

Seminar „Software Entwicklung in der Wissenschaft“
Betreuer: Dr. Hermann Lenhart
Am Fachbereich Informatik
Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften
Universität Hamburg

Cloud Computing

— Seminararbeit —

Vorgelegt von: Subhash Arora
Matrikelnummer: 6426968
Studiengang: Bachelor of Science Wirtschaftsinformatik
6. Fachsemester
Sommersemester 2015
Email: subhash.arora92@yahoo.de

Hamburg, den 19.10.2015

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Was ist Cloud Computing?	2
2.1. Grid Computing	2
2.3 Geschichte und Ursprung	3
2.2 Cloud Computing Definition und Definitionsproblematik	4
2.4 Technische Realisierung	5
3. Servicedienste in der Cloud	8
3.1 Infrastructure as a Service	8
3.2 Platform as a Service	9
3.3 Software as a Service	10
4. Typen der Cloud	12
4.1 Public Cloud	12
4.2 Private Cloud	12
4.3 Community Cloud	13
4.4 Hybrid Cloud	13
5. Wissenschaftliche Nutzung von Cloud Computing	14
6. Vorteile und Probleme von Cloud Computing	16
6.1 Wirtschaftliche Perspektive	16
6.2 Technische Perspektive	16
6.3 Organisatorische Perspektive	17
7. Reflexion und Ausblick	17
8. Litaraturverzeichnis	20

1. Einleitung

Der Begriff Cloud Computing prägt seit nun mehr als fünf Jahren das Bild der Informationstechnologie, um Web basierte Dienste, Entwicklungsplattformen und Infrastrukturressourcen. Dass Cloud Computing sich am Markt etablieren und die Welt der IT grundlegend verändern wird, hat Gartner schon im Jahr 2009 erkannt.¹

Durch Cloud Computing werden IT-Leistungen auf externen Servern bereitgestellt, auf welche von überall zugegriffen werden kann, wo eine Internetverbindung vorhanden ist. Dadurch sind zum einen erhebliche Kosteneinsparungen u.a. bei der Investition in neue IT-Software und -Hardware möglich, zum anderen bringt es auch Risiken und Probleme, u.a. bei der Datensicherheit, mit sich. Das Prinzip der "Wolke" ist nicht nur für Unternehmen interessant. Viele Privatleute nutzen die Cloud schon, ohne es überhaupt zu wissen. Social Networks bieten zum Beispiel die Möglichkeit Fotos, Videos und andere Daten im Netz hochzuladen und jederzeit durch eine Internetverbindung darauf zuzugreifen, ohne den Speicher des eigenen Device's zu belegen.

Im Rahmen meiner Hausarbeit werde ich mich damit beschäftigen, was genau das Phänomen Cloud Computing ist, wie Cloud Nutzer, insbesondere in der Wissenschaft, davon profitieren können und welche Vorteile und Probleme Cloud Computing mit sich bringt.

Im zweiten Kapitel wird auf die Definition und die Definitionsproblematik des Begriffs Cloud Computing eingegangen. Dazu wird zunächst ein kurzer Einblick in das Prinzip des Grid Computing gewährt. Dabei wird auch auf die Geschichte des Cloud Computing eingegangen. Das dritte Kapitel beschäftigt sich mit den Servicediensten der Cloud, woraufhin im vierten Kapitel die unterschiedlichen Typen der Cloud vorgestellt werden. Im fünften Kapitel werde ich auf die wissenschaftliche Nutzung von Cloud Computing eingehen. Einen Überblick über die vorteilhaften Möglichkeiten, sowie die Gefahren, welche Cloud Computing mit sich bringt, soll das sechste Kapitel bieten, um dann mit einer kleinen Zusammenfassung und einem Ausblick die Arbeit abzuschließen.

¹ o.V.: Gartner Highlights Five Attributes of Cloud Computing (2009), URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/1035013> (Stand: 05.10.2015).

2. Was ist Cloud Computing?

Um den Ansatz des Cloud Computing zu verstehen, muss man sich die verschiedenen Technologien anschauen, aus welchen es besteht. Denn Cloud Computing ist keine eigenständige Technologie. Sie wird wie ein Puzzle aus vielen alten bekannten Technologien und Vorgehensweisen aus dem IT-Bereich, wie Bspw. Virtualisierungstechnologie, Grid Computing, Cluster Computing und Utility Computing, als ein Gesamtkonzept zusammengeführt.²

Um den Rahmen dieser Hausarbeit nicht zu sprengen, befasse ich mich nur mit dem inoffiziellen Vorgänger, dem Grid Computing.

2.1 Grid Computing

Bereits in den frühen 60er Jahren kam man zu der Überlegung, große Berechnungsprobleme nicht mit einem einzigen Supercomputer zu lösen, sondern das Problem in viele kleine Teile zu zerlegen und getrennt und damit effizienter zu berechnen.³

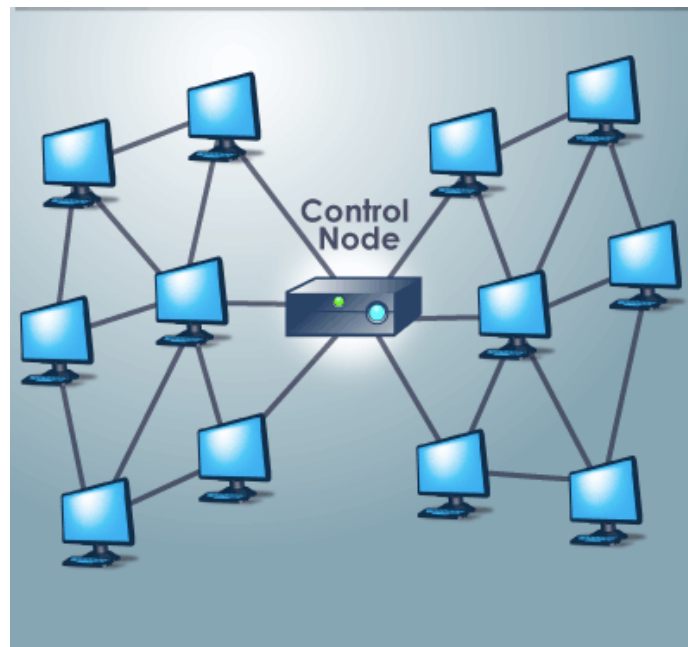


Abbildung 1: Grid Computing

Quelle: <http://computer.howstuffworks.com/grid-computing.htm>

² Haselmann, T., & Vossen, G. (2010). *Database-as-a-Service für kleine und mittlere Unternehmen*. Working Paper (3), Institut für Wirtschaftsinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, S.5.

³ Ders., S.5.

Unter Grid Computing versteht man lediglich eine Form des verteilten Rechnens, bei dem eine immens hohe Rechenleistung durch die Zusammenkopplung von einzelnen Rechnern erzielt werden kann [s. Abb.1]. Auch hier findet die Kommunikation wie in der Cloud über das Internet statt, ausser dass die Infrastruktur nicht als Service bereitgestellt wird.⁴ Ohne weitere Interaktionen mit anderen Clients, oder dem zentralen Rechner, arbeiten die Grid-Rechner Aufgaben nach Vorgabe ab, die sie von einer zentralen Stelle zugewiesen bekommen. So können sich z.B. Individuen oder Institutionen sich zusammenschließen, um die gemeinsame Nutzung ihrer Ressourcen zu ermöglichen und auf effizientere Rechenleistung zugreifen, ohne dabei in leistungsstärkere Systeme zu investieren.⁵

2.2 Geschichte und Ursprung

Wie im vorherigen Abschnitt bereits beschrieben reichen die Grundideen des Cloud Computing bis in die 60er Jahre zurück. Auch damals schon wollte man Rechenleistung und Anwendungen gegen eine Nutzungsgebühr der Allgemeinheit bereitstellen.⁶

Während die Software-Dienste von Salesforce schon älter sind (1999)⁷ als der Begriff Cloud Computing selbst, ist heute Cloud Computing ein Marketingbegriff geworden, der auf alle möglichen Webanwendungen, insbesondere dem Web Storage angewendet wird.⁸ Seit März 2006 ist der Speicherdienst von Amazon 'Simple Storage Service (S3)' verfügbar, gefolgt von der 'Elastic Compute Cloud (EC2)' im August 2006, welches einen Infrastruktur Dienst für virtuelle Software anbietet. Schließlich startete auch Google im April 2008 den Plattformdienst 'App Engine', in der die Kunden Webanwendungen innerhalb der Google Infrastruktur betreiben können. Seit Februar 2010 ist 'Microsoft Windows Azure', als Konkurrenzprodukt von der 'App Engine' und EC2, verfügbar.⁹

⁴ o.V.: Cloud Computing Vs. Grid Computing (2010), URL: <http://www.trendcomputing.de/cloud-computing-vs-grid-computing/> (Stand: 06.10.2015).

⁵ Fey, D. (2010, January). Grid Computing für Computational Science. In *Grid-Computing* (pp. 3-13). Springer Berlin Heidelberg, S.4.

⁶ Haselmann (2010) ,S.5.

⁷ Mohamed, A.: A history of Cloud Computing (2009), URL: <http://www.computerweekly.com/feature/A-history-of-cloud-computing> (Stand: 06.10.2015).

⁸ Borges, G., & Schwenk, J. (Eds.). (2013). Daten-und Identitätsschutz in Cloud Computing, E-Government und E-Commerce. Springer-Verlag, S.3.

⁹ Baun, C. (2011). Untersuchung und Entwicklung von Cloud Computing-Diensten als Grundlage zur Schaffung eines Marktplatzes., S.2.

2.3 Cloud Computing Definition und Definitionsproblematik

Der Begriff Cloud Computing beschreibt ein Feld, das sich immer noch im Wandel befindet.¹⁰ Nicht nur dies führt dazu, dass es noch immer keine einheitliche Definition von Cloud Computing gibt.¹¹ Zum einen kommen die Nutzer aus diversen Bereichen und schauen somit aus verschiedensten Perspektiven auf Cloud Computing. Zum Anderen sind nicht nur Cloud Computing keine Grenzen in seiner Innovation gesetzt, sondern auch Technologien, die Cloud Computing ermöglichen, wie Web2.0 und die Softwareorientierte-Architektur (SOA), entwickeln sich stetig weiter.¹²

Das Cloud Computing beschreibt zunächst Dienste, die durch einen bestimmten Provider im Internet oder auch im Intranet durch Virtualisierung angeboten werden. Diese Technologie stellt somit eine Art Outsourcing-Technik dar.¹³

Eine technische Definition hat Buyya aufgestellt und beschreibt Cloud Computing als eine Art paralleles und verteiltes System, bestehend aus einer Sammlung von vernetzten und virtualisierten Computer, welche dynamisch und als eine oder mehrere vereinigte Rechnerressourcen bereitgestellt werden.¹⁴ Doch Cloud Computing ist mehr als nur das. Trotz des Mangels einer einheitlichen Definition, lassen sich verschiedene Gemeinsamkeiten zusammenfassen.

Mit Cloud Computing ist die Bereitstellung von skalierbaren, elastischen und virtuellen IT-Ressourcen (z.B. Rechenkapazität, Datenspeicher, Programmier-Plattformen und Software) über ein Netzwerk gemeint. Diese Leistungen können je nach Bedarf angepasst werden, sodass dem Anwender nur die Kosten der tatsächlich verbrauchten Leistung berechnet werden. Elastisch ist die Leistung, da ein gemeinsamer Pool von Ressourcen

¹⁰ Haselmann (2010), S.8.

¹¹ Wang, L., Tao, J., Kunze, M., Castellanos, A. C., Kramer, D., & Karl, W. (2008, September). Scientific Cloud Computing: Early Definition and Experience. In *HPCC* (Vol. 8, pp. 825-830), S.825.

¹² Ders., S.825.

¹³ Singer, O. (2010, Berlin). Aktueller Begriff: Cloud Computing. In: Datenschutz und Datensicherheit, Deutscher Bundestag, S.1.

¹⁴ Vecchiola, C., Pandey, S., & Buyya, R. (2009, December). High-performance cloud computing: A view of scientific applications. In *Pervasive Systems, Algorithms, and Networks (ISPAN), 2009 10th International Symposium on* (pp. 4-16). IEEE, S.6.

von den Abnehmern geteilt wird und damit eine maximale Effizienz der Ressourcenverteilung gewährleistet ist.^{15 16}

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass folgende essentielle Eigenschaften Cloud Computing auszeichnen und von anderen Konzepten Differenzieren¹⁷ [s. Abb. 2]:

Charakteristikum	Grid	Cloud
Gemeinsame Nutzung physischer Ressourcen	✓	✓
Allgemeiner Netzwerkzugriff	✓	✓
Unverzögliche Anpassbarkeit an Bedarf	✗	✓
Selbstbedienung nach Bedarf	✗	✓
Messung der Servicenutzung	✓	✓
Arbeiten mit virtuellen Ressourcen	✗	✓

Abbildung 2: Vergleich der Eigenschaften von Grid und Cloud Computing

Quelle: Haselmann (2010), S.9

Zudem werden in Abbildung 2 auch die groben Unterschiede von Cloud und Grid Computing dargestellt.

2.4 Technische Realisierung von Cloud Computing

Ein riesiges Netzwerk, bestehend aus vielen Servern in mehreren Rechenzentren verteilt, welche von Dienstleistern betrieben werden, ist die Grundbasis von Cloud Computing. Dabei wird durch den Zusammenschluss der Ressourcen aller Beteiligten, die Leistung eines Supercomputers erzielt (s. auch Kapitel: Grid Computing).¹⁸

Durch die Virtualisierung wird ein Ressourcen-Pool zur Verfügung gestellt, aus dem individuell und dynamisch bestimmte Ressourcen-Zusammenstellungen generiert und als virtuelle Maschinen eingesetzt werden.¹⁹ Dabei wird die Virtualisierung als eine abstrakte Ebene verstanden, die physische Hardware vom Betriebssystem entkoppelt und somit

¹⁵ Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing, S.2.

¹⁶ Gartner (2009), (Stand: 06.10.2015).

¹⁷ Haselmann (2010), S.9.

¹⁸ Büst, R., Nüsser, W., & Koch, E. (2009). Cloud Computing, S.16.

¹⁹ Baun, C., Kunze, M., Nimis, J., & Tai, S. (2011). *Cloud computing: Web-based dynamic IT services*. Springer Science & Business Media, S.16.

größere Auslastung der IT-Ressourcen und bessere Flexibilität ermöglicht.²⁰ Dazu zählen z.B. Rechenleistung, Speicherplatz und Netzwerke. Man kann also anstatt eines echten Servers, eine sogenannte virtuelle Maschine mieten, deren Ausstattung, bezüglich Speicher und Prozessorleistung, je nach Bedarf skaliert.

Cloud Anwendungen und physische Server können von mehreren Kunden gleichzeitig genutzt werden, wobei der Zugriff auf ihre eigenen Daten beschränkt bleibt. Das wird durch die sogenannte Mandantenfähigkeit ermöglicht.²¹

Eine Abstrakte Sicht der Cloud Computing Architektur wird in Abbildung 3 Illustriert.

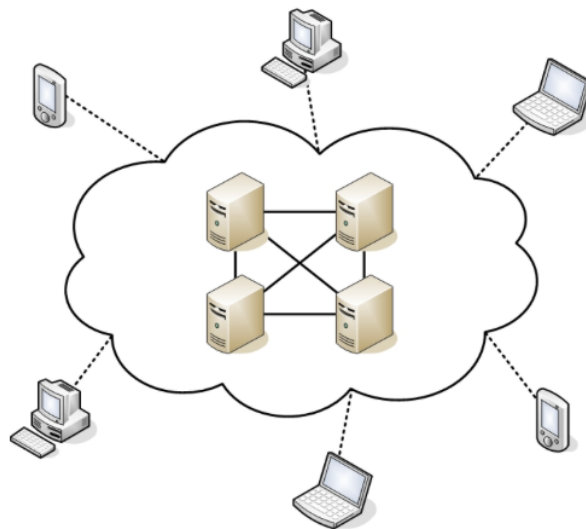


Abbildung 3: Cloud Computing Architektur

Quelle: Büst (2009), S.17

Die Cloud-Architektur kann also in 4 logischen Schichten unterteilt werden [s. Abb. 4]:

- *Physikalische Hardware*
- *Virtualisierung*
- *Management*
- *Workloads*

Die *Physikalische Hardware* ist für die virtuelle Bereitstellung von flexiblen und adaptiven Ressourcen zuständig. Die Plattform der virtuellen Dienste für Server, Speicher und das Netz wird in der Schicht der *Virtualisierung* bereitgestellt. Die *Management*-Schicht ist die Steuerungszentrale des Systems. Hier werden auch u.a. die Werkzeuge zur Verwaltung,

²⁰ Lampe, F. (2009). Green-it, Virtualisierung und Thin Clients: Mit neuen IT-technologien Energieeffizienz erreichen, die Umwelt schonen und Kosten sparen, S.58.

²¹ Zarnekow, R. (2012). Grundlagen des Cloud Computing: Konzept und Bewertung von Cloud Computing, S.7.

Abrechnung und Überwachung der angeforderten Dienste bereitgestellt. Die Workloads bieten dabei den verschiedenen Anwendungen eine entsprechende Plattform.²²

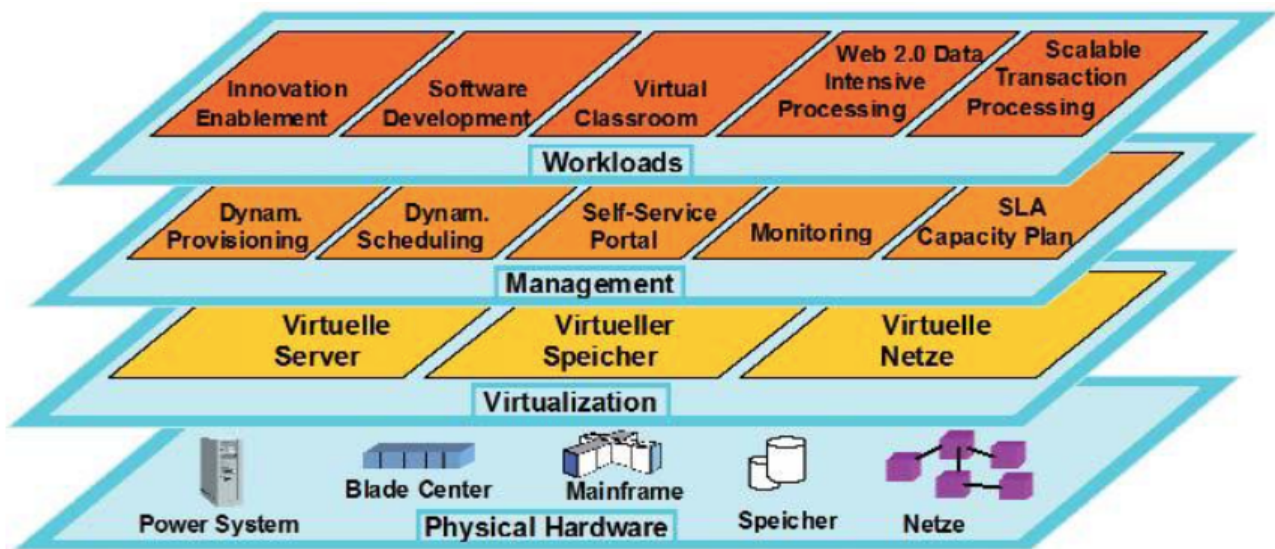


Abbildung 4: Highlevel-Architektur von Cloud Computing nach Vorstellung von IBM

Quelle: Schulte (2009), (Stand: 13.10.2015)

²² Schulte, W.: Evolution Cloud Computing (2009), URL: http://www.lehre.dhbw-stuttgart.de/~schulte/doc/cloud_funkschau.pdf (Stand: 13.10.2015).

3. Servicedienste der Cloud

Die virtuellen IT-Ressourcen werden als einzelne Services ("as a Service") angeboten.²³ Inzwischen gibt es unüberschaubare Vielfalt an Cloud-Services, die vielfältige IT-Ressourcen anbieten. Das National Institute of Standards and Technology (NIST) schlägt zur Einteilung drei Servicemodelle vor, die eine Unterscheidung anhand der Art der angebotenen Dienstleistung erlauben.²⁴ Diese grundlegenden Dienstleistungen lassen sich in drei Ebenen aufteilen und in einer Pyramidenform darstellen [s. Abb. 5]. Dabei nutzen die höheren abstrakteren Schichten die Dienste der tieferen konkreteren Kategorien.²⁵

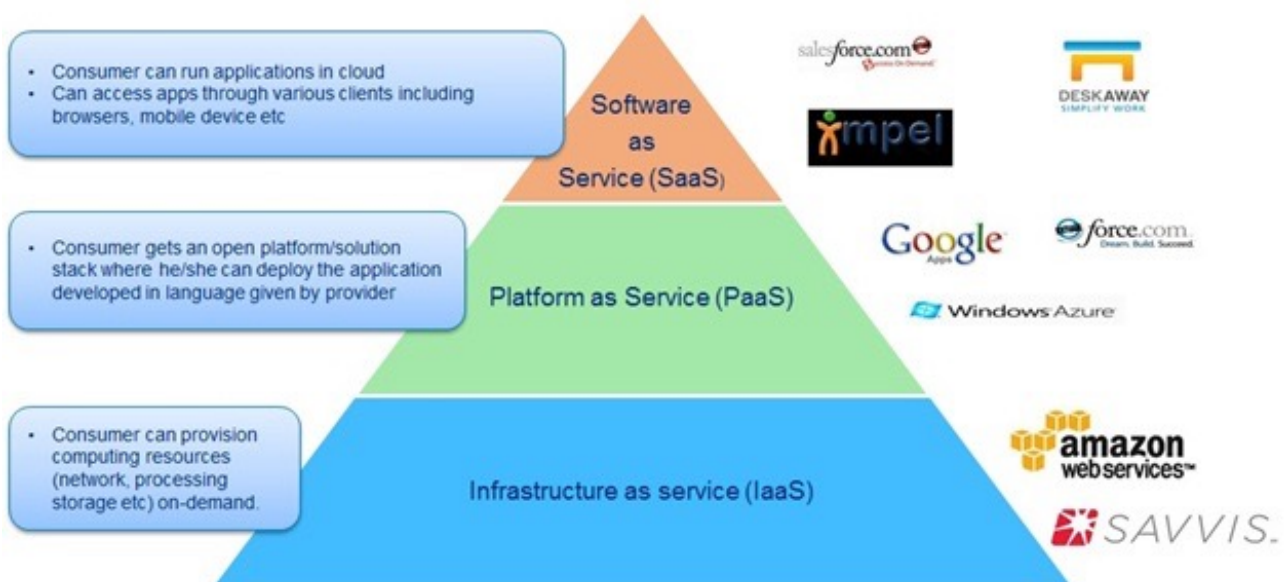


Abbildung 5: Cloud Services und Cloud Anbieter

Quelle: <https://www.linkedin.com/pulse/20140907071547-305726885-iaas-pass-saas-the-cloud-101> (Stand:13.10.2015)

3.1 Infrastructure as a Service

Die unterste Ebene, die Infrastructure as a Service (IaaS) Schicht, bietet dem Anwender Basisspeicher und Rechenleistung in Form von virtueller Hardware oder Infrastruktur-

²³ Zarnekow (2012), S. 8.

²⁴ Mell (2011), S.2

²⁵ Willems, C., Roschke, S., & Schnjakin, M. (2011). Virtualisierung und Cloud Computing: Konzepte, Technologiestudie, Marktübersicht (No. 44). Universitätsverlag Potsdam, S.30.

diensten, als standardisierte Services nach Bedarf mit größtmöglicher Flexibilität zu nutzen. Dabei muss der Kunde alles außer der Infrastruktur (z. B. Betriebssystem, Webserver, Datenbankserver) selber verwalten.^{26 27}

Der wohl bekannteste IaaS-Anbieter ist Amazon mit seiner EC2²⁸ (vgl. Kapitel 2.2) [s. auch Abb. 5]. Die Nutzer der EC2 haben die Möglichkeit virtuelle Maschinen, die sogenannten Amazon Machine Images (AMIs), zu konfigurieren und zu starten. Es können beliebig viele Instanzen (virtuelle Server) gestartet und entfernt werden, auf denen man sowohl Windows als auch Linux als Betriebssystem betreiben kann. Dem Nutzer werden dabei die betriebenen Instanzen pro Stunde berechnet.^{29 30}

Amazon bietet außerdem noch Cloud Speicher Services an, wie bspw. Amazon S3 (vgl. Kapitel 2.2), in der große Mengen von Daten abgespeichert und von überall wieder abgerufen werden können, vorausgesetzt man hat einen Netzzugriff.³¹

3.2 Platform as a Service

Die mittlere Ebene, die Platform as a Service (PaaS) Schicht, bietet den Nutzern die Möglichkeit eigene Applikationen mit gegebenen Rahmenbedingungen (z.B. Programmiersprachen, Bibliotheken, Schnittstellen, Programmierertools) zu entwickeln, auszuführen und auf einer Plattform in der Cloud des Anbieters bereitzustellen.^{32 33} Mit den Cloud Services dieser Ebene befassen sich System-Architekten und Anwendungsentwickler.³⁴ In diesem Geschäftsmodell werden dem Entwickler eine integrierte Laufzeit und möglicherweise auch eine Entwicklungsumgebung zur Verfügung

²⁶ Bräuninger, M., Haucap, J., Stepping, K., & Stühmeier, T. (2012). *Cloud Computing als Instrument für effiziente IT-Lösungen* (No. 71). HWWI policy paper, S.8.

²⁷ Haselmann (2010), S.16

²⁸ Willems (2011), S.31.

²⁹ Willems (2011), S.31.

³⁰ Buyya (2009), S. 7.

³¹ Buyya (2009), S. 7.

³² Mell (2011), S.3.

³³ Haselmann (2010), S.15.

³⁴ BITKOM - Münzl, G; Przywara, B; Reti, M; Schäfer, J; Sondermann, K; Weber, M; Wilker, A (2009): Cloud Computing - Evolution in der Technik, Revolution im Business, S.22.

gestellt.³⁵ Um die Hardware und Installation bzw. die Administration, von z.B. Betriebssystemen, muss sich der Entwickler dabei nicht kümmern, denn der Anbieter stellt die gesamte Infrastruktur zur Verfügung und ist auch für die Verwaltung zuständig.^{36 37}

Die zwei Hauptanbieter dieser Dienste sind Google mit ihrer App Engine und Microsoft mit Microsoft Azure (vgl. Kapitel 2.2) [s. auch. Abbildung 5].³⁸ Die App Engine ist eine Cloud basierte Plattform, die dem Nutzer das Entwickeln von einer kleinen einfachen Website, bis hin zu einer komplexen Anwendung, nach dem Baukastenprinzip³⁹, ermöglicht.

Es werden verschiedene App Engine Umgebungen für unterschiedliche Programmiersprachen, wie Python oder Java, angeboten. Die Skalierung der Rechenleistung ist vollautomatisiert und wird je nach Verbrauch abgerechnet.⁴⁰

3.3 Software as a Service

Bei der obersten Ebene der Pyramide, der Software as a Service (SaaS) Schicht, bietet der Provider dem Anwender eine sofort einsetzbare Software über die Cloud-Infrastruktur an.⁴¹ Dabei ist der Dienstleister für die Administration, Wartung, Aktualisierung, Weiterentwicklung und Lizenzierung der benötigten Soft- und Hardware verantwortlich.⁴² Für den Anwender ist dabei die Einschränkung bei den Anpassungs- und Integrationsmöglichkeiten von Nachteil.⁴³ Der Nutzer kann über standardisierte Schnittstellen (Bspw. über einen Webbrowser) auf die Software zugreifen und benötigt dafür in der Regel nur eine minimale EDV-Infrastruktur⁴⁴. Üblicherweise wird die Nutzung der Software pro Aufruf berechnet.⁴⁵

³⁵ Bräuninger (2012), S.8.

³⁶ Ders., S.8.

³⁷ Mell (2011), S.3.

³⁸ Buyya (2009), S. 7.

³⁹ Definition Baukastenprinzip: Bei einem Baukastenprinzip können Gesamtsysteme aus standardisierten Einzelbauteilen zusammengesetzt werden. — <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/146032/Baukastenprinzip> (Stand: 15.10.2015).

⁴⁰ Google: <https://cloud.google.com> (Stand: 15.10.2015).

⁴¹ Definition Cloud-Infrastruktur: Eine Cloud-Infrastruktur ist die Ansammlung an Hardware und Software, die die essentiellen Eigenschaften von Cloud Computing ermöglichen (vgl. Abbildung 2) — Mell (2011), S.2.

⁴² Haselmann (2010), S.15.

⁴³ BITKOM (2009), S.23.

⁴⁴ Willems (2011), S. 34.

⁴⁵ Bräuninger (2012), S.8.

Ein berühmtes Beispiel dafür ist wieder Google, welches die Google Docs (ähnlich wie Microsoft Office) Anwendungen kostenlos im Web zur Verfügung stellt. Ein wesentlicher Unterschied zur herkömmlichen Office Software ist, dass aufgrund der Cloud basierten Plattform, auf der Google Docs läuft, mehreren Anwendern ermöglicht wird, abwechselnd oder sogar gleichzeitig an einem und demselben Dokument kollaborativ zu arbeiten.⁴⁶

Auch Salesforce zählt zu den Cloud Anbietern auf der SaaS-Ebene und hat sich auf Customer-Relationship-Management Systeme (CRM-Systeme) spezialisiert [s. auch Abb. 5].⁴⁷

Abbildung 6 verschafft einen groben Überblick über die Ebenen von Cloud Services, den IT-Leistungen, und Zielgruppen der Cloud Anbieter.

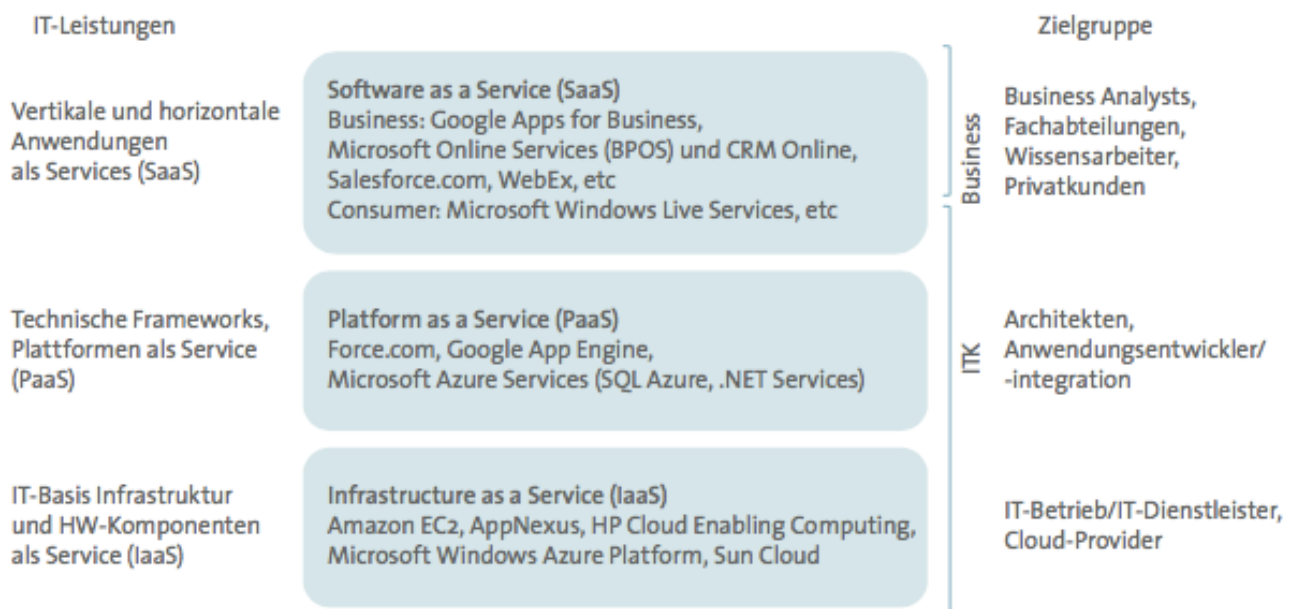


Abbildung 6: Ebenen von Cloud Services nach IT-Leistungen und Zielgruppen

Quelle: BITKOM (2009), S.23

⁴⁶ Google: <https://www.google.de/intx/de/work/apps/business/products/docs/> (Stand: 15.10.2015).

⁴⁷ Salesforce: <http://www.salesforce.com/de/?ir=1> (Stand: 15.10.2015).

4. Typen der Cloud

Neben den Cloud Dienstleistungen unterscheidet man die verschiedenen Arten (Liefermodelle) des Cloud Betriebs in Bezug auf die Öffnung der Cloud nach außen. Generell werden zwei Arten von Cloud Computing unterschieden. Doch durch mögliche Kombinationen dieser Arten kann zwischen zwei weiteren Cloud Arten unterschieden werden. Dabei kommt es darauf an, wie und von wem die Cloud eingesetzt wird, woraus sich dann auch der Name ableitet.⁴⁸

4.1 Public Cloud

Die sogenannte öffentliche Cloud ("Public Cloud") ist frei zugänglich, wobei Anbieter und Kunden unterschiedlichen Organisationen angehören.⁴⁹ Die angebotenen Services können durch eine Web-Schnittstelle je nach Bedarf gegen eine Nutzungsgebühr genutzt werden. Dabei ist die Produktpalette meist für eine hinreichend große Interessengruppe gemacht. Die Verwaltung einer solchen Cloud erfolgt durch den Cloud Dienstleister. Viele populäre Cloud Services, inklusive Amazon EC2, S3, und der Google App Engine, werden in der Public Cloud angeboten.^{50 51} Die Public Cloud eignet sich mehr für die Arbeit mit nicht-sensiblen Daten, z.B. höchst skalierbare Websites oder Massendatenverarbeitung auf anonymen Logfiles.

4.2 Private Cloud

Die nicht-öffentliche Cloud ("Private Cloud") wird von der gleichen Organisation betrieben, welcher auch die Benutzer angehören. Auf diese Cloud Umgebung kann nur vom Unternehmen selbst und von autorisierten Geschäftspartnern, Kunden und Lieferanten zugegriffen werden. Die Nutzung der Dienste erfolgt in der Regel über ein internes Netzwerk (Intranet).⁵² Für dieses Cloud Liefermodell entscheiden sich Organisationen, um die internen IT-Ressourcen zu maximieren, optimieren und außerdem um sensible Unternehmensdaten nicht externen Dienstleistern anzuvertrauen. Dem gegenüber ist die Anschaffung und Verwaltung einer eigenen Cloud Infrastruktur mit einem hohen

⁴⁸ Ders., S.29.

⁴⁹ Baun (2011), S.14.

⁵⁰ BITKOM (2009), S.30.

⁵¹ Jung, M. L. (2015). Cloud Computing–Eine Einführung am Beispiel von Microsoft Azure, S.3.

⁵² BITKOM (2009), S.30.

Kostenaufwand verbunden und sollte gut durchdacht sein [s. auch Kapitel 6]. Die Private Cloud findet meist Verwendung in größeren Unternehmen, Universitäten und Behörden.⁵³

4.3 Community Cloud

Wenn sich mehrere Organisationen mit den gleichen Anforderungen eine private Cloud teilen, spricht man von einer Community Cloud. Die beteiligten Organisationen verwalten die Cloud entweder selbst oder geben diese Aufgabe an externe Dienstleister ab. Bei bestimmten gesetzlichen Anforderungen, z.B. im Gesundheitswesen, könnte es sinnvoll sein, eine Cloud speziell für eine Gruppe von Krankenhäusern bereitzustellen.⁵⁴

4.4 Hybrid Cloud

Die hybride Cloud ist eine Mischung aus verschiedenen Cloud Arten (Public Cloud, Private Cloud, Community Cloud). Meist werden dabei die Public und die Private Cloud kombiniert. Es kann z.B. eine private Cloud mit dem zusätzlichen Anmieten von Public Cloud-Ressourcen ergänzt werden, die bei Spitzenlasten oder einem Ausfall einspringen. Außerdem bietet die Hybrid Cloud die Möglichkeit, Datenbanken sicher auf interne Cloud-Ressourcen zu speichern, bei gleichzeitiger Nutzung der Public Cloud für z.B. höhere Rechenleistung mit all ihren Kostenvorteilen.^{55 56}

In Abbildung 7 werden die verschiedenen Cloud Typen illustriert.

⁵³ Dillon, T., Wu, C., & Chang, E. (2010, April). Cloud computing: issues and challenges. In Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2010 24th IEEE International Conference on (pp. 27-33). Ieee, S.28.

⁵⁴ Haselmann (2010), S. 16.

⁵⁵ Baun (2011), S. 14.

⁵⁶ Bräuninger (2012), S.9.

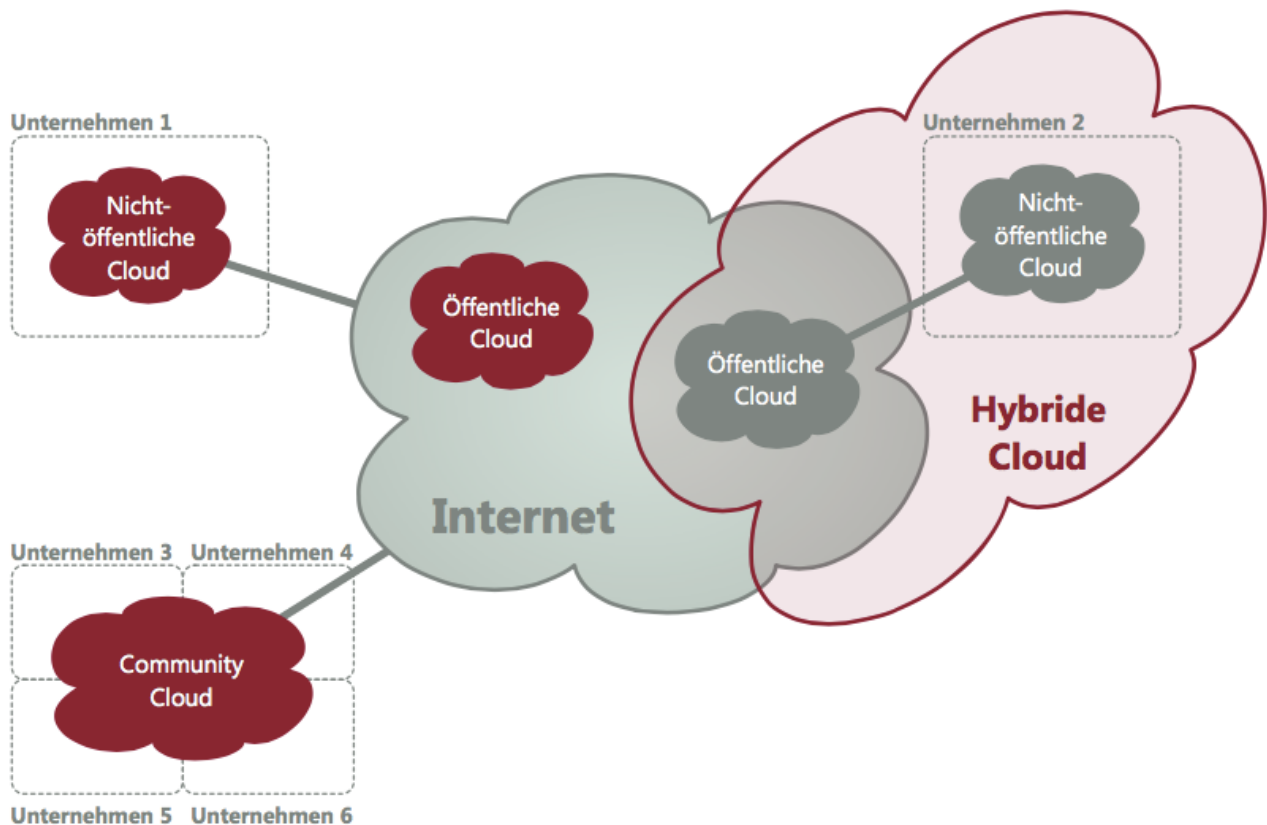


Abbildung 7: Die vier Arten des Cloud Computing
 Quelle: Haselmann (2010), S. 17

5. Wissenschaftliche Nutzung von Cloud Computing

Cloud-Dienste finden zunehmend Verwendung in der Wissenschaft und bieten ihren Nutzern Vorteile wie dynamische Verfügbarkeit, Skalierbarkeit und Nutzungskontrolle. Die Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen (GWDG) stellt Instituten bereits verschiedene Cloud Dienste, wie z.B. *GWDG Cloud Share* für Datenaustausch und -synchronisation sowie *GWDG Compute Cloud* zur flexiblen Bereitstellung von virtuellen Servern und damit Rechenleistung, für den vielfältigen Einsatz im wissenschaftlichen Bereich, zur Verfügung.

Vor allem im Bereich des mobilen Arbeitens ist die GWDG Cloud Share sehr vorteilhaft, denn sie erlaubt z.B. das Synchronisieren von Dateien auf verschiedenen Geräten, wie dem PC am Arbeitsplatz und dem Laptop unterwegs. Auch das kollaborative Arbeiten mehrerer Benutzer an einer oder mehrerer Dateien (ähnlich wie Google Docs, vgl. Kapitel 3.3) oder der sicherere Versand größerer Email-Anhänge wird durch den Dienst unterstützt. Betrieben wird der Dienst im Rechenzentrum der GWDG und alle Daten

werden auf eigenen Datenspeichern der GWDG gesichert, sodass insbesondere bezüglich der wissenschaftlichen Nutzung, die Datenschutzanforderungen gewährleistet werden können.⁵⁷

Über die GWDG Compute Cloud wird Wissenschaftlern und IT-Administratoren die Möglichkeit geboten, mehr Rechenleistung durch virtuelle Server über ein Selbstbedienungsportal entsprechend ihrem jeweiligen Bedarf einzurichten und individuell zu konfigurieren. Dabei stehen mehrere Betriebssysteme und virtuelle Maschinen unterschiedlicher Größe zur Auswahl. Außerdem können Nutzer Netzwerk- und Firewall-Einstellungen selbst konfigurieren, die aktuelle Server Auslastung überwachen und den eigenen Ressourcenverbrauch kontrollieren. Dadurch ist die Leistung des Servers nach dem eigenen Verbrauch skalierbar und bspw. nach Beendigung eines Projekts auch abschaltbar. Der Zugriff auf diese Dienste erfolgt über das Internet und somit entfällt die Anschaffung eigener Hardware.⁵⁸

Ein weiteres Beispiel für wissenschaftliche Nutzung des Cloud Computing bietet das Paderborn Center for Parallel Computing (PC2). Um Biologen umfangreiche Simulationen, wie z.B. die Monte-Carlo-Simulation, welche mehrere hundert Simulationsdurchläufe benötigen, zu ermöglichen, ohne dass diese sich mit Cluster Architektur beschäftigen müssen, stellt das PC2 der Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen) einen "Software as a Service" Cloud-Dienst zur Verfügung. Dadurch erhoffen sich die Biologen also die einfache Nutzung von großen Ressourcenmengen, um in ihren Forschungen schneller zu Erkenntnissen zu gelangen.⁵⁹

⁵⁷ Yahyapour, R., Wieder, P.: Cloud Dienste für die Wissenschaft (2013), URL: https://www.mpg.de/6957705/JB_2013?c=7291695&force_lang=de (Stand: 15.10.2015).

⁵⁸ Ders., (Stand:15.10.2015).

⁵⁹ Andrich, C. (2010): Theorie und Umsetzung einer Cloud-Computing-Lösung mit Eucalyptus zur Durchführung von Computer-Simulationen, URL: https://www.matse.itc.rwth-aachen.de/dienste/public/show_document.php?id=7050 (Stand: 18.10.2015).

6. Vorteile und Probleme von Cloud Computing

Die wichtigsten Vor- und Nachteile von Cloud Computing werden im Folgenden im Bezug auf die wirtschaftliche, technische und organisatorische Perspektive erläutert.

6.1 Wirtschaftliche Perspektive

Die Welt der IT ist geprägt durch ihre kurzen Innovationszyklen. Aus Kostengründen ist es für die meisten Organisationen praktisch unmöglich, immer über die aktuellste Soft- und Hardware zu verfügen. Zudem ist bei komplexeren Software-Lösungen die Beschaffung leistungsfähigerer Hardware unerlässlich, was zu immens hohen Kosten führt. Zusätzlich ist die Beschaffung des Personals zur Installation, Wartung und Betreuung neuer Soft- und Hardware mit einem hohem Kostenaufwand verbunden. Daher ist eine externe Cloud-Lösung für viele Organisationen, aufgrund des nutzungsabhängigen Kostenplans vom gewaltigem Vorteil. Außerdem werden bei der Cloud Lösung die tatsächlich verbrauchten Ressourcen verrechnet, während im eigenen Rechenzentrum die maximalen Ressourcen bezahlt werden, um auch die Zeiten maximaler Nachfrage von Rechenleistung befriedigen zu können.⁶⁰

6.2 Technische Perspektive

Aufgrund der bereits erwähnten ständigen Innovationen in der IT, ist es durch eine externe Cloud Lösung möglich, immer die aktuellste Soft- und Hardware, mit einem hohen Qualitätsstandard zu mieten. Tendenziell trägt Cloud Computing folglich dazu bei, dass leistungsfähigere Infrastruktur verwendet und der Ressourceneinsatz flexibler wird. Zudem ist die Anpassung der eigenen IT-Landschaft an den fortlaufenden Umweltstandards nicht mehr mit einem hohen Aufwand verbunden.⁶¹ Wie auch bereits im Kapitel 5 erwähnt, ist durch Cloud Computing eine flexiblere und mobilere Arbeit, insbesondere in der Wissenschaft, möglich.

Allerdings sind durch die mangelnde Redundanz, externe Cloud Lösungen mit einem Risiko verbunden. Nicht alle Cloud Anbieter garantieren eine redundante Speicherung der Daten, um bei möglichen Server ausfällen den Cloud Anwendern vor Datenverlusten zu schützen. Zudem ist bei ausländischen Cloud Anbietern auf die Datenschutzbestimmungen des jeweiligen Landes zu achten, denn insbesondere in der

⁶⁰ Haselmann (2010), S.27.

⁶¹ Bräuninger (2012), S.14.

Wissenschaft und bei Unternehmenssensiblen Daten, liegt eine vertrauliche Handhabung der Daten im Interesse der Cloud Anwender. Neben der Sicherheit der Datenhaltung ist auch auf den sicheren Datentransfer über das Internet zu achten.

Um den drei zuletzt genannten Aspekten entgegenzuwirken, bietet sich eine Private Cloud Lösung an, die einen Datenschutz nach eigenem Ermessen und eine ausreichend redundante Speicherung der Daten gewährleistet.⁶²

6.4 Organisatorische Perspektive

Aus organisatorischer Perspektive entfällt bei einer externen Cloud Lösung größtenteils die Anschaffung neuester Technologie, sowie alle damit verbundenen Aufgaben, wie die Integration und Anpassung (neuer) Software. Auch die Qualitätssicherung und Kontrollen werden dabei an den Cloud Dienstleister "ausgelagert". Die Selbstzuweisung von Leistungen, sowie die meist automatisierte Skalierung der Leistungen, ermöglichen höchste Flexibilität. Außerdem werden Arbeitsunterbrechungen durch eine eventuelle Wartung des Systems, oder durch die Installation eines neuen Systems vermieden.⁶³

Als ein wesentlicher Nachteil wird allgemein die Abhängigkeit vom Cloud Anbieter angesehen. So stellt ein eventueller Anbieterwechsel (z.B. neuer Anbieter mit besserem Preis-Leistungs-Verhältnis) den Cloud Anwender vor große organisatorische Herausforderungen. Bei einer SaaS-Lösung besteht zum Beispiel die Gefahr, dass bei einer Insolvenzanmeldung des Cloud Dienstleisters eventuell auf eine neue Software von einem anderen Anbieter zurückgegriffen werden muss. Eine Einarbeitung in ein neues System nimmt viel Zeit und Kosten in Anspruch.⁶⁴

7. Reflexion und Ausblick

Cloud Computing bietet eine Alternative zu einer internen IT-Lösung in einer Organisation. Es ist keine technische Revolution, aber eine neuartige Kombination aus vielen bekannten und einigen neuen Ansätzen.

Die Nutzungsmodelle SaaS, PaaS und IaaS bieten effiziente IT-Lösungen für Systemadministratoren bis hin zu Systementwicklern und Wirtschaftsunternehmen.

⁶² BITKOM (2009), S. 39.

⁶³ BITKOM (2009), S. 39.

⁶⁴ Dillon (2010), S. 30.

Insbesondere ist das Potenzial von Cloud Computing in der Wissenschaft und Forschung sehr hoch. Es kann eine Cloud Infrastruktur von einem externen Dienstleister gemietet (Public Cloud), aber auch selber angeschafft werden (Privat Cloud). Um eine Cloud Computing Lösung korrekt bewerten zu können, müssen die Gesamtkosten sowie der Gesamtnutzen einer Lösung in der eigenen Organisation bekannt sein. Das fehlende Vertrauen in Datenschutz und Datensicherheit ist das größte Hemmnis für Cloud Computing.

Betrachtet man die Entwicklung des Marktes für Cloud-Dienste, so ist das Angebot bereits heute so groß, dass es zunehmend schwieriger wird, sämtliche Anbieter, Portfolios und Preise allein für eine Klasse von Diensten zu überblicken. In den kommenden drei Jahren geht Crisp Research⁶⁵ bei Cloud Computing von einem Marktvolumen in Höhe von 28,5 Milliarden Euro in Deutschland aus [s. Abb. 8].

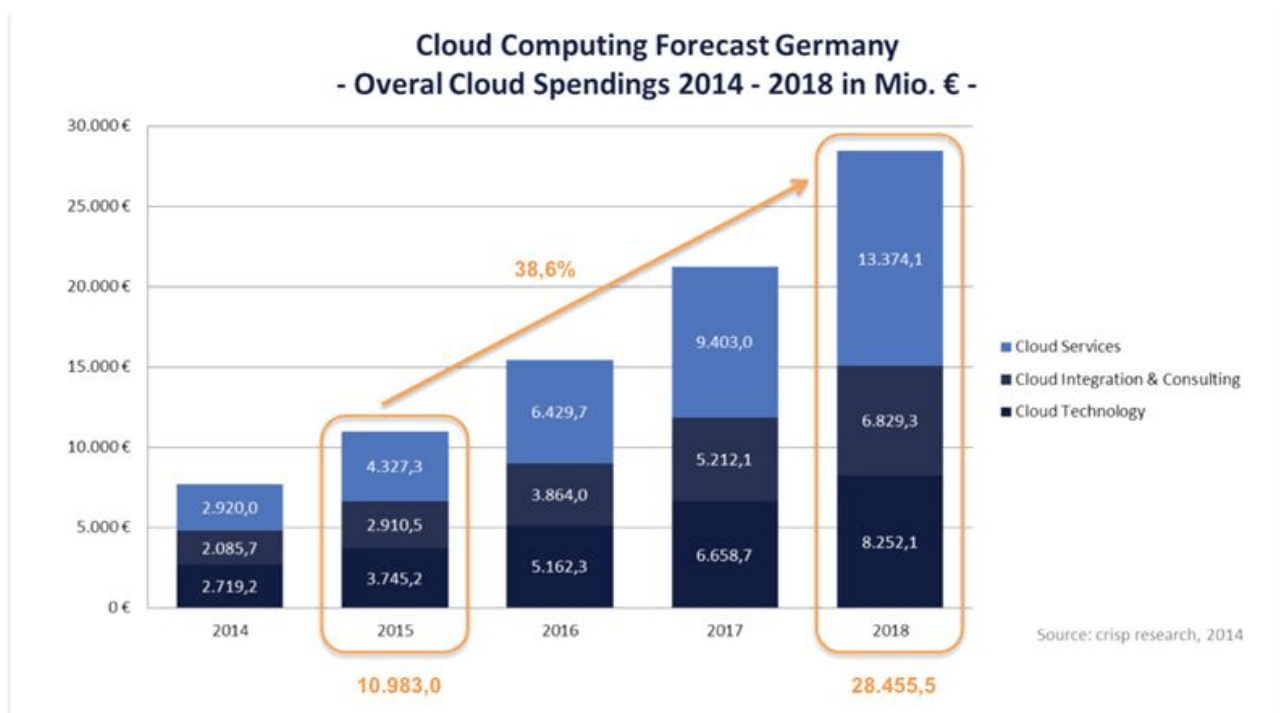


Abbildung 8: Cloud Computing Forecast Germany
Quelle: <http://www.computerwoche.de/a/cloud-computing-im-jahr-2015,3093719>

Es ist aber abzusehen, dass Cloud-Computing in Zukunft auch noch viele weitere Bereiche der IT-Infrastruktur in Unternehmen und staatlichen Institutionen gleichermaßen erfassen und für den Anwender wesentlich schlanker machen wird. Insbesondere die

⁶⁵ Büst, R.: Die wichtigsten Trends - Cloud Computing im Jahr 2015 (2015),
URL: <http://www.computerwoche.de/a/cloud-computing-im-jahr-2015,3093719> (Stand: 18.10.2015)

Cloud-Anbieter Microsoft, Google und Amazon tun sich bereits heute mit vielen innovativen neuen Ansätzen zur Erweiterung der „Wolke“ hervor.

Zudem gibt es Gerüchte, dass Microsoft an ein Cloud basiertes Windows System, die Windows Cloud, arbeitet, das im Jahre 2020 die stationäre Windows Version ersetzen soll. Da die Datenverbindungen immer schneller und die Cloud-Dienste immer leistungsfähiger werden, ist es auch abzusehen, dass nicht nur Daten, sondern irgendwann ganze Betriebssysteme auf die Cloud wandern. Dies würde bedeuten, dass man durch jeden beliebigen Windows basierten Pc auf seinen persönlichen "Computerschreibtisch" zugreifen kann. Dadurch würde Windows zu einem Service (Windows as a Service (WaaS)) werden, der sich kontinuierlich weiterentwickelt und die üblichen Versionsnummern (Bsp. Windows 10) abschafft.⁶⁶ Man darf also gespannt sein, was die Zukunft um Cloud Computing noch alles mit sich bringt.

⁶⁶ o.V.: Kommt 2020 die Windows Cloud? Microsoft plant angeblich schon den Windows 10 Nachfolger (2015), URL: <http://windowsunited.de/2015/05/09/kommt-2020-die-windows-cloud-microsoft-plant-angeblich-schon-den-windows-nachfolger/> (Stand: 18.10.2015).

8. Literaturverzeichnis

- Haselmann, T., & Vossen, G. (2010). *Database-as-a-Service für kleine und mittlere Unternehmen*. Working Paper (3), Institut für Wirtschaftsinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster.
- Fey, D. (2010, January). Grid Computing für Computational Science. In *Grid-Computing* (pp. 3-13). Springer Berlin Heidelberg.
- Borges, G., & Schwenk, J. (Eds.). (2013). *Daten-und Identitätsschutz in Cloud Computing, E-Government und E-Commerce*. Springer-Verlag.
- Baun, C. (2011). *Untersuchung und Entwicklung von Cloud Computing-Diensten als Grundlage zur Schaffung eines Marktplatzes*.
- Wang, L., Tao, J., Kunze, M., Castellanos, A. C., Kramer, D., & Karl, W. (2008, September). Scientific Cloud Computing: Early Definition and Experience. In *HPCC* (Vol. 8, pp. 825-830).
- Singer, O. (2010, Berlin). *Aktueller Begriff: Cloud Computing*. In: *Datenschutz und Datensicherheit*, Deutscher Bundestag.
- Vecchiola, C., Pandey, S., & Buyya, R. (2009, December). High-performance cloud computing: A view of scientific applications. In *Pervasive Systems, Algorithms, and Networks (ISPAN), 2009 10th International Symposium on* (pp. 4-16).IEEE.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST definition of cloud computing*.
- Büst, R., Nüsser, W., & Koch, E. (2009). *Cloud Computing*.
- Baun, C., Kunze, M., Nimis, J., & Tai, S. (2011). *Cloud computing: Web-based dynamic IT services*. Springer Science & Business Media.
- Lampe, F. (2009). *Green-it, Virtualisierung und Thin Clients: Mit neuen IT-technologien Energieeffizienz erreichen, die Umwelt schonen und Kosten sparen*.
- Zarnekow, R. (2012). *Grundlagen des Cloud Computing: Konzept und Bewertung von Cloud Computing*.
- Willems, C., Roschke, S., & Schnjakin, M. (2011). *Virtualisierung und Cloud Computing: Konzepte, Technologiestudie, Marktübersicht* (No. 44). Universitätsverlag Potsdam.
- Bräuninger, M., Haucap, J., Stepping, K., & Stühmeier, T. (2012). *Cloud Computing als Instrument für effiziente IT-Lösungen* (No. 71). HWWI policy paper.
- BITKOM - Münzl, G; Przywara, B; Reti, M; Schäfer, J; Sondermann, K; Weber, M; Wilker, A (2009): *Cloud Computing - Evolution in der Technik, Revolution im Business*.
- Jung, M. L. (2015). *Cloud Computing–Eine Einführung am Beispiel von Microsoft Azure*.

- Dillon, T., Wu, C., & Chang, E. (2010, April). Cloud computing: issues and challenges. In Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2010 24th IEEE International Conference on (pp. 27-33).

Internetquellen

- o.V.: Gartner Highlights Five Attributes of Cloud Computing (2009), URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/1035013> (Stand: 05.10.2015).
- o.V.: Cloud Computing Vs. Grid Computing (2010), URL: <http://www.trendcomputing.de/cloud-computing-vs-grid-computing/> (Stand: 06.10.2015).
- Mohamed, A.: A history of Cloud Computing (2009), URL: <http://www.computerweekly.com/feature/A-history-of-cloud-computing> (Stand: 06.10.2015).
- Schulte, W.: Evolution Cloud Computing (2009), URL: http://www.lehre.dhbw-stuttgart.de/~schulte/doc/cloud_funkschau.pdf (Stand: 13.10.2015).
- Google: <https://cloud.google.com> (Stand: 15.10.2015).
- Google: <https://www.google.de/intx/de/work/apps/business/products/docs/> (Stand: 15.10.2015).
- Salesforce: <http://www.salesforce.com/de/?ir=1> (Stand: 15.10.2015).
- Yahyapour, R., Wieder, P.: Cloud Dienste für die Wissenschaft (2013), URL: https://www.mpg.de/6957705/JB_2013?c=7291695&force_lang=de (Stand: 15.10.2015).
- Andrich, C. (2010): Theorie und Umsetzung einer Cloud-Computing-Lösung mit Eucalyptus zur Durchführung von Computer-Simulationen, URL: https://www.matse.itc.rwth-aachen.de/dienste/public/show_document.php?id=7050 (Stand: 18.10.2015).
- Büst, R.: Die wichtigsten Trends - Cloud Computing im Jahr 2015 (2015), URL: <http://www.computerwoche.de/a/cloud-computing-im-jahr-2015,3093719> (Stand: 18.10.2015)
- o.V.: Kommt 2020 die Windows Cloud? Microsoft plant angeblich schon den Windows 10 Nachfolger (2015), URL: <http://windowsunited.de/2015/05/09/kommt-2020-die-windows-cloud-microsoft-plant-angeblich-schon-den-windows-nachfolger/> (Stand: 18.10.2015).