

Stine Labes

Grundlagen des Cloud Computing

Konzept und Bewertung von Cloud Computing

Imprint

Technische Universität Berlin
Projektberichte IKM
Band 01
November 2012

Stine Labes

Grundlagen des Cloud Computing – Konzept und Bewertung von Cloud Computing

Berlin 2012

Herausgeber: Prof. Dr. Rüdiger Zarnekow
Technische Universität Berlin
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin
Germany

Verlag: Universitätsverlag der TU Berlin
Universitätsbibliothek
Fasanenstraße 88
10623 Berlin
Germany
Tel.: +49 (0)30-314-76131
Fax: +49 (0)30-314-76133
Mail: publikationen@ub.tu-berlin.de
<http://www.univerlag.tu-berlin.de>

ISBN 978-3-7983-2478-7 (Online-Version)

© Chair of Information and Communication Management, Technical University of Berlin

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, reuse of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilm or in any other way and storage in data banks. Duplications of this publication or parts thereof are permitted only under the provisions of the German Copyright Law of September 9, 1965, in its current version. Violations are liable to prosecution under the German Copyright Law.

Projektbeschreibung

Im Projekt „Government Green Cloud Laboratory (Akronym: GGC-Lab)“ werden auf Laborebene die Möglichkeiten des Cloud Computing unter besonderer Beachtung der Energieeffizienz und der Senkung von Energiekosten untersucht. Betrachtet werden typische Anwendungsszenarien der Landes- und Kommunalverwaltungen. Zu diesem Zweck wird erstmalig eine erweiterbare Cloud-Infrastruktur für die öffentliche Verwaltung bundesländerübergreifend durch vier Produktiv-Rechenzentren technisch umgesetzt und erprobt.

Das Projektziel ist die Effizienzsteigerung des IT-Einsatzes in der öffentlichen Verwaltung unter Berücksichtigung der besonderen Betriebs- und Sicherheitsanforderungen. Durch ein dynamisches Lastmanagement sollen die Rechenzentrumseffizienz insgesamt erhöht und damit die Stromkosten gesenkt und klimaschädlichen Effekte verringert werden. Die erforderliche Rechenleistung wird dabei in Abhängigkeit verschiedener (Einfluss-)Parameter (z. B. aktueller Strompreis, aktuelle Gesamteffizienz des Rechenzentrums, verfügbare Kapazitäten) innerhalb der Cloud verteilt. Bei den vier Rechenzentren wird hierfür eine reale Evaluierungsplattform errichtet. Durch die bundesweite Verteilung der Standorte können die Auswirkungen regional und zeitlich unterschiedlicher Stromangebote (Preis, Verfügbarkeit usw.) in die Betrachtung einbezogen werden.

Das Projekt kann durch den hohen Praxisbezug als Best-Practice-Lösung für eine Vielzahl von Anwendungsbereichen dienen und deutlich zur Verbesserung der Umweltbilanz in der IKT beitragen. Die Ergebnisse können z. B. in die Entwicklung einer „Nationalen Government Cloud“, in die Erschließung neuer Geschäftsmodelle, in die Effizienzsteigerung von Weblösungen und in die Integration der Verwaltungs-IT in Energie-Pools einfließen.

Projektteam der TU Berlin

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Lars Dittmar

Dipl.-Ing. Stine Labes

Dipl.-Ing. Björn Schödwell

Dipl.-Ing. Marc Wilkens (Teilprojektleiter)

Inhaltsverzeichnis

Projektbeschreibung	3
Projektteam der TU Berlin	3
1 Kurzbeschreibung	1
2 Einleitung	2
3 Begriff und Abgrenzung	3
4 Historische Entwicklung	5
5 Technologie	7
6 Cloud Service-Ebenen	8
6.1. IaaS-Anwendungsfelder	10
6.2. PaaS-Anwendungsfelder.....	11
6.3. SaaS-Anwendungsfelder.....	12
7 Cloud Bereitstellungsmodelle	15
7.1. Public Cloud.....	16
7.2. Private Cloud	16
7.3. Community Cloud	17
7.4. Hybrid Cloud	17
7.5. Vergleich der Bereitstellungsmodelle	17
8 Akteure	18
8.1. Anbieterseite	18
8.2. Anwenderseite	19
9 Wertschöpfungsmodell	20
10 Nutzen und Herausforderungen	21
10.1. Anbieterseite	21
10.2. Anwenderseite	23
10.3. Zusammenspiel von Nutzen und Herausforderungen	26
11 Fazit und Ausblick	27
11.1. Temporärer Hype oder zukunftsweisendes Konzept?	27
11.2. Ausweitung der Zielsegmente von Cloud Services.....	28
11.3. Umsetzung von Cloud Computing.....	29
Literaturverzeichnis	30

1 Kurzbeschreibung

Die Durchdringung des Cloud-Begriffes in den Köpfen der Anwender schreitet seit 2007 immer weiter voran und festigt sich langsam als etabliertes Bereitstellungsmodell in der Informationstechnologie (IT). Trotz der inflationären Verwendung des Begriffes „Cloud Computing“ werden die konkrete Definition und das Ökosystem rund um das Cloud-Konzept noch nicht einheitlich verstanden. Das vorliegende Manuskript geht auf diese Unklarheiten ein und vermittelt die relevanten Grundlagen zum Thema „Cloud“. Nach einer Einleitung, welche das Thema motiviert, wird der Begriff „Cloud Computing“ konkret dargelegt und gegenüber verwandten Konzepten abgegrenzt. Da Cloud Computing keine technische Revolution darstellt, sondern sich evolutionär entwickelt hat, werden die historischen Schritte bis zu dem heutigen Konzept beschrieben und die technologischen Grundlagen dazu erläutert. Die IT-Bereiche, in die sich das Cloud-Konzept integriert, sind besonders umfassend. Das Dokument erläutert die drei allgemeinen Service-Ebenen und die vier Bereitstellungsmodelle, in denen diverse Cloud-Dienste existieren. An den Cloud-Diensten sind zwei Gruppen von Akteuren beteiligt, die Anbieter der Dienste und deren Anwender. Entlang der verschiedenen Rollen dieser Akteure wird die Wertschöpfung des Cloud-Dienstes dargestellt. Im Anschluss werden sowohl der Nutzen als auch die Herausforderungen von Cloud Computing, für die Anbieter auf der einen Seite sowie die Anwender auf der anderen Seite, näher erläutert. Abschließend wird das Cloud-Konzept bewertet und ein Ausblick in dessen Zukunft unternommen.

Schlagwörter: Cloud Computing, Virtualisierung, Cloud Anwendungsfelder, Cloud Akteure, Cloud Wertschöpfung, Cloud Bewertung

2 Einleitung

Laut aktuellen Umfragen ist Cloud Computing eines der meist diskutierten Themen in der Informationstechnologie (IT) (BITKOM, 2011). Gartner, eines der weltweit führenden Forschungs- und Beratungsunternehmen in der Informationstechnologie, wählte Cloud Computing in den Jahren 2009, 2010 und 2011 an die Spitze und auch für das Jahr 2012 wieder in die Top 10 der strategischen Technologien (Gartner, 2011). Die Analysten von techconsult ermitteln in ihrem IT Cloud Index ebenfalls einen kontinuierlichen Anstieg der Ausbreitung des Cloud-Einsatzes (techconsult, 2012).

Cloud Computing ist eine Weiterentwicklung des klassischen Webhostings. Durch einen Verbund (eine "Cloud") von IT-Systemen kann Cloud Computing in kürzester Zeit große Speicherkapazitäten, Rechenleistung und Anwendungen zur Informationsverarbeitung bereitstellen. Diese Leistungen sind hinsichtlich ihrer Kosten effektiv skalierbar. Der Kunde muss keine Mindestleistung erwerben, sondern bezahlt lediglich die von ihm in Anspruch genommene Leistung (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2012).

Das Konzept des Cloud Computing befindet sich noch in der Marktdiffusionsphase und ist in Unternehmen und besonders in der Bevölkerung mit Unsicherheiten behaftet. Als Gründe für diese Unsicherheit bei den Führungskräften der IT-Abteilungen führt die Experton Group folgende Gründe an (Experton Group, 2010):

- Mangelnde Transparenz im Cloud Computing Markt
- Stärken und Schwächen der Anbieter sind unklar und nicht vergleichbar
- Keine differenzierte Positionierung der Cloud-Anbieter
- Klare Auswahlkriterien fehlen und erschweren die Anbieterauswahl

Dennoch ist der Zukunftstrend von Cloud Computing klar erkennbar. So prognostizieren Analysten der International Data Corporation (IDC) (International Data Corporation (IDC), 2010), dass im Jahr 2020 mehr als ein Drittel der digitalen Informationen direkt oder indirekt mit Cloud Services oder Cloud-Infrastrukturen verarbeitet werden.

Auf Basis dieser Voraussagen steigt die Notwendigkeit sich mit dieser neuen Technologie näher auseinanderzusetzen. Die nachfolgenden Abschnitte

schaffen eine Grundlage für ein gemeinsames Verständnis von Cloud Computing, um dessen künftige Anwendung zu fördern.

3 Begriff und Abgrenzung

Seit 2007 erfreut sich Cloud Computing im Hinblick auf die „Google Trends“ (Google, 2012) eines stetig steigenden Interesses. Cloud Computing ist ein (möglicherweise gewollt) unscharfer Begriff und es wird immer häufiger nach einer Definition im Internet gesucht. Im Jahr 2011 hat das Such-Volumen einen Höhepunkt erlebt (Vgl. Abbildung 1) und es wäre zu meinen, dass Cloud Computing als Begriff langsam in den Köpfen der Menschen angelangt ist. Bisher finden sich eine Reihe von Ansichten und Expertenmeinungen aus Wirtschaft und Wissenschaft zur Definition von Cloud Computing (Geelan, 2009) (Kaskade, 2009). Die Anzahl der journalistischen und wissenschaftlichen Veröffentlichungen zum Thema Cloud hat im Jahr 2012 ihr bisheriges Maximum erreicht (Vgl. Abbildung 1).



Abbildung 1: Google Such-Volumen nach Cloud Computing (Google Trends)

Auch wenn es noch an einer eindeutigen Definition mangelt, so existiert doch in den vielen Definitionen ein gemeinsamer Konsens. In Anlehnung dessen, bildet die hier verwendete Definition eine Zusammenfassung.

Mit Cloud Computing ist die skalierbare und elastische Bereitstellung virtualisierter IT-Ressourcen über das Internet gemeint. Zu diesen Infrastrukturen werden z.B. Rechenkapazität, Datenspeicher, Programmier-Plattformen und

Software gezählt. Die Skalierbarkeit der Leistung bedeutet, dass sie je nach Bedarf angepasst werden kann und dem Abnehmer der Leistung nur die Kosten für den tatsächlichen Verbrauch berechnet werden. Elastisch ist die Leistung, da ein gemeinsamer Pool von Ressourcen von den Abnehmern geteilt wird und damit eine maximale Effizienz der Ressourcenverteilung gewährleistet ist (Mell & Grance, 2011) (Gartner, 2009).

Das „National Institute of Standards and Technology“ (NIST) identifiziert fünf charakteristische Technologie-Merkmale, die Cloud Computing definieren (Vgl. Abbildung 2) (Mell & Grance, 2011):

- **Bedarfsgerechter Selbst-Service:** der Verbraucher kann den benötigten Umfang des Services selbst zusammenstellen, ohne direkte physische Interaktion mit dem Anbieter
- **Internettechnologie:** die Services werden mit Hilfe von gegebenen Standards über das Internet zur Verfügung gestellt
- **Gemeinsamer Ressourcenpool:** die Services verfügen über einen gemeinsam nutzbaren Ressourcenpool, so dass der Anbieter von Größenvorteilen profitieren kann
- **Skalierbar und elastisch:** die Services können bei Bedarf skaliert werden, so dass Ressourcen jederzeit hinzugefügt oder entfernt werden können
- **Nutzungsgerechte Abrechnung:** die Nutzung der Services wird durch Nutzungskennzahlen protokolliert, so dass eine Kostentransparenz gegeben ist

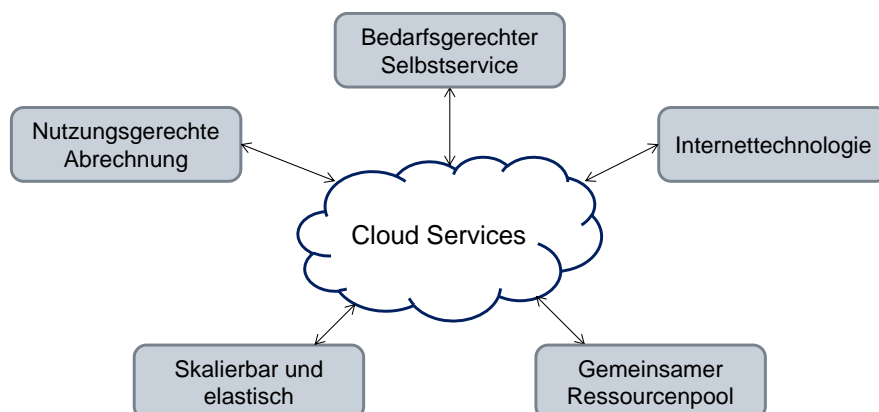


Abbildung 2: Technologie-Merkmale von Cloud Computing

Um Cloud Computing gegenüber dem Begriff „Web 2.0“ abzugrenzen, kann die Definition nach O'Reilly (O'Reilly, 2006) herangezogen werden. Diese besagt, dass das Web 2.0 eine Geschäftsrevolution in der Computerindustrie ist, welche durch die Verlagerung ins Internet als Plattform hervorgerufen wird. Es ist ein Versuch die Erfolgsregeln dieser neuen Plattform zu verstehen. Die wichtigste Regel im Web 2.0 ist die Erstellung von Anwendungen, deren Nutzeneffekt sich proportional zu der Anzahl der Anwender verhält. Damit sind vor allem Anwendungen wie soziale Netzwerke, Blogs, Wikis, Foren sowie Media- und Dokumenten-Sharing gemeint. Diese Anwendungen fallen in den Bereich des „Software as a Service“ und sind damit ein Teil dessen, was das Cloud-Konzept umfasst.

Ein weiteres Thema, das einer Abgrenzung gegenüber Cloud Computing bedarf, ist „Grid Computing“. Nach der Definition von Foster und Kesselmann (Foster & Kesselmann, 2004) ist Grid Computing auf die kontrollierte gemeinsame Nutzung von Ressourcen ausgelegt. Das beinhaltet den direkten Zugriff auf Computer, Software, Daten und andere Ressourcen. Damit ist Grid Computing mit Cloud Computing eng verwandt und eine wichtige Vorstufe von dessen Entwicklung. Allerdings obliegen dem Cloud-Konzept größere Möglichkeiten für eine kommerzielle Nutzung und Erstellung eines zukunftsversprechenden Geschäftsmodells (Foster, et al., 2008).

4 Historische Entwicklung

Auf technologischer Ebene ist Cloud Computing nicht neu, auf geschäftlicher Ebene wird es jedoch als „Revolution“ bezeichnet (BITKOM, 2009). Die Revolution und der Einfluss von Cloud Computing liegt demnach nicht in der Technologie selbst, sondern in ihrer Verwendung. Dadurch wird eine neue Generation von Produkten und Dienstleistungen geschaffen. Zur Veranschaulichung dieser Revolution kann ein Vergleich zum Ersatz elektrischer Generatoren durch Stromnetze im frühen 20. Jahrhundert herangezogen werden (Kirwan, 2008). Damals wurden hauseigene Stromgeneratoren durch den Bezug von günstigem, flexiblem und bedarfsgerechtem Strom aus der Steckdose ersetzt.

Cloud Computing ist eine Zusammenführung längst bestehender Technologien (Foster, et al., 2008). Seit Beginn der 90er Jahre ist das Internet mit dem World Wide Web (WWW) auch der breiten Öffentlichkeit zugänglich. Damit wurde der

Grundstein neuer Geschäftsideen gelegt. Mitte der 90er Jahre entwickelte sich das Webhosting, bei welchem die Anbieter ihre Ressourcen als Services über das Internet zugänglich machen (Almeida, et al., 1998). Dazu gehört u.a. die Bereitstellung von Internetspeicher, Webservern, Datenbanken oder E-Mail-Accounts. In der Weiterentwicklung dieser Services wurden auch Anwendungen über das Internet zur Verfügung gestellt, als sogenanntes „Application Service Providing“ (ASP). Seit 2005 ermöglicht Grid Computing verteiltes Rechnen auf lose gekoppelten Computern (BITKOM, 2009). So können bei Bedarf Rechenleistungen und Speicherkapazitäten von entfernten Ressourcen abgerufen werden, um zeitgleich gemeinsam an einer Problemstellung zu arbeiten (Velte, et al., 2010). Mit Hilfe von Virtualisierung werden solche zusammengeschlossenen Ressourcen als abstrakter Ressourcen-Pool dargestellt, was gleichzeitig die direkte Voraussetzung zur Umsetzung von Cloud Computing darstellt.

Ermöglicht wird Cloud Computing durch riesige Serverparks (vernetzte Computer) von Unternehmen wie Amazon, Microsoft, Google oder IBM. Deren Anlagen stellen weitaus mehr Leistung zur Verfügung, als sie selbst verbrauchen können. Laut einer Untersuchung liegt die durchschnittliche Auslastung eines Servers bei nur 10-15% (VMWare, 2009). Damit entsteht ein Leerlauf, der kostet, ohne Nutzen zu generieren. Die oben beschriebene Entwicklung des Cloud Computing ist ein großer Schritt zur effizienten Nutzung von Hard- und Software-Ressourcen (Vgl. Abbildung 3) und wirkt damit der aktuellen geldverschwendenden und umweltschädigenden Unterauslastung entgegen.

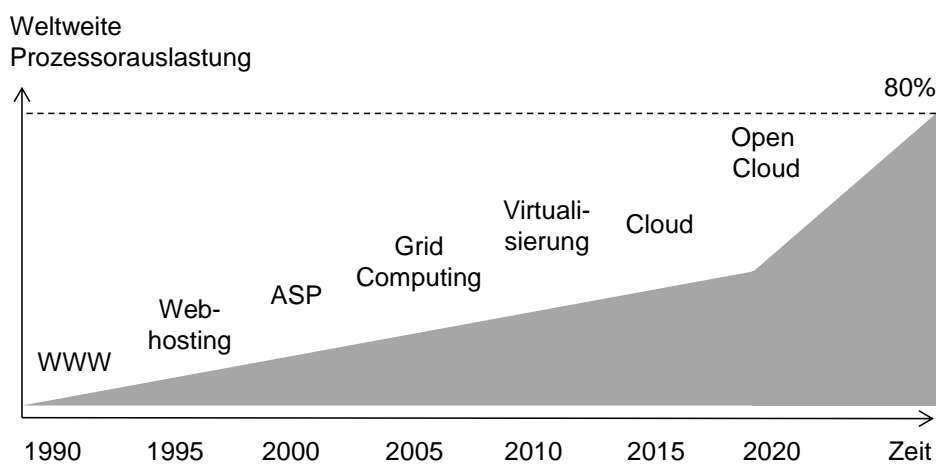


Abbildung 3: Technologische Evolution des Cloud Computing (in Anlehnung an (Experton Group, 2010))

Das Idealmodell der „Open Cloud“ ist noch in der Aufbauphase, denn dazu ist die uneingeschränkte Zusammenarbeit der verschiedenen Cloud-Anbieter notwendig (ITwissen.info, 2011). Um diese Interoperabilität zu gewährleisten, ist die Schaffung und Einhaltung gemeinsamer Standards eine grundlegende Herausforderung, welche noch bewältigt werden muss.

5 Technologie

Das grundlegende technologische Konzept von Cloud Computing ist die Virtualisierung (Vgl. Abbildung 4). Damit wird die abstrakte Zusammenfassung und gemeinsame Verwaltung physikalischer Ressourcen bezeichnet. Dazu zählen z.B. Rechenleistung, Speicherplatz und Netzwerke. Aus diesem Ressourcen-Pool können individuell und dynamisch bestimmte Ressourcen-Zusammenstellungen generiert und als virtuelle Maschinen eingesetzt werden (Baun, et al., 2010). Das Virtualisierungskonzept wird zur Verbesserung der Effizienz und Verfügbarkeit von Ressourcen eines Unternehmens angewandt. Das Pooling von physischen Ressourcen, kombiniert mit Management-Werkzeugen, z.B. zur Lastverteilung, sorgt für eine wesentlich höhere Auslastung der Ressourcen. Auch auf Server-Ebene wird Virtualisierung in Form einer Abstraktionsschicht über der Hardware eingesetzt, so dass unterschiedliche Betriebssysteme gleichzeitig laufen können. Es entstehen virtuelle Rechner, die losgelöst von festen physischen Ressourcen betrieben werden.

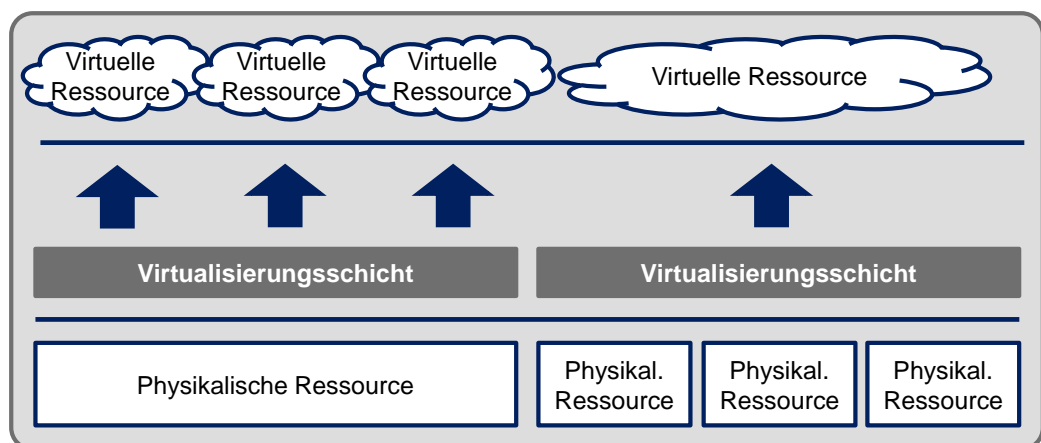


Abbildung 4: Virtualisierungskonzept (in Anlehnung an (ITwissen.info, 2011))

Virtuelle IT-Ressourcen werden dynamisch, d.h. bedarfsgerecht, über ein Netzwerk bereitgestellt und abgerechnet, wenn sie tatsächlich benötigt werden

(on-demand). Statt eines echten Servers kann eine sogenannte virtuelle Maschine gemietet werden, deren Ausstattung bezüglich Speicher und Prozessorleistung dynamisch mit den Anforderungen skaliert, also steigt und sinkt. So stehen bei Spitzenlasten Ressourcen sofort zur Verfügung und bei vermindertem Bedarf müssen diese nicht bezahlt werden. Die eigentliche Arbeit findet auf den Servern im Internet statt. Endgeräte können ebenso Smartphones oder Netbooks sein, die selbst nur über vergleichsweise geringe Prozessor- und Speicherausstattung verfügen (Dörner, 2011). So lassen sich z.B. mit zusätzlicher Rechenleistung auf einem Computer älterer Generation HD-Videos schneiden oder Handys mit 500 GB angemietetem Speicherplatz ausstatten. Die sogenannte Mandantenfähigkeit ermöglicht es, dass ein physischer Server oder eine Cloud-gehostete Anwendung von mehreren Kunden gleichzeitig genutzt werden kann, wobei der Zugriff auf ihre eigenen Daten beschränkt bleibt (Anderson, 2010).

6 Cloud Service-Ebenen

Das Konzept des Cloud Computing sieht es vor das gesamte Leistungsspektrum als einzelne Services ("as a Service") anzubieten. In Anlehnung an die fünf oben aufgezeigten Technologie-Merkmale (Vgl. Abschnitt 3) wird dem Anwender somit die größtmögliche Flexibilität in der Nutzung einzelner oder mehrerer IT-Leistungen gegeben. Es existieren drei Ebenen von IT-Leistungen, die als Cloud Services bereitgestellt werden (Mell & Grance, 2011) (BITKOM, 2009).

- **„Infrastructure as a Service“ (IaaS):** Dabei handelt es sich im Wesentlichen um die Bereitstellung von Rechen- und Speicherleistung auf virtualisierten Servern sowie der notwendigen Netzwerkinfrastruktur, die Unternehmen auf einer nutzungsabhängigen Basis anbieten (Beispiel: Amazon Web Services).
- **„Platform as a Service“ (PaaS):** Eine Ebene über den Infrastrukturkomponenten beschreiben Services die Bereitstellung von Entwicklungsdiensten, z.B. Betriebssysteme, Sprachen-Interpreter oder Web-Server, auf denen Entwickler eigene Anwendungen erstellen und Code ausführen können (Beispiel: Windows Azure).
- **„Software as a Service“ (SaaS):** Auf der obersten Ebene befinden sich die eigentlichen Anwendungen. Sie richten sich als vorgefertigte

Softwarelösungen direkt an den Anwender und sind durch die Navigation in einem Web-Browser erreichbar (Beispiel: Google Apps).

Die drei Ebenen sind hierarchisch angeordnet, ihre Abgrenzung ist jedoch oft nicht trennscharf. Infrastruktur-Services bilden dabei die Grundlage für Plattform Services, welche wiederum die Basis von Softwareanwendungen darstellen. Infrastruktur-Services beinhalten die virtuellen Infrastruktur-Ressourcen mit einem vorinstallierten Betriebssystem, welche auf dem vernetzten Hardware-Ressourcenpool des Anbieters basieren. Bei Plattform-Services wird zusätzlich eine Datenbank zur Verfügung gestellt sowie eine Dienstschrift (Middleware) für die Vermittlung zu den darauf zu installierenden Anwendungen. Solche Anwendungen sind erst bei Software-Services Bestandteil der bereitgestellten Leistung. Je nach Anwendungsfeld wird demnach eine vereinbarte Ebene an Ressourcen vom Anbieter zur Verfügung gestellt und die darüber angeordneten Ebenen in den Verantwortungsbereich des Anwenders gegeben (Vgl. Abbildung 5).

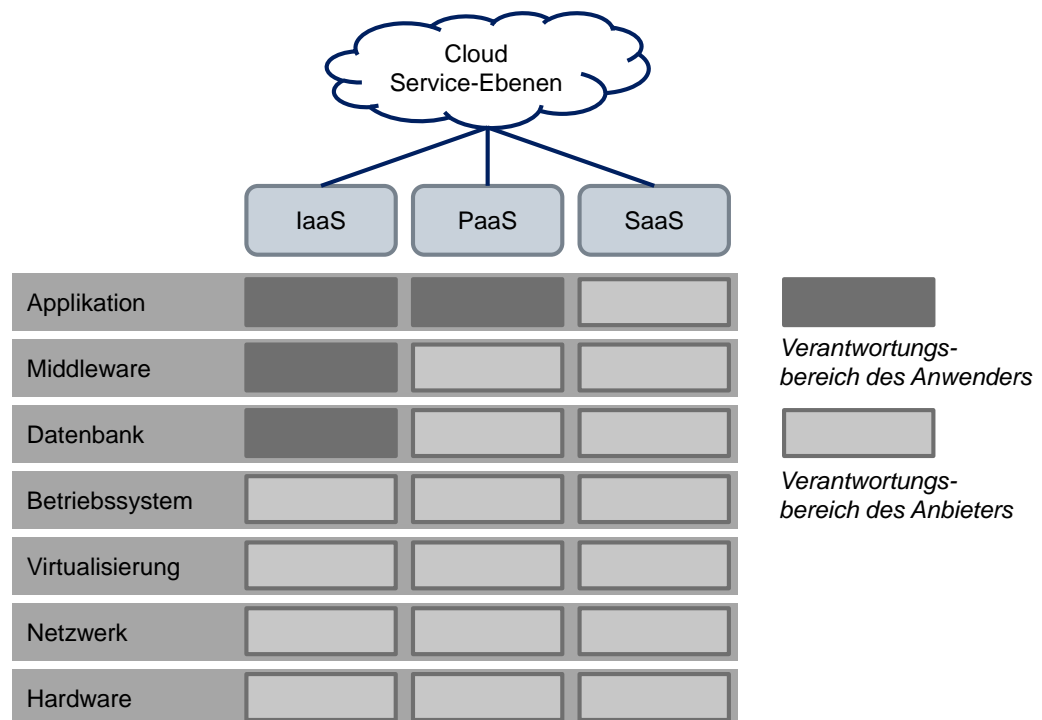


Abbildung 5: Hierarchie der Service-Ebenen im Cloud Computing

6.1. IaaS-Anwendungsfelder

Anwendungsmöglichkeiten auf der Infrastruktur-Ebene betreffen die konkrete Hardware (z.B. Speicher, Server und Netzwerke) oder unterstützende Infrastruktur-Services für den Aufbau, das Management und die Sicherheit der Cloud-Infrastrukturen (Mell & Grance, 2011).

- **„Compute as a Service“:** Bei der Virtualisierung von Servern werden die Komponenten nicht mehr hausintern zur Verfügung gestellt, sondern in der Cloud angemietet. Gegen nutzungsabhängige Bezahlung wird z.B. die Verarbeitung von Lastspitzen in die Cloud ausgelagert. Durch die Nutzung virtueller Server auf Mietbasis wird die Errichtung und Unterhaltung eigener Serverparks überflüssig. Das spart finanzielle und räumliche Kapazitäten. Mittels der Anbindung an das Internet werden virtuelle Server angemietet, deren Ausstattung je nach Berechnungsumfang des zu bearbeitenden Problems flexibel skalierbar ist. Binnen weniger Minuten ist eine Server-Instanz ansprechbar und kann mit anderer virtueller oder physischer Hardware verknüpft werden, um gegebenenfalls gemeinsam eine Aufgabe zu bearbeiten.
- **„Storage as a Service“:** Wird die Speicherkomponente von den Serversystemen entkoppelt, kann sie zur Datensicherung und Archivierung von Daten verwendet werden. Cloud Computing ermöglicht in diesem Zusammenhang eine einfache Datenmigration zwischen verschiedenen Anbietern. Angemieteter Speicherplatz im Internet lässt große firmeneigene Speicher-Racks auf Anwenderseite entbehrlich werden. Der Anwender erhält gegen Gebühr eine bestimmte Speicherkapazität zur Verfügung gestellt, die orts- und medienunabhängig genutzt werden kann.
- **„Network Services“:** Netzwerk-Dienste unterstützen die schnellere Übertragung von großen Datenpaketen über das Internet. Durch die Übertragung von Inhalten, die optisch und akustisch durch beispielsweise Videos, Audios und Animationen angereichert werden, nimmt der Bedarf an Bandbreite bei der Übertragung zu. Neben der Anmietung von Bandbreite kann dieser Bedarf durch intelligente Netzwerk-Techniken wie „Content Delivery Network“ (CDN) bedient werden. Die herkömmliche Methode der Datenübertragung besteht aus einer paketweisen Übertragung direkt zwischen Sender und Empfänger. CDN

beschreibt einen Verbund aus kontinental verstreuten Servern, an denen der Hauptserver regelmäßig gespiegelt wird. Bei einer Anfrage des entsprechenden Inhalts wird als Sendequelle der naheliegendste Replikationsserver verwendet. Die kürzere Verbindung zum Server bietet dem Nutzer so eine bessere Performance (Zschau, 2001). Damit lassen sich Zugriffszeiten sowie Up- und Download-Zeiten minimieren.

- **„Managed Services“:** Als eine der ältesten Formen des Cloud Computing beinhaltet „Managed Service Providing“ (MSP) Dienstleistungen und Anwendungen für andere IT-Services. Dazu zählen Hosting Services, der Aufbau virtueller privater Netzwerke, die Einrichtung von Internetzugängen, aber besonders auch Services für die Sicherheit von Netzen. Ihre zentrale Verwaltung in der Cloud erlaubt sofortige Software-Updates oder Fehlerbeseitigung. Zu den angebotenen Dienstleistungen zählen auch technische Unterstützungsleistungen, die durch den Fernzugriff über das Internet erleichtert werden und bezüglich Kosten und Zeitaufwand an Effizienz gewinnen.

6.2. PaaS-Anwendungsfelder

Auf die Infrastruktur-Ebene setzen die Plattform-Services auf. Diese umfassen das Angebot von Entwicklungsplattformen und -werkzeugen sowie Programmierschnittstellen zur Entwicklung oder dem Betrieb von Anwendungen.

- **Anwendungsentwicklung:** Die Bereitstellung von Entwicklungsplattformen und -werkzeugen im Internet ermöglicht Entwicklern die Erstellung eigener Softwareanwendungen und das Ausführen von Code auf einer Internetplattform. Dadurch lassen sich die Verwaltung einer eigenen Infrastruktur sowie der Aufbau einer Entwicklungsplattform und Software zur Programmierung sparen. Des Weiteren entfallen Initialkosten sowie laufende Supportkosten der Hard- und Software. Eine zentral verwaltete Plattform fördert die Zusammenarbeit bei verteiltem Programmieren und lässt die Entwicklungsdauer einer Anwendung sinken. Bei der Entwicklung von Softwareanwendungen auf einer solchen offenen Entwicklungsplattform werden diese produktiver, portabler und flexibler. Die entwickelten Anwendungen können entweder herkömmliche Installationsanwendungen sein oder als SaaS den Anwendern bereitgestellt werden.

- **Anwendungsbetrieb:** SaaS für den Anwender können vom Anbieter auf einer Cloud-Plattform betrieben werden. Das Ausführen eines gehosteten Programms, bei dem die Interaktion mit dem Benutzer über einen Webbrowser erfolgt, bringt dem Betreiber vor allem Vorteile durch die zentrale Verwaltung der Anwendung. Im Business-Bereich werden meist Daten und Services an Dritte bereitgestellt, daher wird Wert auf die Upload-Möglichkeiten, ein zentrales Update sowie die Flexibilisierung von Kosten und Administrationsleistungen gelegt. Bei dem Betrieb einer Anwendung in der Cloud minimiert sich der Aufwand für die Verwaltung und Wartung eigener Server, die die Anwendung hosten. Zudem bieten große Plattformbetreiber im Vergleich zum Eigenbetrieb oft eine höhere Ausfallsicherheit der Ressourcen.

6.3. SaaS-Anwendungsfelder

Die Verwendung einer konventionellen Software setzt üblicherweise den Erwerb einer Lizenz voraus. Die Installation, Wartung und regelmäßige Aktualisierung, besonders bei Korrekturen der Software-Sicherheit, stellen zudem eine notwendige Bedingung für den reibungslosen Einsatz dar. Darüber hinaus ist die Bereitstellung der erforderlichen Hardware zum Betrieb der Anwendung notwendig.

Cloud-Applikationen werden von einem Dienstanbieter auf dessen eigenen Servern betrieben, während der Kunde lediglich Zugang zur Nutzung der Software erhält. Der Zugriff auf diese Programme erfolgt über den Webbrowser, daher ist (wie bei allen Cloud Services) die Nutzung ausschließlich bei einer bestehenden Internetverbindung gewährleistet. Für Anwender hat das den Vorteil, dass nur ein Minimum an eigener Hardwareausstattung notwendig ist und sie sich nicht um die Installation, Einrichtung, Wartung und Aktualisierung der Software kümmern müssen.

In der Praxis umfasst das Segment der Cloud-Software eine Vielzahl an möglichen Lösungen und Anwendungsfeldern. Dazu zählen unternehmensverwaltende Anwendungen, Office-Lösungen sowie internetbasierte, medienunabhängige Dienste für virtuelle Kollaboration und Kommunikation mit gemeinsamer Daten- und Informationsablage. Auch im privaten Bereich sind webbasierte Programme von Nutzen, um die Zusammenarbeit, Kommunikation und Aus-

tausch von Personen zu fördern. So zählen z.B. auch soziale Netzwerke zum Begriff des Cloud Computing.

Unter Verwendung der folgenden Kategorisierung, eines Marktplatzes, welcher aktuell rund 1100 SaaS-Anbieter listet (saasdir.com, 2012), lässt sich eine Häufigkeitsverteilung der vertretenen Kategorien von SaaS-Angeboten erstellen (Vgl. Abbildung 6).

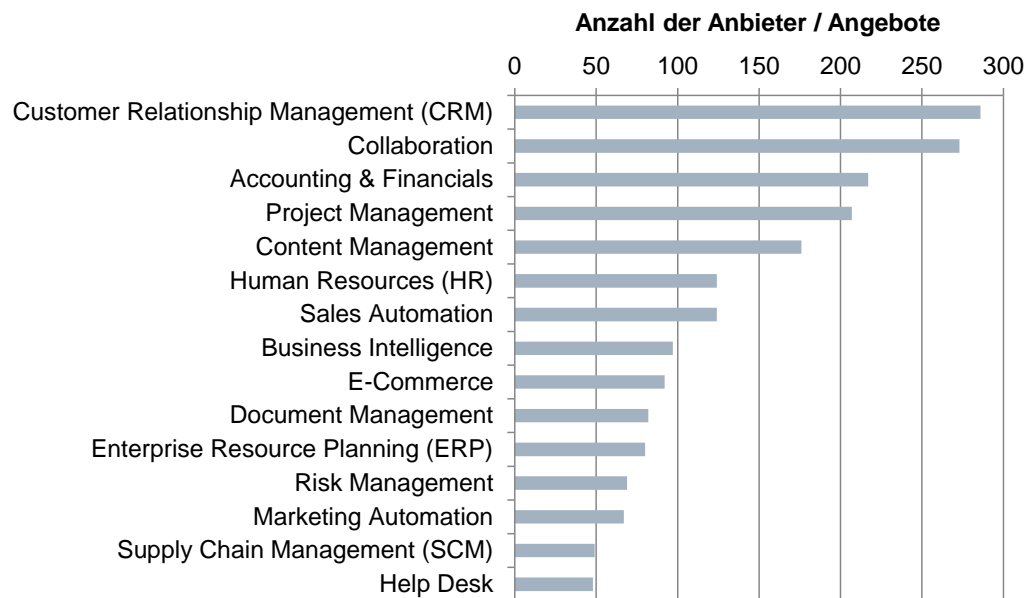


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Angebote in den SaaS-Kategorien

- **Accounting & Financials:** Anwendungen zur Unterstützung des Rechnungswesens, z.B. für Controlling, Zahlungsverkehr, Finanzplanung oder Buchhaltung
- **Business Intelligence:** Anwendungen zur Unterstützung des betrieblichen Informationsflusses, z.B. für Datenanalysen, Berichte, Administration, Entscheidungsunterstützung oder Unternehmensplanung
- **Collaboration:** Anwendungen zur Unterstützung der Zusammenarbeit von Personen, z.B. via E-Mail, Instant Messaging, Telekommunikation, Web Conferencing oder per Dokumenten-Sharing
- **Content Management:** Anwendungen für die Verwaltung von Inhalten, z.B. für Speicherung, Revision, Anreicherung oder Veröffentlichung von Inhalten

- **Customer Relationship Management (CRM):** Anwendungen zur Unterstützung des Managements der Kundenbeziehungen, z.B. für Marktforschung, Vertriebsplanung, Angebotsbearbeitung, Auftragsabwicklung oder Fakturierung
- **Document Management:** Anwendungen für die Verwaltung von Dokumenten, z.B. Speicherung, Verfolgung, Verteilung von Dokumenten, Wissensmanagement sowie Office-Lösungen
- **E-Commerce:** Anwendungen zur Unterstützung des Online-Handels, z.B. für Produktkategorisierung, Warenkorb-Transaktionen, Verfolgung oder Kunden-Support
- **Enterprise Resource Planning (ERP):** Anwendungen zur Unterstützung des Warenwirtschaftssystems, z.B. Komplettlösungen, Fertigungsplanung, Fertigungssteuerung oder Betriebsdatenverarbeitung
- **Help Desk:** Anwendungen zur Unterstützung des Kundenservice, z.B. Chat-Lösungen, Sendungsverfolgung, Support-Analysen oder ein Beschwerdemanagement
- **Human Resources (HR):** Anwendungen zur Unterstützung des Personalmanagements, z.B. Personalabrechnung, Reisekostenabrechnung, Personaleinsatzplanung, Bewerberabwicklung sowie Aus- und Weiterbildungen
- **Marketing Automation:** Anwendungen zur Unterstützung der Automatisierung von Marketing und Vertrieb, z.B. E-Mail Marketing oder Social Network Abdeckung
- **Project Management:** Anwendungen zur Unterstützung des Projektmanagements, z.B. Zeit- und Termin-Planung, Dokumenten-Sharing oder Aufgabenzuweisung
- **Risk Management:** Anwendungen zur Unterstützung des Risiko-Managements, z.B. Störfall-Verfolgung, Kredit-Management, Geschäftskontinuitätsplanung oder ROI-Analyse
- **Sales Automation:** Anwendungen zur Unterstützung der Automatisierung der Warenverkäufe, z.B. Lagerverwaltung, Logistik, Bestellwesen, Umsatzprognosen oder Konkurrenzanalyse

- **Supply Chain Management (SCM):** Anwendungen zur Unterstützung des Managements der Lieferkette, z.B. Verfolgung und Steuerung von Inventar, Aufträgen, Rechnungen und deren Kosten

Zusätzlich lassen sich Branchenlösungen abgrenzen, im öffentlich rechtlichen Bereich existieren z.B. Anwendungen für den Kommunalen Sitzungsdienst, Seminar-/Kursverwaltung oder Bibliotheken.

7 Cloud Bereitstellungsmodelle

Der Betrieb von Cloud Computing kann in Bezug auf die Verwendung von öffentlichen Netzwerkstrukturen unterschieden werden. In Abhängigkeit dazu ergeben sich verschiedene Bereitstellungsmodelle, die sich von offenen (Public) bis zu komplett geschlossenen (Private) Formen erstrecken (BITKOM, 2009) (Armbrust, et al., 2009) (Fraunhofer FOKUS, 2010) (Vgl. Abbildung 7). Eine Beschreibung der Formen folgt in den Unterabschnitten.

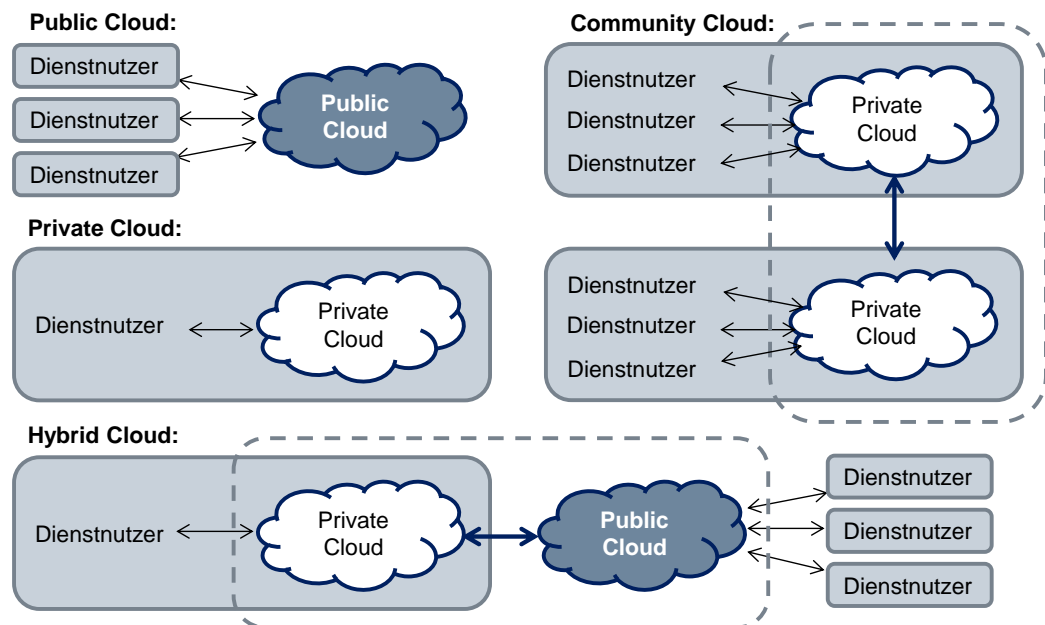


Abbildung 7: Ausprägungsformen des Cloud Computing (in Anlehnung an (Deussen & Strick, 2010))

7.1. Public Cloud

Mit „Public Cloud“ wird die reine Form der Cloud bezeichnet, deren Infrastruktur öffentlich zugänglich ist und von einem IT-Dienstleister über das Internet angeboten und betrieben wird. Der Anbieter (IT-Dienstleister) und der Anwender gehören unterschiedlichen organisatorischen Einheiten an. Charakteristisch ist meist eine hohe Anzahl von Nutzern, damit der Anbieter hohe Skaleneffekte erzielen kann. Bei der Fokussierung des Massenmarkts sind standardisierte Dienste eine Voraussetzung und eine individuelle Anpassung der Services kaum möglich. In einer locker gefassten Cloud-Definition lassen sich dennoch zwei Typen der Public Cloud abgrenzen:

- **„Open Cloud“:** Standardisierte Cloud-Dienste werden mit generischen Dienstverträgen und Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) automatisiert abgewickelt.
- **„Exclusive Open Cloud“:** Die Konditionen der Cloud-Dienste werden verhandelt und SLA-basierte Verträge geschlossen. Individuelle Verhandlungen schließen hier die On-Demand-Charakteristik von Cloud-Diensten aus.

7.2. Private Cloud

Private Cloud-Dienstleistungen werden in geschlossener Form für einzelne Organisationen erbracht. Dies ermöglicht dem Unternehmen verschiedene Standorte und Niederlassungen komfortabel zu integrieren und ubiquitär auf spezielle Enterprise-Lösungen zuzugreifen. Die „Private Cloud“ ermöglicht ein hohes Maß an Individualität und das jeweilige Unternehmen hat ausschließlichen Zugriff darauf. Dadurch erhöht sich die Kontrolle über die Cloud und es bieten sich Vorteile für die Datensicherheit und die Compliance. Dem gegenüber sinken die Skaleneffekte und die Kosteneinsparungen für den Anbieter. Innerhalb dieser Kategorie lassen sich drei Subkategorien ermitteln, je nach dem wo sich die Hardware Ressourcen befinden und wer sie verwaltet.

- **„Corporate Cloud“:** Sie ist eine komplett geschlossene Bereitstellungsform des Cloud Computing, dessen Betrieb vollständig im Rechenzentrum des eigenen Unternehmens auf der vorhandenen Infrastruktur erfolgt (Financial Times Deutschland (FTD), 2012).

- **„Managed Cloud“**: Die verwendete Infrastruktur befindet sich im eigenen Rechenzentrum, wird jedoch von einem Dritt-Anbieter verwaltet.
- **„Outsourced Cloud“**: Sowohl die Beherbergung der Infrastruktur, als auch deren Verwaltung wird von einem Dritt-Anbieter übernommen.

7.3. Community Cloud

Die Cloud-Infrastruktur wird von einem Zusammenschluss interessensverwandter Organisationen genutzt. Diese verbinden ihre privaten Clouds, um gemeinsam Cloud-Dienstleistungen für den Anwender zu erbringen. Der Zugriff auf die Services steht nur den Kunden zu, die sich aus den autorisierten Nutzern der einzelnen „Private Clouds“ zusammensetzen.

7.4. Hybrid Cloud

Eine Mischung aus geschlossenen und offenen Cloud-Versionen ermöglicht eine Kombination der Vorteile der einzelnen Varianten. Es kann z.B. eine „Private Cloud“ mit dem zusätzlichen Anmieten von „Public Cloud“-Ressourcen ergänzt werden, die bei Spitzenlasten oder einem Ausfall einspringen. Somit werden die Kostenvorteile einer „Public Cloud“ bei gleichzeitiger Sicherheit einer „Private Cloud“ realisiert.

7.5. Vergleich der Bereitstellungsmodelle

Das Sicherheitsniveau in der Cloud unterscheidet sich bezüglich der Bereitstellungsmodelle. Wie oben erwähnt, unterscheiden sich die Bereitstellungsmodelle in Bezug auf die Verwendung von öffentlichen Netzwerkstrukturen. Eine Öffnung des verwendeten Cloud-Bereitstellungsmodells zum Internet ermöglicht die größte Skalierbarkeit der Ressourcen, da ein annähernd unbeschränkter globaler Ressourcenpool zur Verfügung steht. Auf der anderen Seite birgt das jedoch, wie bei jeder Kommunikation über das Internet, diverse Gefahren für die Datensicherheit. Je geschlossener das Bereitstellungsmodell gehalten wird, desto höher ist das erreichbare Sicherheitsniveau und die Vertrauenswürdigkeit des Cloud Services (Vgl. Abbildung 8).

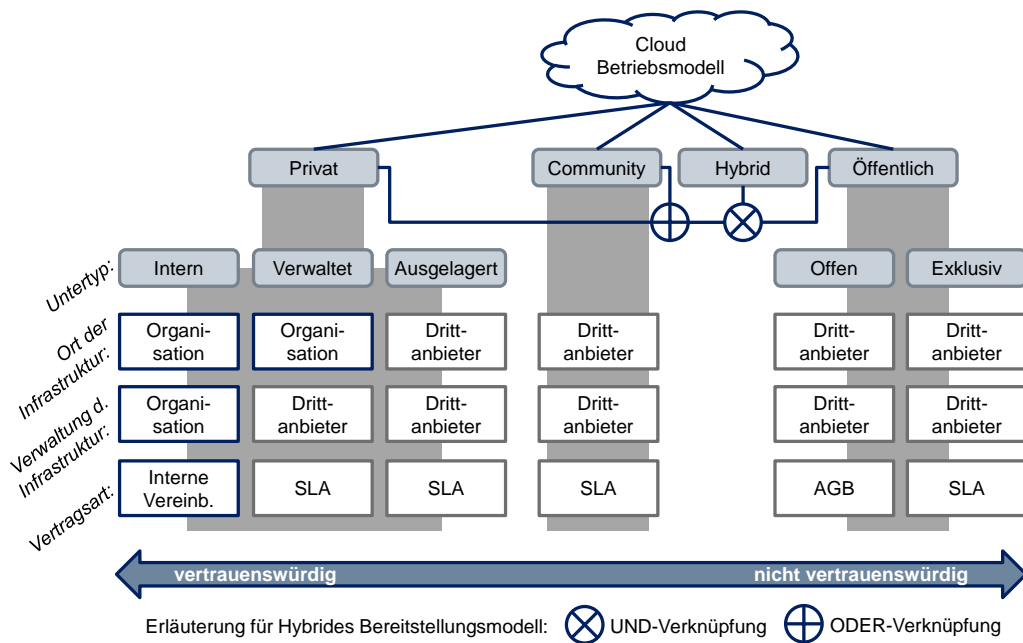


Abbildung 8: Taxonomie der Cloud Bereitstellungsmodelle (in Anlehnung an (Deussen & Strick, 2010))

Aufgrund gehobener Sicherheitsanforderungen in der Öffentlichen Verwaltung, kommen offene Bereitstellungsmodelle (Public Cloud) für die Anwendung von Cloud-Diensten eher nicht in Frage, während private oder gemeinschaftliche (Community Cloud) Ressourcen bevorzugt werden. Eine hybride Variante kann zur Anwendung kommen, wenn personenbezogene Daten auf privaten Cloud-Strukturen verwaltet werden und nur die Verarbeitung unkritischer Daten in eine Public Cloud ausgelagert wird.

8 Akteure

Die Hauptbeteiligten in einem Cloud-Anwendungsfall sind die Anbieter, die einen Cloud Service bereitstellen und die Anwender, welche den Service nutzen möchten. Auf beiden Seiten entsteht durch Cloud Computing eine Reihe neuer Rollen, welche im Folgenden näher betrachtet werden.

8.1. Anbieterseite

Ein Unternehmen kann mehrere Cloud Services anbieten und dabei verschiedene Rollen besetzen (Böhm, et al., 2010):

- **Infrastruktur-Anbieter:** Angebot virtueller Hardware, wie Server, Netzwerkverbindungen und Speicher (IaaS).

- **Plattform-Anbieter:** Bereitstellung einer technischen Umgebung für Entwicklung, Test und Ausführung von Software (PaaS).
- **Marktplatz-Anbieter:** Fokus auf die Vermittlung verschiedener Cloud Services zwischen Anbietern und Abnehmern sowie Zusatzangeboten, wie Bezahlung und Verhandlung von Service Level Agreements (SLAs).
- **Software-Anbieter:** Angebot und Überwachung von Applikationen, welche für die Kunden über das Internet erreichbar sind (SaaS).
- **Aggregator:** Zusammenfassung vieler kleiner modularer Services zu einem Servicepaket. Dabei existieren die folgenden drei Arten:
 - Nahtlose Zusammenfassung existierender Services von verschiedenen Anbietern in einem neuen Service
 - Hinzufügen eines Zusatznutzens zu einem bestehenden Service, z.B. Add-Ons
 - Vergleich und Kategorisierung von Services verschiedener Anbieter anhand von standardisierten Kriterien, die der Endnutzer spezifizieren kann, um eine bestmögliche passende Lösung für sich zu finden. Die Umsetzung erfolgt meist mit Hilfe eines Online-Marktplatzes.
- **Integrator:** Konvertierung und Vorbereitung eines bestehenden Datensystems in einem Unternehmen sowie Integration einer individuellen Cloud-Lösung in die bestehende IT-Landschaft. Die Rolle ist getrennt zu betrachten von einem Anbieter oder Berater, hier steht die Implementierung des Services im Vordergrund
- **Berater:** Angebot von Expertise über Cloud Computing und zur Identifizierung von Prozessen und Anforderungen, um Cloud Services einzuführen. Im Fokus dieser Rolle ist ausschließlich die Beratung, nicht das Angebot oder die Einführung eines Cloud Services.

8.2. Anwenderseite

Der Anwender kann Cloud Services für beruflichen oder privaten Nutzen in Anspruch nehmen. Er generiert keinen Nutzen und tätigt keine Angebote, er

bezahlt nur für den Erhalt des Services. Folgende Typen sind hierbei möglich (Motahari-Nezhad, et al., 2009):

- **IT-Administrator:** Planung, Installation, Konfiguration und Pflege der IT-Infrastruktur eines Unternehmens (Hauptnutzer von IaaS).
- **Software-Entwickler:** Design, Entwicklung, Implementierung und Testen von Software gemäß den gestellten Anforderungen (Hauptnutzer von PaaS).
- **Manager und Geschäftsinhaber:** Planung, Organisation, Führung und Kontrolle einer Organisation (gelegentliche Nutzer von SaaS).
- **Geschäftlicher Anwender:** Verarbeitung betriebswirtschaftlicher Daten, einfache Konfigurationsaufgaben und Nutzung von Add-Ons (Hauptanwender von SaaS).
- **Privater Anwender:** Nutzung der bereitgestellten Software, besonders im Office- und Kommunikations-Bereich (gelegentliche Nutzer von SaaS).

9 Wertschöpfungsmodell

Derzeit basieren die Geschäftsmodelle von Cloud Computing vor allem auf der Nutzung von **Skaleneffekten** und der hochgradigen Automatisierung von Dienstleistungsabläufen. Die klassische Wertschöpfungskette der IT-Dienstleistungen wird aufgebrochen und erfährt durch das Cloud Computing eine Veränderung (BITKOM, 2009) (BITKOM, 2010) (Vgl. Abbildung 9):

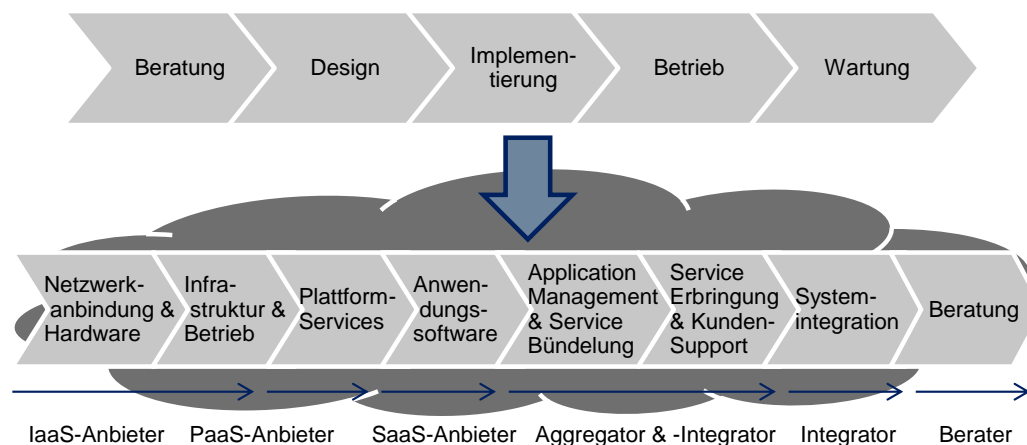


Abbildung 9: Wertschöpfungskette des Cloud Computing (in Anlehnung an (BITKOM, 2009) (BITKOM, 2010))



Abbildung 11: Nutzen und Herausforderungen für Cloud-Anbieter

Ressourcenauslastung. Die Unterauslastung von Rechenzentren soll mit dem Cloud Konzept der Vergangenheit angehören. Überflüssige Infrastruktur-Ressourcen werden auf Mietbasis dem Markt zur Verfügung gestellt. Der größte Nutzen für den Anbieter eines Infrastruktur-Services ist damit die nachhaltige Effizienzsteigerung seiner Infrastruktur durch eine höhere Auslastung der Ressourcen.

Kostenvorteile. Neben der zusätzlichen Wertschöpfung durch eine höhere Auslastung von IT-Ressourcen, ergeben sich weitere Kostenvorteile. Die Standardisierung von Services und die zentrale Steuerung ermöglicht besonders auf der Plattform- und Software-Ebene die Nutzung von Skaleneffekten. Bei der gemeinsamen Mehrmandanten-Architektur von SaaS läuft die Software zentral auf der Anbieterplattform. Das ermöglicht eine vereinfachte Administration von IT-Aufgaben (z.B. Implementierungen, Datenmigrationen, Aktualisierungen, Fehlerbeseitigungen und Sicherheitsupdates) und die Nutzung von Skaleneffekten. Administrationsaufgaben müssen nicht mehr auf vielen einzelnen Computern vollzogen werden. Der Aufwand einer zentralen Verwaltung von sicherheitsrelevanten Maßnahmen, Konfigurationen oder Updates wächst dadurch unterproportional zu der Anzahl weiterer zu verwaltender Mandanten. Auch auf der Infrastruktur-Ebene sind Skaleneffekte gegeben. Ein großer Anbieter besitzt allgemein das größte Sparpotential und kann den Service günstiger anbieten, als es kleine, firmeneigene Rechenzentren tun können.

Geschäftsmodelle. Cloud Computing eröffnet darüber hinaus eine neue Welt der Geschäftsmodelle. Daraus leiten sich unterschiedliche Varianten von Cloud-Anbietern ab (Vgl. Kapitel 8.1). Die Bezahlung von Cloud-Diensten erfolgt auf Basis eines Mietmodells, welches nutzungsabhängige Erlöse statt Einmalzahlungen für den Anbieter zur Folge hat. Anbieter auf einer höheren Wertschöpfungsstufe, z.B. Integratoren oder Aggregatoren, profitieren besonders von den standardisierten Angeboten der Cloud Service Anbieter. Durch

standardisierte Schnittstellen lassen sich diese interoperabel miteinander kombinieren oder Services vergleichen.

Technologie & Rechtliche Rahmenbedingungen. Auf dem Weg zur Open Cloud (Vgl. Abbildung 3, Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) müssen noch einige Herausforderungen bewältigt werden, um das gesamte Potential von Cloud Computing auszuschöpfen. Bisher existieren auf der Technologie-Ebene noch kaum standardisierte Strukturen, um Interoperabilität und standardisierte Angebote zu ermöglichen. Auch die Realisierung flexibel skalierbarer IT-Ressourcenpools stellt derzeit für die Anbieter noch eine technologische Herausforderung dar. Der zweite große Bereich von Herausforderungen betrifft die rechtlichen Rahmenbedingungen. Hier stehen der globalen Vernetzung die regionale Gesetzgebung und der Datenschutz im Wege. Gerade bei der Verarbeitung personenbezogener Daten sind Sicherheitsanforderungen mit Cloud Services aus der Public Cloud noch nicht zu gewährleisten.

10.2. Anwenderseite

Auf der Anwenderseite zeigt sich der Nutzen von Cloud-Diensten in den Bereichen Kosten, Flexibilität und Ressourcen, der Bereich Sicherheit und Compliance bildet jedoch noch eine Herausforderung für Cloud-Anwender (Vgl. Abbildung 12). Eine Detaillierung folgt in den anschließenden Absätzen.

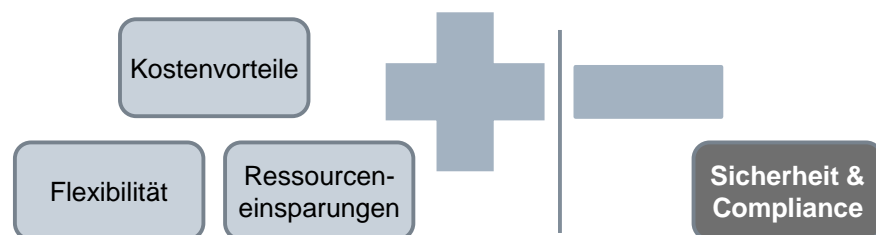


Abbildung 12: Nutzen und Herausforderungen für Cloud-Anwender

Kostenvorteile. Cloud Computing wandelt die Struktur der IT-Kosten von hohen Anfangsinvestitionen (z.B. Softwarelizenzen oder Hardware-Kosten) zu regelmäßigen, nutzungsabhängigen, vorhersehbaren und operativen Kosten. Dies führt zu einer geringeren Kapitalbindung. Durch die Nutzungsabhängigkeit lassen sich Kosten für neue Projekte leichter ermitteln und Anbieter besser vergleichen. Dank erhöhter Transparenz lassen sich laufende Kosten exakt berechnen, was zu einem effizienteren Controlling hinsichtlich der Höhe und

Verursachung von Kostenbestandteilen führt. Die Verteilung der Kosten über die Nutzungsdauer ermöglicht die Entstehung und Nutzung von Skaleneffekten sowie die Optimierung der Auslastung von Ressourcen (Experton Group, 2010). Laut einer Studie (Centre for Economics and Business Research (CEBR), 2011) des Londoner Centre for Economics and Business Research (CEBR) belaufen sich die Nettokosteneinsparungen, die Unternehmen bei der Einführung von Cloud-Anwendungen in Deutschland im Zeitraum von 2010 bis 2015 erzielen können, auf 37,7 Milliarden Euro. Dies wird ermöglicht durch geringere Betriebskosten und gesenkte Verwaltungsaufwände.

Flexibilität. Cloud Computing ist eine massiv skalierbare Technologie. Damit ermöglicht sie den Zugang zu großen Umfängen von IT-Ressourcen, wie z.B. Rechenleistung, Speicher oder Anwendungen. Durch die Fähigkeit zur nahtlosen Zusammenarbeit (Interoperabilität) verschiedener Anbieter wird die Portabilität von Daten und Leistung gewährleistet (Distributed Management Task Force (DMTF), 2009). Dies ist eine der Voraussetzungen für den Idealzustand von Cloud Computing, welcher sich derzeit noch in der Entwicklung befindet. Es existieren jedoch Bemühungen (z.B. durch das Open Cloud Consortium), um Standards zur Ermöglichung von Interoperabilität zu etablieren. Durch das Anmieten von Infrastrukturleistungen und Software aus dem Internet werden Daten und Programme nicht mehr lokal gespeichert, sondern im Internet gehostet. Dadurch werden die globale Verfügbarkeit und ein ortsunabhängiger Zugriff von jedem lokalen Rechner mit Internetverbindung gewährleistet. Besonders durch eine vollkommene Interoperabilität wird die Bereitstellung von IT-Ressourcen erheblich vereinfacht und beschleunigt. Dadurch sinkt die Zeit für die Entwicklung und Produkteinführung von Anwendungen bedeutend (BITKOM, 2009). Durch die schnellere Bereitstellung skalierbarer IT-Ressourcen und eine ubiquitäre Verfügbarkeit der Dienste, wird die Anpassungsfähigkeit bei der Auswahl von IT-Ressourcen und Entwicklungstools gefördert. Das Risiko in Bezug auf Abhängigkeiten von bestimmten Anbietern oder Technologien wird minimiert.

Ressourceneinsparungen. Der Bezug von virtuellen Ressourcen über das Internet minimiert den Einsatz eigener physikalischer Ressourcen. Der geringere Infrastrukturbedarf, bzgl. Servern, Speicher und Netzwerken, bewirkt enorme Materialeinsparungen. Die Virtualisierung ermöglicht viele unterausgelastete Server auf wenige, dafür aber leistungsfähigere Systeme zu übertragen. In Verbindung mit dem geringeren Materialeinsatz bei den

Anwendern von Cloud-Diensten lässt sich damit der Bedarf an eigenen Raumkapazitäten und Standorten senken (BITKOM, 2009). Werden weniger Server und anderes IT-Material benötigt, erfordert das folglich weniger Energie zum Betrieb und der Klimatisierung dieser Systeme, was wiederum zur Verbesserung der Energieeffizienz führt (BITKOM, 2009). Die Umschichtung von Infrastruktur-Ressourcen hat ebenfalls Einfluss auf den Bedarf an Administrations- und Arbeitsleistungen. Das Unternehmen kann sich damit besser auf sein Kerngeschäft fokussieren. Jedoch sinkt der Bedarf an entsprechenden Leistungen nicht zwangsläufig. Es existiert ein erhöhter Management-Aufwand, sobald mehrere Cloud-Anbieter eingebunden sind (BITKOM, 2009). Die Anbieter müssen daran arbeiten, dass das IT-Management bei der Umschichtung von Arbeitsaufwand in die Cloud nicht komplexer wird.

Sicherheit & Compliance. Die Sicherheit von Informationen ist ein kritischer Erfolgsfaktor für Cloud Computing (Deloitte Consulting, 2011). Sie bedeutet die Gewährleistung von optimalem Schutz aller in einem Unternehmen gespeicherten Informationen. Das umfasst sowohl Informationen, die dem Unternehmen uneingeschränkt gehören als auch die, die ihm lediglich anvertraut werden, z.B. Kunden-, Partner- und Mitarbeiterdaten (IT Security Advisor, 2009). Diese Daten sind vor kriminellem Missbrauch, internem Betrug oder Sabotage sowie Datenverlust oder -diebstahl zu schützen. Mögliche Angriffspunkte im Cloud Computing sind unsichere Schnittstellen sowie eine gemeinsam genutzte Systemumgebung. Gegenüber einem kleinen Unternehmen ohne Sicherheitsexperten kann ein großer Cloud-Anbieter die Datensicherheit erhöhen. Er verfügt über die technischen, finanziellen und personellen Mittel, um die bestmöglichen Sicherheitsmaßnahmen zu realisieren. Die Kosten verteilen sich über eine Vielzahl von Nutzern und Sicherheits-Audits werden weitaus öfter vorgenommen als in einem normalen Unternehmen (CIO.de, 2010). Die Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit eines Anbieters ist zunächst ein weiteres Risiko. Fällt der Provider technisch aus oder geht in Konkurs, führt das zu einem Ausfall der Dienste und Erreichbarkeit der Daten sowie ggfs. zum Verlust dieser Daten. Diese Abhängigkeit zwingt die Unternehmen zu Service Level Agreements inklusive Notfallmaßnahmen mit dem Anbieter (BITKOM, 2010). Analog zur Informationssicherheit ist die Zuverlässigkeitsgarantie eines großen Cloud-Anbieters besser, als die, die ein einziges kleines Unternehmen selbst zu leisten vermag (BITKOM, 2009). Auch das Vertrauen ist ein großer Sicherheitsfaktor. Diese psychologische Herausforderung von Cloud Computing ergibt sich

aus der Tatsache, dass die Daten von einem Drittanbieter gehostet und die Ressourcen der Leistungen gemeinsam genutzt werden. Die Sicherheitsbedenken eines Benutzers, wenn er keine Kontrolle über seine eigenen Daten oder Ressourcen besitzt, führen dazu, dass die Sicherstellung einer vertrauensvollen Speicherung von enormer Bedeutung ist. Ein gründliches Management von Lieferanten und Partnern ist daher besonders wichtig, auch wenn es um die Erfüllung von Compliance-Richtlinien geht. Zwischen den rechtlichen Vorgaben und ihrer Umsetzung herrscht in den Unternehmen noch immer eine große Kluft. Eine Bevorzugung von Cloud-Diensten wird teilweise in Betracht gezogen, denn große Anbieter können weit mehr in Sicherheit und rechtliche Anforderungserfüllung investieren als einzelne IT-Abteilungen. Allerdings geben unterschiedliche gesetzliche Vorgaben zum Thema Datenschutz besonders dem Speicherort von Daten eine große Bedeutung. Die Forderung nach deutschen Rechenzentren (Experton Group, 2010) ist begründet in möglichen Verstößen gegen die national geltenden Bestimmungen für den Datenschutz, wenn sensible Daten in Ländern verarbeitet werden, die z.B. Geheimdiensten großzügige Rechte einräumen. Internationale Anbieter müssen daher sicherstellen, dass die Daten nur auf bestimmte Zuständigkeitsbereiche übertragen werden. Auch ausschließlich englische AGBs stellen dabei ein Hindernis dar, da sie im Streitfall erst für das Gericht übersetzt werden müssen und dadurch Interpretationsspielräume zulassen.

10.3. Zusammenspiel von Nutzen und Herausforderungen

Die beschriebenen Herausforderungen besitzen eine befähigende Rolle. D.h., werden diese Herausforderungen gelöst, so entwickeln sie ein hohes Nutzenpotential und sind Voraussetzung für die beschriebenen Nutzen-Aspekte. Wenn die technologischen Grundlagen gelegt sind, um die technische Sicherheit und Flexibilität des Services zu ermöglichen, können ein optimierter Ressourceneinsatz und große Kostenvorteile realisiert werden. Parallel müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen ihre Anforderungen an die Sicherheit anpassen und Cloud Services zulassen, damit sich neue Cloud-Geschäftsmodelle etablieren (Vgl. Abbildung 13).

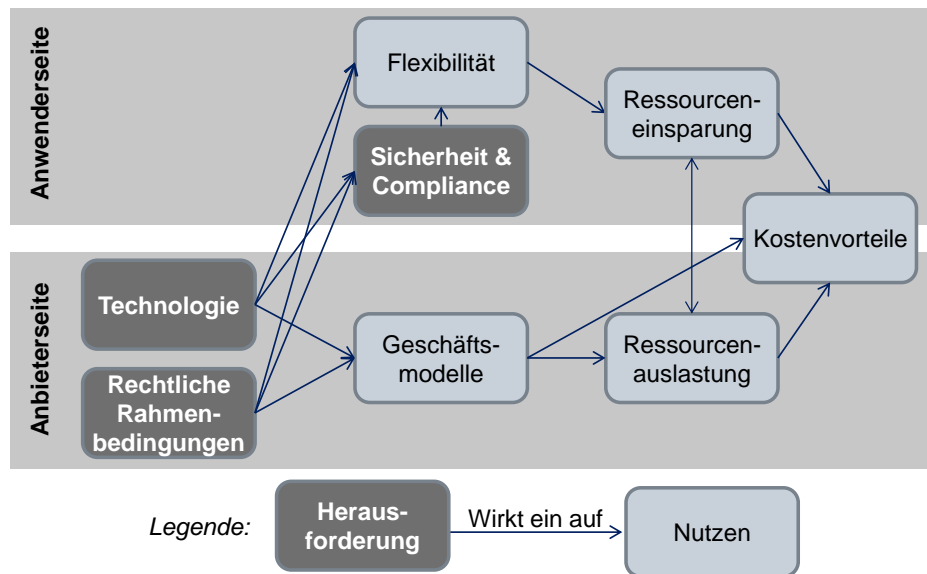


Abbildung 13: Zusammenwirken der Bewertungsblöcke

11 Fazit und Ausblick

Von Cloud Computing profitieren sowohl Anwender als auch Anbieter in allen Wirtschaftssektoren. Während große Unternehmen bereits Skaleneffekte abschöpfen können, wenn sie ihre eigenen IT-Strukturen virtualisieren und den Fachbereichen bedarfsgerecht bereitstellen (Private Cloud), profitieren kleine Unternehmen besonders von mietbaren Cloud-Diensten und -Ressourcen aus der Public Cloud.

11.1. Temporärer Hype oder zukunftsweisendes Konzept?

Aktuell steht der Begriff „Cloud Computing“ für einen Trend in der IT-Branche. Diverse Quellen werfen die Fragestellung auf, ob es sich dabei um einen vorübergehenden Hype handelt. Die Frage nach der Bewertung von Cloud Computing wurde in einer Umfrage von IT-Dienstleistern des Öffentlichen Sektors beantwortet. Als Ergebnis attestieren viele Teilnehmer dem Konzept des Cloud Computing keinen revolutionären Neuheits-Charakter, dennoch bewerten 60% der Befragten Cloud Computing als zukunftsweisendes Konzept (Vgl. Abbildung 14).

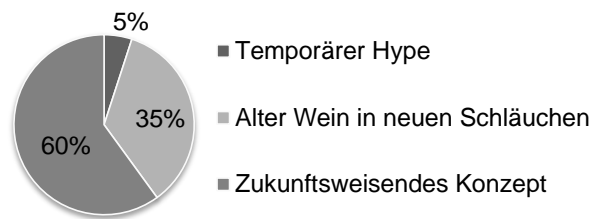


Abbildung 14: Bewertung von Cloud Computing (Umfrage der TU Berlin & Vitako, 27 kommunale IT-Dienstleister)

Die Diskussion um Cloud lässt sich mit der Debatte um Web 2.0 vergleichen, denn auch bei der Entstehung dieses Begriffs wurde über dieselbe Fragestellung diskutiert. Web 2.0 ist mit sozialen Netzwerken und Kollaborationsplattformen voll in unseren Alltag integriert, aber niemand spricht mehr von Web 2.0. Aufgrund der schwierigen Abgrenzung zu länger bestehenden Technologien, wie Utility Computing oder Grid Computing, hat der Begriff Cloud Computing möglicherweise ebenfalls nicht lange Bestand. Die Anwendung des dahinterstehenden Geschäftsmodells wird jedoch langfristig die IT-Welt bestimmen. Das Potential von Cloud Computing wird von Unternehmen aller Größen und Branchen erkannt und anfängliches Misstrauen überwunden.

11.2. Ausweitung der Zielsegmente von Cloud Services

Hauptzielgruppe im Infrastruktur-Segment von Cloud-Diensten sind Geschäftskunden, aber die Ausweitung des Angebots auf den privaten Markt sollte in Erwägung gezogen werden. Endnutzer besitzen oft nur ein geringes technisches Verständnis bei der Auswahl und der Wartung eines Computers sowie bei der Aktualisierung von Betriebssystemen und Programmen. Durch Cloud-Infrastrukturen wird dieses Defizit ausgeglichen, denn ein gemieteter virtueller Rechner kann technisch nicht veralten, da seine Ausstattung flexibel an den Fortschritt angepasst werden kann. Zudem vollzieht sich auf dem Privatmarkt ein Wandel bei den Endgeräten, von Laptops zu Tablets, welche bekanntermaßen eine geringere technische Ausstattung besitzen. Das Einsatzszenario, diesen Mangel durch Rechenleistung und Speicher aus der Cloud auszugleichen, birgt enorme Absatzpotentiale.

Auch der öffentlich-rechtliche Bereich rückt immer weiter in den Anwendungsbereich von Cloud Computing. Durch die Etablierung von virtuellem Lernen an Fernuniversitäten und in kollaborativen Forschungsprojekten hat im Bildungssektor bereits eine kleine virtuelle Revolution stattgefunden. Durch den stetigen

Ausbau von elektronischen Meldeverfahren und den dadurch bedingten hohen technischen Herausforderungen an veraltete Systemlandschaften, dem allgemeinen Kostendruck und der dünnen Personaldecke im IT Sektor des Öffentlichen Dienstes, wird es nur eine Frage der Zeit sein, bis auch hier proaktiv die Möglichkeiten und Chancen von Cloud Computing global umgesetzt werden.

11.3. Umsetzung von Cloud Computing

Die Geschäftsmodelle sowie die Anbieterlandschaft der IT-Branche sind einem grundlegenden Wandel unterworfen. Die Cloud-Strategie befindet sich in vielen Fällen noch im Aufbau. Die vollständige Verlagerung in die Cloud liegt in weiter Ferne, da ältere Infrastrukturen nicht einfach ersetzt werden können. Eine zuverlässige Infrastruktur ist jedoch Voraussetzung für die Vereinbarung attraktiver SLAs. Zeitgleich wird außerdem klar, dass traditionelle Netzwerkstrukturen und Bereitstellungsmodelle die schnellen Entwicklungen nicht mehr lange tragen können. Der Umzug wird also Schritt für Schritt durchgeführt. Für den Übergang zu einer flexibleren und wirtschaftlicheren Infrastruktur der nächsten Generation gibt es keine rezeptartige Lösung. Alte Dienste und Datenverkehrsarten sollten während des stufenweisen Umzugs weiter unterstützt werden und den allmählichen Übergang gewährleisten.

Selbst nach einem Umzug in die Cloud ist damit das Ende der klassischen Desktop-Ära noch nicht in Sicht, denn einige Anwendungen eignen sich nicht für einen Cloud-Betrieb und würden weiterhin auf dem persönlichen Rechner verbleiben. Zudem ist das Cloud Computing heute noch mit Problemen behaftet, die für eine zukünftige vollkommene Nutzung erst noch gelöst werden müssen. Zu den Hindernissen gehören verschiedene technologische und rechtliche Herausforderungen sowie Sicherheitsbedenken. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, sind Anpassungen durch neue gesetzliche Regelungen und Standards erforderlich. Durch die Bewältigung der Herausforderungen kann das gesamte Potential von Cloud Computing erschöpft werden. Denn versprochene Vorteile können von vielen Unternehmen bisher noch nicht bestätigt werden (Deloitte Consulting, 2011).

Literaturverzeichnis

- Almeida, J., Dabu, M., Manikutty, A. & Cao, P., 1998. *Providing Differentiated Levels of Service in Web Content Hosting*. [Online] Available at: <http://pages.cs.wisc.edu/~jussara/papers/98wisp.pdf>
- Anderson, T., 2010. *What is cloud computing?*. [Online] Available at: <http://www.guardian.co.uk/cloud-computing/what-is-cloud-computing?INTCMP=SRCH>
- Armbrust, M. et al., 2009. *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. [Online] Available at: <http://digitalassets.lib.berkeley.edu/techreports/ucb/text/EECS-2009-28.pdf>
- Baun, C., Kunze, M., Nimis, J. & Tai, S., 2010. *Cloud Computing*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin.
- BITKOM, 2009. *Cloud Computing Leitfaden*. [Online] Available at: http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM-Leitfaden-CloudComputing_Web.pdf
- BITKOM, 2009. *Server-Virtualisierung - Teil 1 Business Grundlagen - Leitfaden*. [Online] Available at: http://www.bitkom.org/files/documents/virtualisierung_nov_2009_T1.pdf
- BITKOM, 2010. *Cloud Computing - Was Entscheider wissen müssen*. [Online] Available at: http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM_Leitfaden_Cloud_Computing-Was_Entscheider_wissen_muessen.pdf
- BITKOM, 2011. *Presseinformation 2011: Cloud Computing ist erneut IT-Trend des Jahres*. [Online] Available at: http://www.bitkom.org/de/presse/8477_66570.aspx
- Böhm, M. et al., 2010. *Towards a Generic Value Network for Cloud Computing*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2012. *Eckpunktepapier: Sicherheitsempfehlungen für Cloud Computing Anbieter*. [Online] Available at: <https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Mindestanforderungen/Eckpunktepapier-Sicherheitsempfehlungen-CloudComputing-Anbieter.pdf?blob=publicationFile>

- Centre for Economics and Business Research (CEBR), 2011. *The Cloud Dividend: Part One*. [Online] Available at: <http://uk.emc.com/collateral/microsites/2010/cloud-dividend/cloud-dividend-report.pdf>
- CIO.de, 2010. *Cloud-Anbieter angeblich Vorreiter für Sicherheit (Accenture-Studie)*. [Online] Available at: http://www.cio.de/was_ist_cloud_computing/anbieter/2240028/index3.html
- Deloitte Consulting, 2011. *Cloud Computing in Deutschland*. [Online] Available at: http://www.deloitte.com/assets/Dcom-Germany/Local%20Assets/Documents/12_TMT/2010/DE_TMT_Cloud_Computing_19012011.pdf
- Deussen, P. H. & Strick, L. P. J., 2010. *Cloud-Computing für die öffentliche Verwaltung, ISPRAT-Studie*. [Online] Available at: http://isprat.net/fileadmin/downloads/pdfs/cloud_studie.pdf
- Distributed Management Task Force (DMTF), 2009. *Interoperable Clouds*. [Online] Available at: http://www.dmtf.org/sites/default/files/standards/documents/DSP-IS0101_1.0.0.pdf
- Dörner, S., 2011. *Handelsblatt: Was ist Cloud Computing?*. [Online] Available at: <http://www.handelsblatt.com/faq-was-ist-cloud-computing;2723810;0>
- Experton Group, 2010. *Cloud Vendor Benchmark 2010 Presse Handout*. [Online] Available at: http://www.download-telekom.de/dt/StaticPage/86/14/20/Experton_Cloud_Vendor_Benchmark_2010_Ergebnisse.pd_861420.pdf
- Experton Group, 2010. *Pressemitteilung: Cloud Architektur Design*. [Online] Available at: <http://www.experton-group.de/fileadmin/experton/press/2010/pm-2010-09-10-Cloud-Technology-Benchmark.pdf>
- Financial Times Deutschland (FTD), 2012. *Die Zukunft liegt in der Corporate Cloud*. [Online] Available at: <http://www.ftd.de/it-medien/it-telekommunikation/:bedeutender-meilenstein-die-zukunft-liegt-in-der-corporate-cloud/70002771.html>
- Foster, I. & Kesselmann, C., 2004. *The Grid: Blueprint for a new computing infrastructure*. San Francisco: Morgan Kaufmann.

- Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I. & Lu, S., 2008. *Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared*. [Online] Available at: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0901/0901.0131.pdf>
- Fraunhofer FOKUS, 2010. *Cloud Computing für öffentliche Verwaltung*. Berlin: ISPRAT-Studie.
- Gartner, 2009. *Press Release: Gartner Highlights Five Attributes of Cloud Computing*. [Online] Available at: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1035013>
- Gartner, 2011. *Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technologies for 2012*. [Online] Available at: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1826214>
- Geelan, J., 2009. *Twenty-One Experts Define Cloud Computing*. [Online] Available at: <http://cloudcomputing.sys-con.com/node/612375>
- Google, 2012. *Google Trends - Cloud Computing*. [Online] Available at: <http://www.google.de/trends?q=cloud+computing>
- International Data Corporation (IDC), 2010. *Digital Universe Study*. [Online] Available at: http://gigaom.files.wordpress.com/2010/05/2010-digital-universe-iview_5-4-10.pdf
- IT Security Advisor, 2009. *Datensicherheit: Konvergenz zwischen Datenschutz und Datensicherheit*. [Online] Available at: http://www.all-about-security.de/fileadmin/micropages/Krims_Krams_Pdfs/Ebook_Ausgabe.pdf
- ITwissen.info, 2011. *IOP (interoperability)*. [Online] Available at: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Interoperabilitaet-IOP-interoperability.html>
- ITwissen.info, 2011. *Virtualisierung*. [Online] Available at: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Virtualisierung-VT-virtualization-technology.html>
- Kaskade, J., 2009. *Definition of Cloud Computing – Again*. [Online] Available at: <http://jameskaskade.com/?p=594>
- Kirwan, P., 2008. *Clouds and Storms: Nicholas Carr on cloud computing*. [Online] Available at: <http://www.computerworlduk.com/advice/applications/1610/clouds-and-storms-nicholas-carr-on-cloud-computing/>

- Leimeister, S., Riedl, C., Böhm, M. & Krecmar, H., 2010. The Business Perspective on Cloud Computing: Actors, Roles, and Value Networks. *ECIS - European Conference on Information Systems*, 18.
- Mell, P. & Grance, T., 2011. *The NIST Definition of Cloud Computing*. [Online] Available at: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
- Motahari-Nezhad, H. R., Stephenson, B. & Singhal, S., 2009. *Outsourcing Business to Cloud Computing Services: Opportunities and Challenges*. [Online] Available at: <http://www.hpl.hp.com/techreports/2009/HPL-2009-23.pdf>
- O'Reilly, T., 2006. *Web 2.0 Compact Definition: Trying Again*. [Online] Available at: <http://radar.oreilly.com/archives/2006/12/web-20-compact.html>
- saasdir.com, 2012. *saasdir.com*. [Online] Available at: <http://www.saasdir.com>
- techconsult, 2012. IT Cloud Index 2012. 23 08.
- Velte, A. T., Velte, T. J. & Elsenpeter, R., 2010. *Cloud Computing - A Practical Approach*. USA: McGraw-Hill Companies.
- VMWare, 2009. *The Business Value Of Virtualization*. [Online] Available at: <http://www.vmware.com/files/pdf/solutions/Business-Value-Virtualization.pdf>
- Zschau, O., 2001. *Content Delivery Services - Technologien zur Beschleunigung des Content*. [Online] Available at: http://www.contentmanager.de/magazin/artikel_21_content_delivery_services_-_technologien_zur.html