/product/versions/personal.jsp
Embeam	SaaS Groupware	http://embeamsolutions.com/groupware-solution-saas-application.html
Google	Apps	http://www.google.com/apps/intl/de/business/index.html
Groupion	Groupion	http://www.groupion.com/
Microsoft	Office Live Workspace	http://workspace.officelive.com/de-DE/
OrbiTeam	BSCW-Hosting	http://www.bscw.de/bscw_hosting.html
Salesforce.com	Chatter	http://www.salesforce.com/de/chatter/
Unicloud	Überall-Büro	http://www.unicloud.de/

Tabelle 20: SaaS-Anbieter im Groupware-Bereich

Anhang 9: SaaS-DMS-Anbieter

Die folgende Tabelle enthält eine Auswahl der SaaS-Anbieter im DMS-Bereich und deren Dienste aus der Public Cloud inklusive Link zur Homepage. Der Inhalt der Tabelle ist aus der Internetrecherche entstanden.

Entwickler	Name	Homepage
Bürotex	SaaS DMS	http://www.synargos.com/leistungsspektrum/ecm-dms-loesungen/ecm-dms-als-saas-loesung.html
DocuWare	DocuWare 5	http://www.docuware.com/
DropBox	Pro	http://www.dropbox.com/
Tinext	Livelink ECM	http://www.tinext.com/en/dms_in_saas

Tabelle 21: SaaS-Anbieter im DMS-Bereich

Anhang 10: Fragenkatalog

Im Rahmen der Umfrage wurde nachfolgender Fragenkatalog in Google Docs umgesetzt:

Bitte füllen Sie den folgenden Fragebogen zum Thema Cloud Computing in Verbindung mit Open-Source-Software aus. Die Ergebnisse werden im Rahmen der Abschlussarbeit „Die Bedeutung von Open-Source-Software für Cloud Computing in KMU“ am Institut für Parallelle und Verteilte Systeme der Universität Stuttgart anonymisiert ausgewertet. Die Beantwortung der Fragen nimmt 10-15 Minuten in Anspruch.

Teil 1/3: Allgemeines

Frage 1.1: In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?

- Automobilbranche / Zulieferer / Ingenieurdienstleistungen
- Gesundheit
- Handel
- Produktionstechnik
- Druck/Vervielfältigung
- Verlag/Informationsdienst
- Andere Branche (Bitte eintragen): _____

Frage 1.2: Wieviele Mitarbeiter beschäftigt Ihr Unternehmen weltweit?

- < 10
- < 50
- < 250
- < 500
- > 500

Frage 1.3: Wie hoch ist der Jahresumsatz Ihres Unternehmens?

- < 2 Millionen Euro
- < 10 Millionen Euro
- < 50 Millionen Euro
- > 50 Millionen Euro

Frage 1.4: Welche Funktion nehmen Sie in Ihrem Unternehmen vorwiegend ein?

- Spezialist / Fachkraft
- Projektleitung
- Führungsposition im mittleren Management
- Führungsposition im gehobenen Management
- Andere Funktion (Bitte eintragen): _____

Frage 1.5: Ist in Ihrem Unternehmen Cloud Computing im Einsatz?

- Ja
- Nein

Frage 1.6: Ist in Ihrem Unternehmen Open-Source-Software im Einsatz?

- Ja
- Nein

Teil 2/3: Beurteilung von Cloud Computing und Open-Source-Software

Hintergrund: Cloud Computing wird als die Bereitstellung virtualisierter IT-Infrastrukturen, Plattformen und Anwendungen definiert, die ausgehend von einer skalierbaren Plattform einer Vielzahl von Anwendern nutzungsabhängig über ein Netzwerk wie beispielsweise das Internet zur Verfügung gestellt werden. Im Rahmen dieser Abschlussarbeit wird untersucht, inwieweit Open-Source-Lösungen dazu beitragen können, die Risiken von Cloud Computing abzubauen. Wichtige Charakteristika von Open-Source-Software sind die kostenlose Nutzung der Software und die freie Verfügbarkeit des Quellcodes.

Frage 2.1: Wie schätzen Sie die Bedeutung von Cloud Computing momentan in Ihrer IT-Architektur ein? Bitte setzen Sie in der folgenden Tabelle ein Kreuz.

	Sehr Hoch	Hoch	Mittel	Niedrig	Sehr Niedrig
Momentane Bedeutung von Cloud Computing					

Frage 2.2: Bitte bewerten Sie folgende Aussagen zu Cloud Computing:

	Trifft vollständig zu	Trifft weitestgehend zu	Trifft weniger zu	Trifft überhaupt nicht zu
Durch die aufwendige Integration in die bestehende IT-Landschaft besteht eine hohe Abhängigkeit von einem Anbieter				
Aufgrund der Gefahr von Systemausfällen besteht eine hohe Abhängigkeit von einem Anbieter				
Die fehlende langfristige vertragliche Bindung führt zu einer geringen Abhängigkeit von einem Anbieter				
Die Speicherung von Daten in der Cloud führt zu Datenschutzproblemen und Sicherheitsbedenken				
Die Auslagerung eines ressourcenintensiven Dienstes in die Cloud kann aufgrund des nutzungsabhängigen Abrechnungsmodells zu Kostennachteilen führen				
Cloud Computing ermöglicht Kostenvorteile durch niedrige Kosten für den Betrieb der notwendigen Dienste				
Bei einer Auslagerung von Diensten in die Cloud besteht die Gefahr von Widerständen seitens der Mitarbeiter				
Cloud Computing ermöglicht den Zugang zu spezifischem Expertenwissen				
Cloud Computing führt zu einem Verlust von Know-How				
Cloud Computing erlaubt eine bessere Fokussierung auf die Kernkompetenzen des Unternehmens				
Die Standardisierung von Cloud-Services führt zu einer fehlenden Anpassbarkeit an individuelle Bedürfnisse				
Bei Cloud Computing fehlt die Zukunftssicherheit da die langfristige Existenz des Anbieters nicht garantiert werden kann				

Frage 2.3: Bei welchen der Risiken von Cloud Computing kann die Nutzung von Open-Source-Lösungen zu einem Abbau der Risiken beitragen?

- Eingeschränkte Anpassbarkeit an eigene Bedürfnisse durch die Standardisierung der Cloud-Services
- Fehlende Sicherheit und problematischer Datenschutz da vertrauliche Daten extern gespeichert werden
- Fehlende Zukunftssicherheit da langfristige Existenz des Anbieters nicht garantiert
- Hohe Abhängigkeit vom Anbieter aufgrund der Gefahr von Systemausfällen und Zugriffsmöglichkeit ausschließlich über das Internet
- Hohe Abhängigkeit vom Anbieter durch aufwendige Integration in die bestehende IT-Landschaft
- Kostennachteile bei der Auslagerung eines ressourcenintensiven Dienstes in die Cloud aufgrund des nutzungsabhängigen Abrechnungsmodells
- Soziale Risiken in Form von Mitarbeiterwiderständen und negativer Presse
- Verlust von Know-How

Frage 2.4: Was spricht unabhängig von Cloud Computing hauptsächlich gegen die verstärkte Nutzung von Open-Source-Software in Ihrem Unternehmen?

- Abstriche bei der Funktionalität im Vergleich zu proprietärer Software
- Begrenzte Gewährleistung und eingeschränkter Support
- Fehlende Sicherheit da offener Quellcode gezielte Angriffe begünstigt
- Fehlende Zukunftssicherheit da langfristige Existenz des Projekts nicht garantiert
- Hoher Schulungsaufwand für die wenig verbreiteten Open-Source-Lösungen
- Schnittstellenproblematik mit anderer Software

Frage 2.5: Wie schätzen Sie Ihren persönlichen Wissensstand zum Thema Cloud Computing ein? Bitte setzen Sie in der folgenden Tabelle ein Kreuz.

	Sehr Hoch	Hoch	Mittel	Niedrig	Sehr Niedrig
Persönlicher Wissensstand					

Teil 3/3: Nutzung von Cloud Computing und Open-Source-Software

In den folgenden Fragen haben Sie jeweils vier Antwortmöglichkeiten:

- Bereits im Einsatz: Das Konzept ist bereits in Ihrem Unternehmen im Einsatz.
- Geplant: Die Umsetzung des Konzepts ist in Ihrem Unternehmen geplant.
- Nicht geplant: Die Möglichkeit der Umsetzung des Konzepts wurde betrachtet, aber Sie haben sich dagegen entschieden.
- Nicht betrachtet: Der Einsatz des Konzepts wurde nicht betrachtet.

Frage 3.1: Die Cloud-Architektur sieht drei Organisationsformen vor. Bitte charakterisieren Sie die Nutzung der verschiedenen Organisationsformen in Ihrem Unternehmen.

	Bereits im Einsatz	Geplant	Nicht geplant	Nicht betrachtet
Unternehmensexterner Bezug der Cloud-Services (Public Cloud)				
Unternehmensinterner Bezug der Cloud-Services (Private Cloud)				
Kombination aus Public Cloud und Private Cloud (Hybrid Cloud)				

Frage 3.2: Die technische Cloud-Architektur sieht drei Hauptschichten vor, die aufeinander aufbauen vor. Bitte charakterisieren Sie die Nutzung dieser drei Hauptschichten in Ihrem Unternehmen.

	Bereits im Einsatz	Geplant	Nicht geplant	Nicht betrachtet
Bezug von Standardanwendungen (Software-as-a-Service)				
Bezug einer Entwicklungs- / Laufzeitumgebung (Platform-as-a-Service)				
Bezug von IT-Infrastruktur (Infrastructure-as-a-Service)				

Frage 3.3: Bitte charakterisieren Sie die Nutzung der verschiedenen Teile des Infrastructure-as-a-Service-Konzepts in Ihrem Unternehmen.

	Bereits im Einsatz	Geplant	Nicht geplant	Nicht betrachtet
Bezug von Rechenkapazität (Computation-as-a-Service)				
Bezug von Speicherplatz (Storage-as-a-Service)				
Bezug von Netzwerkressourcen (Network-as-a-Service)				

Frage 3.4: Bitte charakterisieren Sie die Nutzung der verschiedenen Plattformen des Platform-as-a-Service-Konzepts in Ihrem Unternehmen.

	Bereits im Einsatz	Geplant	Nicht geplant	Nicht betrachtet
AppScale				
Google AppEngine				
Microsoft Azure				
Salesforce Force.com				
TyphoonAE				

Frage 3.5: Bitte charakterisieren Sie die Nutzung der verschiedenen Anwendungsbereiche des Software-as-a-Service-Konzepts in Ihrem Unternehmen.

	Bereits im Einsatz	Geplant	Nicht geplant	Nicht betrachtet
Business Intelligence				
Customer Relationship Management				
Content Management / Document Management				
Enterprise Resource Planning				
Groupware / Office Tools				
Supply Chain Management				

Frage 3.6: Bitte charakterisieren Sie die Nutzung von Open-Source-Lösungen innerhalb der Cloud-Architektur Ihres Unternehmens.

	Bereits im Einsatz	Geplant	Nicht geplant	Nicht betrachtet
Nutzung von Open-Source-Lösungen innerhalb der Cloud Architektur				

Frage 3.7: Wie schätzen Sie mittelfristig die Bedeutung von Cloud Computing für Ihre IT-Architektur ein?

	Sehr Hoch	Hoch	Mittel	Niedrig	Sehr Niedrig
Zukünftige Bedeutung von Cloud Computing					

Vielen Dank für Ihre Teilnahme! Unter allen Teilnehmer wird 10x freier Eintritt für die bwcon Cloud Konferenz am 7. Juli 2011 in Stuttgart (<http://www.bwcon.de/cloud>) im Wert von jeweils 40 Euro verlost. Wenn Sie Interesse an den Ergebnissen der Umfrage haben und an der Verlosung teilnehmen möchten, dann tragen Sie bitte unten Ihre E-Mail-Adresse ein (optional). Ihre E-Mail-Adresse wird vertraulich behandelt und nicht mit Ihren Antworten in Verbindung gebracht. E-Mail: _____

Literaturverzeichnis

- Agorum Software GmbH. (2010). *Vergleich zwischen agorum core Open Source und agorum core Pro*. Abgerufen am 19. Juli 2011 von <http://www.agorum.com/startseite/produkte/dms-ecm-agorum-core-open-source/vergleich-zwischen-agorum-core-open-source-und-agorum-core-pro.html>
- AIIM. (2011). *What Is Enterprise Content Management (ECM)?* Abgerufen am 19. April 2011 von <http://www.aiim.org/What-is-ECM-Enterprise-Content-Management>
- Alfresco Software, Inc. (2011a). *Alfresco Enterprise and Alfresco Community Comparison*. Abgerufen am 19. Juli 2011 von <http://www.alfresco.com/products/networks/compare/>
- Alfresco Software, Inc. (2011b). *Alfresco Team*. Abgerufen am 15. September 2011 von <http://team.alfresco.com/>
- Anding, M. (2010). SaaS: A Love-Hate Relationship for Enterprise Software Vendors. In A. Belian, T. Hess, & P. Buxmann (Hrsg.), *Software-as-a-Service. Anbieterstrategien, Kundenbedürfnisse und Wertschöpfungsstrukturen* (S. 43-56). Wiesbaden: Gabler.
- Baars, H., & Kemper, H.-G. (2010). Business Intelligence in the Cloud. *Proceedings of the 14th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS)*, (S. 1529-1539). Taipeh.
- Bailey, R. J. (2010). The network as a service: A primer on the fundamentals of network economics. *Proceedings of the 2010 14th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (NETWORKS)*. Warschau.
- Bange, C. (2009). Open Source Business Intelligence entmystifiziert. *is report*(5), S. 48.
- Bauer, A., & Günzel, H. (Hrsg.). (2009). *Data Warehouse Systeme. Architektur, Entwicklung, Anwendung*. Heidelberg: dpunkt.verlag.
- Baumann, H., Zosel, S., Bessert, R., Gößler, A., & Frank, S. (13. Juni 2007). *Pro & Contra Open Source Software*. Abgerufen am 19. März 2011 von http://www.lisog.org/images/stories/PDF_Files/prsentation%20pro%20%20contra%20open%20source%20software.pdf
- Baun, C., Kunze, M., Kurze, T., & Mauch, V. (2011). Private Cloud-Infrastrukturen und Cloud-Plattformen. *Informatik Spektrum*(3), S. 242-254.
- Baun, C., Kunze, M., Nimis, J., & Tai, S. (2011). *Cloud Computing, Web-basierte dynamische IT-Services*. Berlin und Heidelberg: Springer.
- Benlian, A., & Hess, T. (2010). Chancen und Risiken des Einsatzes von SaaS – Die Sicht der Anwender. In A. Benlian, T. Hess, & P. Buxmann (Hrsg.), *Software-as-a-Service. Anbieterstrategien, Kundenbedürfnisse und Wertschöpfungsstrukturen* (S. 173-188). Wiesbaden: Gabler.

- Benthin, F. (16. März 2011). *Cloud.com veröffentlicht Cloudstack 2.2*. Abgerufen am 7. April 2011 von <http://www.pro-linux.de/news/1/16820/cloudcom-veroeffentlicht-cloudstack-22.html>
- Berg, A. (2010). Auf Wolke 7 – Microsoft Windows Azure. In A. Benlian, T. Hess, & P. Buxmann (Hrsg.), *Software-as-a-Service. Anbieterstrategien, Kundenbedürfnisse und Wertschöpfungsstrukturen* (S. 125-134). Wiesbaden: Gabler.
- BITKOM. (2009). *Cloud Computing - Evolution in der Technik, Revolution im Business*. Berlin.
- Böken, A. (13. Juli 2011). *Wie gefährlich das Cloud Computing ist*. Abgerufen am 19. August 2011 von <http://www.handelsblatt.com/technologie/it-tk/it-internet/wie-gefaehrlich-das-cloud-computing-ist/4386484.html>
- Brand, A. (2009). *Softwareentwicklung im Netzwerk. Kooperation, Hierarchie und Wettbewerb in einem Open Source-Projekt*. München & Mering: Rainer Hampp Verlag.
- Braß, D., & Zimmermann, R. (2010). Software as a Service – am Beispiel einer Business-Intelligence-Lösung in der Logistik. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik*(275).
- Breiter, G. (2007). Utility Computing als integraler Bestandteil der serviceorientierten Architektur. In H. Kircher (Hrsg.), *IT. Technologien, Lösungen, Innovationen* (S. 78-100). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Bresnahan, J., LaBissoniere, D., Freeman, T., & Keahey, K. (2011). Cumulus: An Open Source Storage Cloud for Science. *2nd Workshop on Scientific Cloud Computing*. San Jose, California, USA.
- Brezany, P., Woehrer, A., & Tjoa, A. (2006). The Grid: vision, technology development and applications. *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik*(6), S. 251-258.
- Bruch, H. (1998). *Outsourcing – Konzepte und Strategien, Chancen, Risiken*. Wiesbaden: Gabler.
- Brügge, B., Harhoff, D., Picot, A., Creighton, O., Fiedler, M., & Henkel, J. (2004). *Open-Source-Software: Eine ökonomische und Technische Analyse*. Berlin & Heidelberg: Springer.
- Bu, Y., Howe, B., Balazinska, M., & Ernst, M. D. (2010). HaLoop: Efficient Iterative Data Processing on Large Clusters. *Proceedings of the VLDB Endowment*(1-2), S. 285-296.
- Bunch, C., Chohan, N., & Krintz, C. (2011). AppScale: Open-Source Platform-As-A-Service. *UCSB Technical Report 2011-01*. Santa Barbara, California, USA.
- Bunch, C., Chohan, N., Krintz, C., Chohan, J., Kupferman, J., Lakhina, P., et al. (2010). An Evaluation of Distributed Datastores Using the AppScale Cloud Platform. *IEEE 3rd International Conference on Cloud Computing* (S. 305-312). Miami, Florida, USA: IEEE.

- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. (2011). *Eckpunktepapier Sicherheitsempfehlungen für Cloud Computing Anbieter. Mindestsicherheitsanforderungen in der Informationssicherheit*. Abgerufen am 11. August 2011 von https://www.bsi.bund.de/ContentBSI/Presse/Pressemitteilungen/Presse2011/Mindestanforderungen-Cloud-Computing-Dienste_10052011.html
- BÜROTEX metadok GmbH. (2011). *Hosting - SAAS*. Abgerufen am 30. April 2011 von <http://www.synargos.com/leistungsspektrum.html>
- Buxmann, P., Lehmann, S., & Hess, T. (2008). Software as a Service. *Wirtschaftsinformatik*(6), S. 500-503.
- Buyya, R., Broberg, J., & Goscinski, A. M. (2011). *Cloud Computing. Principles and Paradigms*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- C12G Labs. (2011a). *OpenNebula 2.2 Features*. Abgerufen am 9. August 2011 von <http://opennebula.org/documentation:features>
- C12G Labs. (2011b). *OpenNebula 2.0 APIs*. Abgerufen am 9. August 2011 von <https://support.opennebula.pro/entries/354633-opennebula-2-0-apis>
- Cáceres, J., Vaquero, L. M., Rodero-Merino, L., Polo, Á., & Hierro, J. J. (2010). Service Scalability Over The Cloud. In B. Furht, & A. Escalante (Hrsg.), *Handbook of Cloud Computing* (S. 357-377). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.
- Carr, N. G. (Mai 2003). IT doesn't Matter. *Harvard Business Review*(5), S. 41-49.
- Celesti, A., Tusa, F., Villari, M., & Puliafito, A. (2010). Improving Virtual Machine Migration in Federated Cloud Environments. *Second International Conference on Evolving Internet* (S. 61-67). Valencia: CPS.
- Chohan, N., Bunch, C., Pang, S., Krintz, C., Mostafa, N., Soman, S., et al. (2009). AppScale Design and Implementation. *UCSB Technical Report Number 2009-02*. Santa Barbara, California, USA.
- Ciuffoletti, A. (2010). Network Monitoring in the age of the Cloud. In F. Desprez, V. Getov, T. Priol, & R. Yahyapour (Hrsg.), *Grids, P2P and Services Computing* (S. 157-170). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.
- Cloud Computing World. (2011). *What Is the Difference Between Cloud Computing and Utility Computing?* Abgerufen am 18. April 2011 von <http://www.cloudcomputingworld.org/cloud-computing/what-is-the-difference-between-cloud-computing-and-utility-computing.html>
- Cloud.com, Inc. (Juni 2010). *Cloud.com CloudStack Community Edition 2.0 Beta 1 Installation Guide*. Abgerufen am 10. August 2011 von <http://download.cloud.com/releases/2.0.0/CloudStack2.0FOSSInstallationGuide.pdf>
- Cloud.com, Inc. (2011). *CloudStack™ - Infrastructure as a Service (IaaS) Cloud Software Platform*. Abgerufen am 10. August 2011 von http://www.cloud.com/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=114&Itemid=346

Consona Corp. (2010). *Compare Editions*. Abgerufen am 19. Juli 2011 von
<http://www.compiere.com/products/compare-editions/index.php>

de Oliveira, D., Baiao, F., & Mattoso, M. (2010). Towards a Taxonomy for Cloud Computing from an e-Science Perspective. In L. Gillam, & N. Antonopoulos, *Cloud Computing: Principles, Systems and Applications* (S. 47-62). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.

de Oliveira, E., & Pfreundt, F.-J. (2010). Monitoring Service Level Agreements in Grids with Support of a Grid Benchmarking Service. In P. Wieder, R. Yahyapour, & W. Ziegler (Hrsg.), *Grids and Service-Oriented Architectures for Service Level Agreements* (S. 1-12). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.

Deutscher Bundestag. (2009). *Bundesdatenschutzgesetz*. Abgerufen am 19. August 2011 von http://www.gesetze-im-internet.de/bdsg_1990/

Diercks, J. (2010). SaaS. *iX - Magazin für Informationstechnik*(3), S. 32-33.

Dittmann, H. T. (15. September 2009). *Open-Source-ERP-Systeme im Vergleich*. Abgerufen am 11. April 2011 von <http://www.heise.de/open/artikel/Quelloffene-Kuer-Open-Source-ERP-Systeme-im-Vergleich-763963.html>

Dörner, S. (15. März 2011). *Wege aus der Sackgasse beim Cloud Computing*. Abgerufen am 7. April 2010 von <http://www.handelsblatt.com/technologie/it-tk/special-cloud-computing/wege-aus-der-sackgasse-beim-cloud-computing/3953178.html>

Ederer, W. (2007). Utility Computing — das Rechenzentrum als Unternehmen. In H. Kircher (Hrsg.), *IT. Technologien, Lösungen, Innovationen* (S. 64-78). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Erl, T. (2008). *SOA: Entwurfsprinzipien für serviceorientierte Architektur*. München: Addison-Wesley.

Eucalyptus Systems, Inc. (August 2009). *Eucalyptus Open-Source Cloud Computing Infrastructure - An Overview*. Abgerufen am 8. August 2011 von <http://www.eucalyptus.com/whitepapers>

Eucalyptus Systems, Inc. (2010). *Eucalyptus Cloud Computing Platform Administrator's Guide, Enterprise Edition 2.0*. Abgerufen am 9. August 2011 von <http://www.eucalyptus.com/sites/default/files/docs/EucalyptusEE2.0.AdminGuide.v2.0.5.a.pdf>

Europäische Kommission. (6. Mai 2003). *Empfehlung der Kommission betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen*. Abgerufen am 2. Mai 2011 von <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:124:0036:0041:DE:PDF>

Föckeler, C. (2010). Neue Anbieterstrategien: Wie Salesforce.com den Software-Markt umkrempelt. In A. Benlian, T. Hess, & P. Buxmann (Hrsg.), *Software-as-a-Service. Anbieterstrategien, Kundenbedürfnisse und Wertschöpfungsstrukturen* (S. 109-124). Wiesbaden: Gabler.

- Foster, I., & Kesselman, C. (2004). *The grid: blueprint for a new computing infrastructure*. San Francisco, California, USA: Morgan Kauffman.
- Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., & Lu, S. (2008). Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared. *Grid Computing Environments Workshop*. Austin, Texas, USA.
- Frisch, J. (2010a). Open-Source-BI entwickelt sich. *is report*(1-2), S. 6.
- Frisch, J. (2010b). Open Source BI bekommt Industriefokus. *is report*(6), S. 7.
- Frisch, J. (2010c). Quelloffene Analyse-Werkzeuge finden Entwicklerakzeptanz. *is report*(5), S. 22-25.
- Furht, B. (2010). Cloud Computing Fundamentals. In B. Furht, & A. Escalante (Hrsg.), *Handbook of Cloud Computing* (S. 3-20). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.
- García-Jiménez, F. J., Martínez-Carreras, M. A., & Gómez-Skarmeta, A. F. (2010). Evaluating Open Source Enterprise Service Bus. *International Conference on e-Business Engineering* (S. 284-291). Shanghai: IEEE.
- Gartner, Inc. (2009). *Gartner Identifies Six Approaches to Save Money in Content Management*. Abgerufen am 24. April 2011 von <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1152312>
- Gartner, Inc. (2010a). *Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technologies for 2011*. Abgerufen am 16. April 2011 von <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1454221>
- Gartner, Inc. (2010b). *Gartner's 2010 Hype Cycle Special Report Evaluates Maturity of 1,800 Technologies*. Abgerufen am 16. März 2011 von <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1447613>
- Gartner, Inc. (2010c). *Gartner Says Worldwide Cloud Services Market to Surpass \$68 Billion in 2010*. Abgerufen am 11. Mai 2011 von <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1389313>
- Gates, A., Natkovich, O., Chopra, S., Kamath, P., Narayananurthy, S., Olston, C., et al. (2009). Building a high-level dataflow system on top of Map-Reduce: the Pig experience. *Proceedings of the VLDB Endowment* (S. 1414-1425). Lyon: ACM.
- Gong, C., Liu, J., Zhang, Q., Chen, H., & Gong, Z. (2010). The Characteristics of Cloud Computing. *39th International Conference on Parallel Processing Workshops (ICPPW)* (S. 275-279). San Diego, California, USA: IEEE.
- Google. (2011a). *Google Apps for Business*. Abgerufen am 6. Mai 2011 von <http://www.google.com/apps/intl/de/business/sites.html>
- Google. (2011b). *Vergleich mit Google Apps for Business*. Abgerufen am 21. Juli 2011 von <http://www.google.com/apps/intl/de/group/index.html>
- Görtz, M., & Hesseler, M. (2007). *Basiswissen ERP-Systeme: Auswahl, Einführung & Einsatz betriebswirtschaftlicher Standardsoftware*. Herdecke & Witten: W3L.

- Greisle, A. (16. Februar 2011). *Zusammenbringen: Vergleich von Open Source Groupware*. Abgerufen am 30. April 2011 von <http://www.work-innovation.de/blog/2011/02/vergleich-open-source-groupware/>
- Gross, T., & Koch, M. (2007). *Computer-Supported Cooperative Work*. (M. Herczeg, Hrsg.) München: Oldenbourg.
- Güclü, I., & Müller, S. (16. Juli 2010). *Business Intelligence mit Open Source: Vergleich der BI-Lösungen Jaspersoft, Jedox Palo und Pentaho*. Abgerufen am 14. April 2011 von <http://t3n.de/magazin/vergleich-bi-losungen-jaspersoft-jedox-palo-pentaho-224644/>
- Gull, D. (2010). Erfolgsfaktoren beim Einsatz virtueller Infrastrukturen im Unternehmen. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik*(275), S. 16-24.
- Günther, O., Tamm, G., Hansen, L., & Meseg, T. (2001). Application Service Providers: Angebot, Nachfrage und langfristige Perspektiven. *Wirtschaftsinformatik*(6), S. 555-567.
- Gutsche, J. (2006). *Ökonomische Analyse offener Software*. Mannheim.
- Gutzeit, K. (2010). Revolution in der Wolke: Google und der Cloud-Computing-Markt. In A. Benlian, T. Hess, & P. Buxmann (Hrsg.), *Software-as-a-Service. Anbieterstrategien, Kundenbedürfnisse und Wertschöpfungsstrukturen* (S. 135-154). Wiesbaden: Gabler.
- Hackmann, J. (15. März 2010). ERP as a Service - Effizienz durch Einheitsdienste. *Computerwoche*(11).
- Herzwurm, G., & Pietsch, W. (2009). *Management von IT-Produkten. Geschäftsmodelle, Leitlinien und Werkzeugkasten für software-intensive Systeme und Dienstleistungen*. Wiesbaden: dpunkt.
- Hibler, M., Ricci, R., Stoller, L., Duerig, J., Guruprasad, S., Stack, T., et al. (2008). Large-scale Virtualization in the Emulab Network Testbed. *Proceedings of the 2008 USENIX Annual Technical* (S. 113-128). Boston: USENIX.
- Hildenbrand, T., Arndt, J., & Nospers, M. (2005). *Die Veränderung der Softwareerstellung durch Open Source*. Mannheim: Universität Mannheim Working Paper.
- Hippner, H. (2006). CRM - Grundlagen, Ziele, Konzepte. In H. Hippner, & K. Wilde (Hrsg.), *Grundlagen des CRM. Konzepte und Gestaltung* (S. 15-44). Wiesbaden: Gabler.
- Hockmann, V., & Knöll, H.-D. (2008). *Profikurs Sicherheit von Web-Servern*. Vieweg+Teubner: Wiesbaden.
- IfM Bonn. (1. Januar 2002). *KMU-Definition des IfM Bonn*. Abgerufen am 2. Mai 2011 von <http://www.ifm-bonn.org/index.php?id=89>
- IfM Bonn. (2010). *Schlüsselzahlen der KMU nach Definition des IfM Bonn*. Abgerufen am 2. Mai 2011 von <http://www.ifm-bonn.org/index.php?id=889>
- IT-Novum. (November 2009). *Open Source Business Intelligence. Ein Vergleich der Open Source BI-Lösungen JasperSoft, Palo und Pentaho*. Abgerufen am 12. April 2011 von

<http://www.controllingportal.de/upload/iblock/01f/01fc309d681b51b36a9523596098fae4.pdf>

Jaekel, M., & Bronnert, K. (2011). *Apps-orientierte Geschäftsansätze auf der Basis von Cloud Computing – White Paper –*. München: Siemens IT Solutions and Services GmbH.

Jaekel, M., & Luhn, A. (2009). *Cloud Computing – Geschäftsmodelle, Wertschöpfungsdynamik und Kundenvorteile*. München: Siemens IT Solutions and Services GmbH.

Jaekel, M., & Pott, H. (2010). *Cloud Computing Software as a Service – White Paper –*. München: Siemens IT Solutions and Services GmbH.

Jin, H., Ibrahim, S., Bell, T., Gao, W., Huang, D., & Wu, S. (2010). Cloud Types and Services. In B. Furht, & A. Escalante (Hrsg.), *Handbook of Cloud Computing* (S. 335-356). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.

Jung, J. (9. September 2010). *Der stille Vormarsch: ERP auf Open-Source-Basis*. Abgerufen am 11. April 2011 von http://www.zdnet.de/it_business_strategische_planung_der_stille_vormarsch_erp_auf_open_source_basis_story-11000015-41536511-1.htm

Kalaus, M., & Mach, T. (7. Juli 2010). *Die zehn größten Open-Source-Mythen*. Abgerufen am 19. März 2011 von http://www.wiso-net.de/webcgi?START=A60&DOKV_DB=ZGEN&DOKV_NO=CWT0670790770870690760840952+01007071200420030&DOKV_HS=0&PP=1

Kemper, H.-G., Baars, H., & Mehanna, W. (2010). *Business Intelligence — Grundlagen und praktische Anwendungen. Eine Einführung in die IT-basierte Managementunterstützung*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.

Kern, E. (2. März 2011). *Beim Cloud Computing drohen gefährliche Lücken*. Abgerufen am 5. Mai 2011 von <http://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article12680570/Beim-Cloud-Computing-drohen-gefaehrliche-Luecken.html>

Koranne, S. (2011). *Handbook of Open Source Tools*. New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer.

Krcmar, H. (2005). *Informationsmanagement*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Kruth, W. (2009). *Grundlagen der Informationstechnik: Kompaktwissen für Datenschutz- und Security-Management*. Heidelberg, München, Landsberg, Frechen, Hamburg: DATAKONTEXT.

Lee, C. A. (2010). A Perspective on Scientific Cloud Computing. *Proceedings of the 19th ACM International Symposium on High Performance Distributed Computing* (S. 451-459). New York, NY, USA: ACM.

Lenk, A., Klems, M., Nimis, J., Tai, S., & Sandholm, T. (2009). What's Inside the Cloud? An Architectural Map of the Cloud Landscape. *CLOUD '09 Proceedings of the 2009 ICSE Workshop on Software Engineering Challenges of Cloud Computing* (S. 23-31). Washington, District of Columbia, USA: IEEE.

Lin, G., & Devine, M. (2010). The Role of Networks in Cloud Computing. In B. Furht, & A. Escalante (Hrsg.), *Handbook of Cloud Computing* (S. 65-82). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.

Lockheed Martin Corporation and Market Connections, Inc. (2011). *The Intersection of Open Source and the Cloud*. Abgerufen am 10. August 2011 von <http://www.eucalyptus.com/whitepapers>

Lünendonk GmbH. (2008). *Studie Führende Standardsoftware-Unternehmen in Deutschland*. Kaufbeuren.

Maaß, C. (2006). *Strategische Optionen im Wettbewerb mit Open-Source-Software*. Berlin: Logos.

Manhart, K. (10. September 2009). *Kostenlose Open Source BI-Tools und -Suiten*. Abgerufen am 12. April 2011 von http://www.tecchannel.de/webtechnik/soa/2021946/kostenlose_open_source_business_intelligence_tools_und_suiten/

Marwan, P. (9. September 2008). *Business Intelligence: Die Open-Source-Tools kommen*. Abgerufen am 12. April 2011 von http://www.zdnet.de/it_business_technik_business_intelligence_die_open_source_tools_kommen_story-11000009-39195764-1.htm

Marwan, P. (21. Juni 2010). *SaaS: Bringt Business ByDesign den Durchbruch für ERP?* Abgerufen am 1. April 2011 von http://www.zdnet.de/it_business_technik_saas Bringt_business_bydesign_den_durchbruch_fuer_erp_story-11000009-41533542-4.htm

McKeown, N., Anderson, T., Balakrishnan, H., Parulkar, G., Peterson, L., Rexford, J., et al. (2. April 2008). OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*(2), S. 69-74.

MECK. (2008). *CRM-Leitfaden Spezial: Open Source CRM für ein erfolgreiches Kundenmanagement*. Würzburg.

Meinel, C., Willems, C., Roschke, S., & Schnjakin, M. (2011). *Virtualisierung und Cloud Computing : Konzepte, Technologiestudie, Marktübersicht*. Potsdam: Universitätsverlag.

Mell, P., & Grance, T. (Januar 2011). *The NIST Definition of Cloud Computing (Draft)*. Abgerufen am 6. Mai 2011 von http://csrc.nist.gov/publications/drafts/800-145/Draft-SP-800-145_cloud-definition.pdf

Melzer, I. (2010). *Service-orientierte Architekturen mit Web Services: Konzepte - Standards - Praxis*. Spektrum: Heidelberg.

Mertens, P., Bodendorf, F., König, W., Picot, A., Schuhmann, M., & Hess, T. (2005). *Grundzüge der Wirtschaftsinformatik*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Mertic, J. (2009). *The Definitive Guide to SugarCRM: Better Business Applications*. New York: Springer.

Meyer, J.-A., Schleus, R., & Buchhop, E. (2007). *Trends in der Beratung von KMU: Eine aktuelle Studie*. Köln: Josef Eul Verlag.

Microsoft Deutschland GmbH. (2011. Mai 2011). *Was ist Windows Azure Platform?*
Abgerufen am 12 September von <http://msdn.microsoft.com/de-de/library/ff960705.aspx>

Middleton, A. M. (2010). Data-Intensive Technologies for Cloud Computing. In B. Furht, & A. Escalante (Hrsg.), *Handbook of Cloud Computing* (S. 83-136). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.

Moreno-Vozmediano, R., Montero, R., & Llorente, I. (2009). Elastic Management of Cluster-based Services in the Cloud. *Proceedings of the 1st workshop on Automated control for datacenters and clouds* (S. 19-24). New York, NY, USA: ACM.

Nambiar, U., Gupta, R., Gupta, H., & Mohania, M. (2010). Massive Structured Data Management Solution. *Proceedings of the 19th ACM international conference on Information and knowledge management* (S. 1905-1908). New York, NY, USA: ACM.

Neubert, F. (2010). Was bieten heutige ERP-Systeme auf Basis Freier Software? *Industrie Management*(3), S. 18-20.

Nick, J. M., Cohen, D., & Kaliski Jr., B. S. (2010). Key Enabling Technologies for Virtual Private Clouds. In B. Furht, & A. Escalante (Hrsg.), *Handbook of Cloud Computing* (S. 47-63). New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.

Nicolae, B., Bresnahan, J., Keahey, K., & Antoniu, G. (2011). Going Back and Forth: Efficient Multideployment and Multisnapshotting on Clouds. *20th International ACM Symposium on High-Performance Parallel and Distributed Computing*. San Jose, California, USA: ACM.

Nurmi, D., Wolski, R., Grzegorczyk, C., Obertelli, G., Soman, S., Youseff, L., et al. (2008). Eucalyptus: A Technical Report on an Elastic Utility Computing Archietcture Linking Your Programs to Useful Systems. *UCSB Computer Science Technical Report Number 2008-10*. Santa Barbara, California, USA.

Nurmi, D., Wolski, R., Grzegorczyk, C., Obertelli, G., Soman, S., Youseff, L., et al. (2009). The Eucalyptus Open-source Cloud-computing System. *Proceedings of the 2009 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid* (S. 124-131). Washington, District of Columbia, USA: IEEE.

Ogrizovic, D., Svilicic, B., & Tijan, E. (2010). Open Source Science Clouds. *MIPRO, Proceedings of the 33rd International Convention* (S. 1189-1192). Opatija: IEEE.

Olston, C., Reed, B., Srivastava, U., Kumar, R., & Tomkins, A. (2008). Pig Latin: A Not-So-Foreign Language for Data Processing. *Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data* (S. 1099-1110). New York, NY, USA: ACM.

Open Source Initiative. (1998). *The Open Source Definition*. Abgerufen am 18. März 2011 von <http://www.opensource.org/docs/osd>

- OpenQRM Project. (2008a). *Working with Appliances*. Abgerufen am 10. August 2011 von <http://www.openqrm.com/?q=node/106>
- OpenQRM Project. (2008b). *openQRM Features*. Abgerufen am 10. August 2011 von <http://www.openqrm.com/?q=node/74>
- OpenQRM Project. (2008c). *Architecture of openQRM*. Abgerufen am 10. August 2011
- OpenStack LLC. (28. Juli 2011). *OpenStack Compute Administration Manual Cactus*. Abgerufen am 10. August 2011 von <http://docs.openstack.org/cactus/openstack-compute/admin/os-compute-adminguide-cactus.pdf>
- Open-Xchange AG. (2011a). *Open-Xchange - Groupware / Arbeiten Sie im Team / Intuitiv und Innovativ*. Abgerufen am 25. April 2011 von <http://www.open-xchange.com/de/promotions/top-5-benefits/uebersicht.html>
- Open-Xchange AG. (2011b). *Download & Dokumentation*. Abgerufen am 19. Juli 2011 von <http://www.open-xchange.com/de/download-dokumentation.html>
- Papazoglou, M. (2008). *Web Services: Principles and Technology*. Harlow: Pearson.
- Pentaho Corp. (2010a). *Pentaho Open Source Business Intelligence*. Abgerufen am 14. April 2011 von http://www.pentaho.com/download/asset_container.php?durl=pentaho_overview_brochure.pdf&furl=536400
- Pentaho Corp. (2010b). *Pentaho for Hadoop*. Abgerufen am 14. April 2011 von http://www.pentaho.com/download/asset_container.php?durl=pentaho_for_hadoop_datasheet.pdf&furl=536400
- Plessner, C., Keppeler, M., & Petersen, J. (2010). *Open Source CRM-Systeme für kleine und mittlere Unternehmen im Vergleich*. Stuttgart: visual4.
- Radonic, A. (10. April 2011). *Es muss nicht immer Exchange sein*. Abgerufen am 25. April 2011 von <http://www.computerwoche.de/software/office-collaboration/1927948/index6.html>
- Rafreider, B. (2. April 2011). *CRM-Vielfalt durch Open Source*. Abgerufen am 10. April 2011 von <http://www.computerwoche.de/mittelstand/2350041/index5.html>
- Redkar, T. (2009). *Windows Azure Platform*. Springer: New York, NY, USA.
- Renner, T., Vetter, M., Rex, S., & Kett, H. (2005). *Open Source Software: Einsatzpotenziale und Wirtschaftlichkeit*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Repschläger, J., Pannicke, D., & Zarnekow, R. (2010). Cloud Computing: Definitionen, Geschäftsmodelle und Entwicklungspotenziale. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik*(275), S. 6-15.
- Reutter, R., & Zenker, T. (3. März 2011). *Security-Risiken beim Cloud Computing*. Abgerufen am 11. August 2011 von <http://www.computerwoche.de/security/1906797/>
- Richardson, L., & Ruby, S. (2007). *RESTful web services*. Sebastopol: O'Reilly.

- Rimal, B., Jukan, A., Katsaros, D., & Goeleven, Y. (2011). Architectural Requirements for Cloud Computing Systems: An Enterprise Cloud Approach. *Journal of Grid Computing* (Vol. 9, Nr. 1), (S. 3-26).
- Rosenstiel, T. (2010). Flexibilität durch SaaS-ERP. *ERP Management*(3), S. 61-62.
- Runge, R., Sturm, C., Wisskirchen, S., Ebel, N., Groh, J., Höller, O., et al. (2009). *VMware Infrastructure 3 im Business-Umfeld: Virtualisierung von mittleren und grossen Umgebungen mit VMware ESX 3.5 und ESXi 3.5*. München: Addison-Wesley.
- SaaS-EcoSystem. (2011). *Das Qualitätszertifikat für Cloud Lösungen*. Abgerufen am 11. Mai 2011 von <http://www.saasecosystem.org/trust-in-cloud/>
- Schnieder, A. (2008). Von ASP zu SaaS – die Zeit ist reif für Software als Dienstleistung. *Information Management & Consulting*(4), S. 26-29.
- Schweinoch, M. (23. April 2011). *Datenschutz und die Cloud*. Abgerufen am 5. Mai 2011 von <http://www.computerwoche.de/management/it-strategie/2362186/index3.html>
- Sempolinski, P., & Thain, D. (2010). A Comparison and Critique of Eucalyptus, OpenNebula and Nimbus. *IEEE Second International Conference on Cloud Computing Technology and Science* (S. 417-426). Indianapolis, Indiana, USA: cloudcom.
- Serrano, N., & Sarriei, J. M. (2006). Open source software ERPs: a new alternative for an old need. *IEEE Software*(3), S. 94-97.
- Seufert, A., & Bernhardt, N. (2010). Business Intelligence und Cloud Computing Anforderungen – Potenziale – Einsatzbereiche. *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik*(275), S. 34-41.
- Shankland, T. (15. Juli 2011). *Googles App Engine von Ausfällen betroffen*. Abgerufen am 11. September 2011 von <http://www.zdnet.de/news/41554905/googles-app-engine-von-ausfaellen-betroffen.htm>
- Sontow, K., & Kleinert, A. (2010). ERP as a Service zwischen Euphorie und Skepsis. *Industrial Engineering*(3), S. 10-18.
- Stahlknecht, P., & Hasenkamp, U. (2005). *Einführung in die Wirtschaftsinformatik*. Heidelberg: Springer.
- Stoilov, T., & Stoilova, K. (2008). Functional Analysis of Enterprise Resource Planning Systems. *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing*. New York, NY, USA: ACM.
- SugarCRM, Inc. (13. Januar 2010). *SugarCRM Enters 2010 with Strong Growth As the Leading Provider of CRM Applications for the Open Cloud*. Abgerufen am 10. April 2011 von <http://www.sugarcrm.com/crm/about/press-releases/20100113-2010.html>
- SugarCRM, Inc. (2011). *Sugar Subscriptions & Pricing*. Abgerufen am 19. Juli 2011 von <http://www.sugarcrm.com/crm/products/editions>

- Tay, L., & Crozier, R. (9. September 2011). *Microsoft Office365, Hotmail blacks out*.
Abgerufen am 13. September 2011 von
<http://www.itnews.com.au/News/271521,microsoft-office365-hotmail-blacks-out.aspx>
- TecChannel. (2009). *Basiswissen SOA, BI, CRM, ECM. Grundlagen, Methoden Praxis*.
München: tredition.
- Teupen, C. (2007). „Copyleft“ im deutschen Urheberrecht. Berlin: Duncker & Humblot.
- University of Chicago. (2011a). *Install VMM Software*. Abgerufen am 9. August 2011 von
<http://www.nimbusproject.org/docs/2.7/admin/z2c/vmm-setup.html>
- University of Chicago. (2011b). *Nimbus 2.7 Admin Reference*. Abgerufen am 9. August 2011
von <http://www.nimbusproject.org/docs/2.7/admin/reference.html>
- University of Chicago. (2011c). *Frequently Asked Questions*. Abgerufen am 10. August 2011
von <http://www.nimbusproject.org/docs/current/faq.html>
- Urquhart, J. (22. Juni 2009). *The new generation of cloud-development platforms*. Abgerufen
am 8. April 2011 von http://news.cnet.com/8301-19413_3-10270365-240.html
- Velten, C., & Janata, S. (2010). *Cloud Computing – Der Markt in Deutschland 2010-2015: Investitionen in Cloud Technologien, Services und Beratung*. Abgerufen am 11. Mai
2011 von http://experton-group.blogspot.com/2010/10/cloud-computing-der-markt-in_06.html
- Villegas, D., Rodero, I., Fong, L., Bobroff, N., Liu, Y., Parashar, M., et al. (2010). The Role of
Grid Computing Technologies in Cloud Computing. In B. Furht, & A. Escalante
(Hrsg.), *Handbook of Cloud Computing* (S. 183-218). New York, Dordrecht,
Heidelberg, London.
- Voas, J., & Zhang, J. (2009). Cloud Computing: New wine or just a new bottle? *IEEE ITPro*,
15-17.
- Vogel, R., Koçoğlu, T., & Berger, T. (2010). *Desktopvirtualisierung*. Wiesbaden:
Vieweg+Teubner.
- von Gunten, A. (5. Februar 2007). Mit Software als Service zum Erfolg. *InfoWeek.ch*(2), S.
35-38.
- Walter, S. M., Böhmann, T., & Krcmar, H. (2007). Industrialisierung der IT - Grundlagen,
Merkmale und Ausprägungen eines Trends. *HMD - Praxis der
Wirtschaftsinformatik*(256), S. 6-16.
- Webhosternews. (4. November 2010). *Open-Xchange und Gartner stellen klar: E-Mail- und
Groupware-Lösungen sind 2011 einer der lukrativsten Märkte für Sie als Hoster!*
Abgerufen am 25. April 2011 von <http://www.webhosternews.com/2010/11/open-xchange-gartner-e-mail-groupware-losungen-2011-lukrative-markte-hoster/>
- Weichert, T. (o.J.). *Cloud Computing und Datenschutz*. Abgerufen am 19. August 2011 von
<https://www.datenschutzzentrum.de/cloud-computing/>

- Weinhardt, C., Anandasivam, A., Blau, B., Borissov, N., Meinl, T., Michalk, W., et al. (2009). Cloud-Computing – Eine Abgrenzung, Geschäftsmodelle und Forschungsgebiete. *Wirtschaftsinformatik*(5), S. 453-462.
- Weyhing, M., & Arnold, H. (24. August 2006). *Was ist eigentlich Dokumentenmanagement?* Abgerufen am 20. April 2011 von <http://www.heise.de/open/artikel/Dokumentenmanagement-mit-Open-Source-221973.html>
- Zencke, P., & Eichin, R. (2008). SAP Business ByDesign - Die neue Mittelstandslösung der SAP. *Wirtschaftsinformatik*(1), S. 47-51.
- Zhang, Q., Cheng, L., & Boutaba, R. (2010). Cloud computing: State-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications*(1), S. 7-18.
- Zhou, M., Zhang, R., Zeng, D., & Qian, W. (2010). Services in the Cloud Computing era: A survey. *Proceedings of the 4th International Universal Communication Symposium (IUCS)* (S. 40-46). Beijing: IEEE.

**Erklärung gemäß § 14 Abs. 5 und Abs. 6 der Prüfungsordnung der
Universitäten Hohenheim und Stuttgart für den Masterstudiengang
Wirtschaftsinformatik**

Hiermit erkläre ich, dass ich die Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder aus anderweitigen fremden Äußerungen entnommen wurden, sind als solche einzeln kenntlich gemacht.
Die Masterarbeit habe ich noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung verwendet.

Des Weiteren erkläre ich, dass mir weder an den Universitäten Hohenheim und Stuttgart noch an einer anderen wissenschaftlichen Hochschule bereits ein Thema zur Bearbeitung als Masterarbeit oder als vergleichbare Arbeit in einem gleichwertigen Studiengang vergeben worden ist.

Stuttgart-Hohenheim, den _____

Unterschrift: _____