

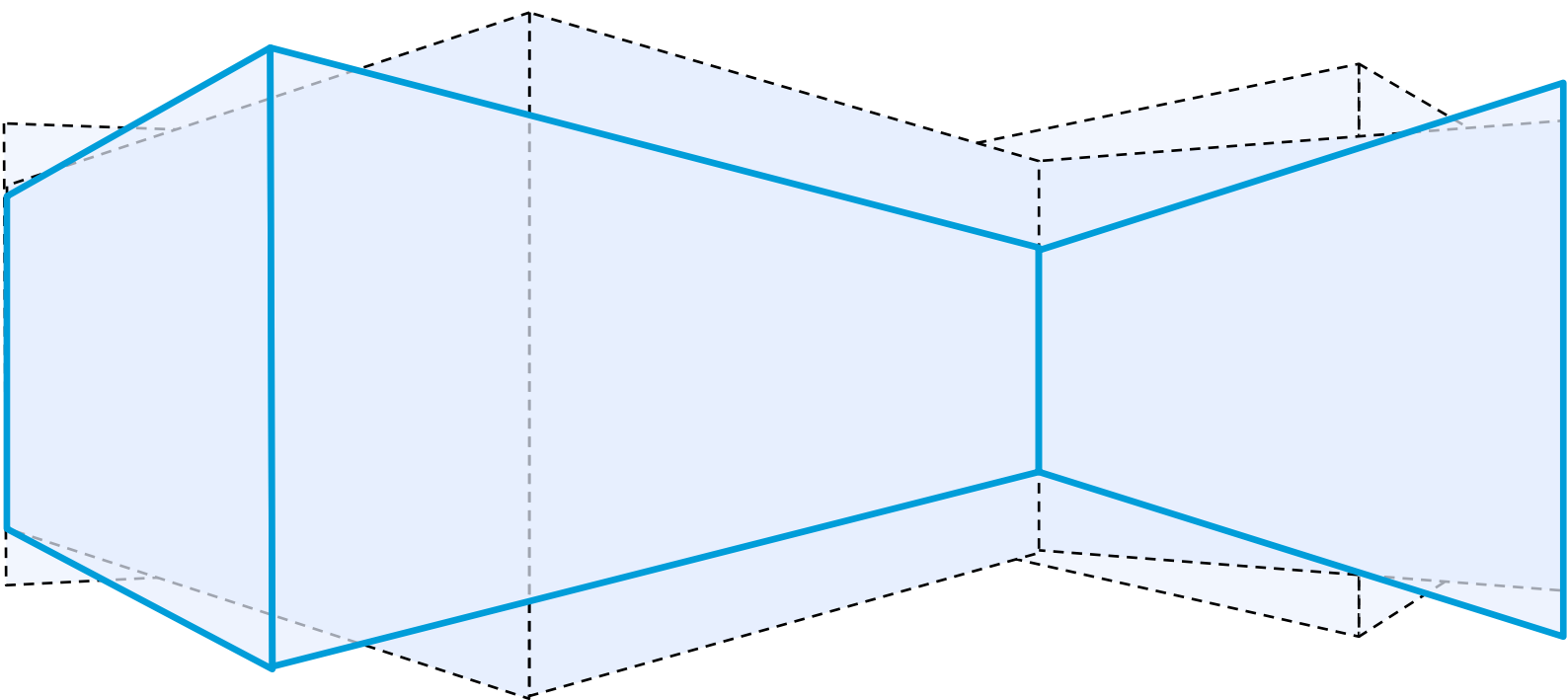
Universität Siegen  
Fakultät IV/Department ETI  
Diplomstudiengang  
Angewandte Informatik Anwendungsfach Medienwissenschaften

Seminar Softwarearchitekturen  
(B.Meurer)

Sommersemester 2011

# Cloud-Computing

Dominic Reuter



## Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	2
Begriffserklärung .....	3
Grundlagen .....	4
Servervirtualisierung.....	4
Netzwerkvirtualisierung.....	6
Storagevirtualisierung .....	7
Anwendungsvirtualisierung .....	8
Übersicht der verschiedenen Virtualisierungstypen .....	9
"On-Premise" versus "On-Demand" .....	10
Die drei Ebenen des Cloud-Computing .....	11
Infrastructure-as-a-Service (IaaS) - Virtuelle Hardware.....	12
Platform-as-a-Service (PaaS) - Entwickeln von Anwendungen .....	13
Software-as-a-Service (SaaS) - Einsatz von Anwendungen .....	14
Erweiterte Übersicht der Cloud-Computing Ebenen .....	15
Public-, Private- und Hybrid-Cloud .....	16
Service Level Agreement (SLA) und Monitoring.....	17
Übersicht der Cloud-Services .....	18
Ausblick .....	19
Literaturverzeichnis .....	20
Abbildungsverzeichnis.....	21

## Einleitung

Cloud-Computing gilt als der aktuelle Hype in der IT-Branche. Aber was ist eigentlich diese Wolke und wo kommt sie her? Welche Vor und Nachteile bringt sie mit sich?

Rund um das Thema Cloud Computing werden immer neue Fragen aufgeworfen. Jeder spricht davon, doch kaum einer weiß was wirklich dahinter steckt. Darum sollen die nachfolgenden Seiten das scheinbar ungreifbare Thema auffangen und die Grundlagen des Cloud Computing erläutern. Der Fokus liegt dabei weniger auf wirtschaftlichen Modellen die mit dem Konzept des Cloud Computing entstanden sind als auf dem prinzipiellen Aufbau der Cloud und deren Architektur. Zur Orientierung bewegen wir uns entlang des drei Ebenen Modell um somit einige Fragen beantworten zu können.

Als Modernes Unternehmen wird man früher oder später mit dem Thema des Cloud Computing konfrontiert werden. Darum sollte man zumindest einen gewissen Basiswissen mitbringen um diesbezügliche Entscheidungen zu treffen. Der revolutionäre Aspekt beim Cloud Computing ist schnell erklärt, anstatt der bisher üblichen IT-Infrastruktur und deren Management im eigenen Unternehmen zu verwalten werden diese als Dienste gemietet. Sowohl virtualisierte Hardware, Entwicklungsumgebungen als auch Software kann aus der Cloud bezogen werden. Dahinter steckt zumeist ein sogenannter Service Provider, der die Dienste automatisch und vor allem bedarfsgerecht zur Verfügung stellt. Aus technischer Sicht basiert die Cloud auf aktueller Virtualisierungstechnik und dem World Wide Web. Die Symbiose dieser beiden Techniken hat zum Vorteil das Dienste dynamisch, passgenau und zeitnah generiert werden können und anschließend über das WWW den Anwendern zur Verfügung gestellt werden.

Die momentan treibende Kraft hinter den Cloud Diensten sind die großen Webunternehmen, wie z.B. Google, Amazon, Microsoft. Deren Angebote bereits ein großes Spektrum umfassen, jedoch bei jedem einzelnen von ihnen verschiedene Schwerpunkte erkennbar sind. Bietet der Eine größtenteils virtualisierte Hardware an, setzt der Andere mehr auf das Hosting von Software Applikationen. Somit wird das Cloud Computing sowohl für Unternehmen als auch für den kleinen Endanwender zu einem lukrativen Angebot.

## Begriffserklärung

Service Provider	Anbieter von Cloud-Diensten
Service	Cloudbasierter Dienst
WWW	World Wide Web
IaaS	Infrastructure-as-a-Service
PaaS	Platform-as-a-Service
SaaS	Software-as-a-Service
Private Cloud	Unternehmenseigene Cloud, nicht öffentlich
Public Cloud	Öffentlich zugänglich, kostenpflichtig und kostenlos
Hybrid Cloud	Mischform der Private-Cloud und Public-Cloud
SLA	Service-Level-Agreement, eine Art Vertrag
OLA	Operation-Level-Agreement, eine Vereinbarung
VPN	Virtual Private Network
Monitoring	Überwachen eines Prozesses
VLAN	Netzwerktechnik zur Virtualisierung
Storage	Speicherplatz
VM	Virtuelle Maschine

## Grundlagen

### Servervirtualisierung

Die Virtualisierung von Komponenten ist heutzutage immer häufiger fester Bestandteil einer IT-Infrastruktur geworden. Die Vorteile liegen klar auf der Hand, es resultiert eine effizientere und flexiblere Infrastruktur. Bezog sich der Begriff der Virtualisierung bis vor ein paar Jahren lediglich auf Server in großen Rechenzentren, so spricht man heute sogar von virtualisierten Netzwerken, virtuellem Storage und virtuellen Desktops<sup>1</sup>. Vor allem für große Bestände an Hardware ist eine Virtualisierung lohnenswert, bei sehr kleinen Beständen jedoch übersteigt der Aufwand des Umstiegs meist den Nutzwert. Durch einen Umstieg auf virtualisierte Komponenten sinken die Betriebskosten (Energie, Platz und Klimatisierung) als auch der Administrations- und Wartungsaufwand für die Hardware<sup>2</sup>. Laufende Applikationen werden von der darunter liegenden Hardware entkoppelt und es kann somit eine längere Laufzeit der Anwendungen garantiert werden. Anhand sogenannter Ressource-Manager kann die als Basis dienende physische Hardware beliebig partitioniert und verteilt werden. Dadurch entsteht auch die Möglichkeit bestimmte Virtuelle Maschinen (VM) gegenüber anderen zu priorisieren. Einige Produkte erlauben sogar eine Verschiebung der VMs im laufendem Betrieb abhängig von der Belastung des darunterliegenden physikalischen Basissystems (Host)<sup>3</sup>. Mit dieser Möglichkeit ergibt sich eine sehr effiziente Auslastung und zudem eine kontrollierte Leistungsoptimierung. Durch den Einsatz einer Virtualisierungsschicht zwischen der physikalischen Hardware und den logischen Komponenten (Gast-Betriebssystem, Applikation) erzielt man eine hohe Hardwareunabhängigkeit. Zudem werden Backup und Wiederherstellung der virtuellen Maschinen deutlich vereinfacht. Durch den Einsatz von sogenannten Templates (VM-Images) wird es ermöglicht virtuelle Maschinen zu klonen oder schnell neu zu Erzeugen<sup>4</sup>. Die Systeme zur Server-Virtualisierung arbeiten alle direkt mit dem physikalischen Prozessor und dem Hauptspeicher der Host-Hardware. Ausschließlich Erweiterungskarten (Netzwerk, Controller) und Peripherie werden emuliert. Ein erheblicher Nachteil der Virtualisierung konnte bisher allerdings nicht gelöst werden, da die Gast-Betriebssysteme direkt mit dem Prozessor des Host-System zusammenarbeiten kann keine aktive Migration zwischen Host-Systemen unterschiedlicher Hersteller vorgenommen werden. Bei der Servervirtualisierung kann zwischen den Konzepten der Kompletvirtualisierung (Hosted, Hypervisor), der Paravirtualisierung (Xen) und der Betriebssystemvirtualisierung unterschieden werden<sup>5,6</sup>. Da eine ausführliche Beschrei-

---

<sup>1</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 7

<sup>2</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 8,9

<sup>3</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 22

<sup>4</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 22

<sup>5</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 23

<sup>6</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 11,12

bung jedes einzelnen Konzepts an dieser Stelle den Umfang überschreiten würde, findet sich nachfolgend lediglich eine knappe Übersicht mit Vor- und Nachteilen.

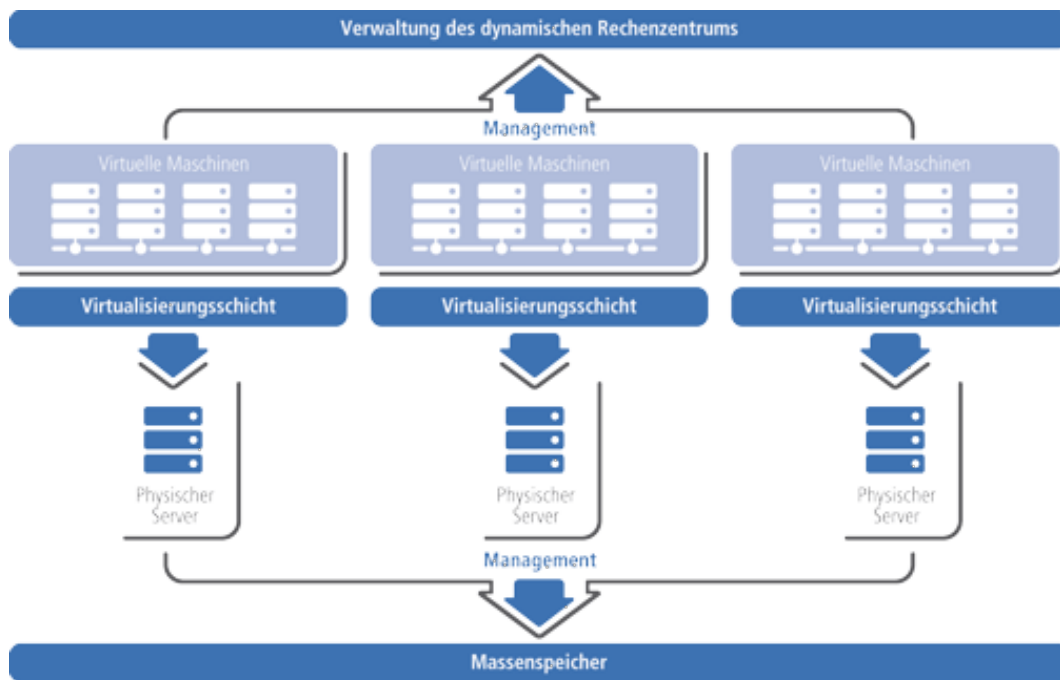


Abbildung 1: Funktionsprinzip der Servervirtualisierung<sup>7</sup>

<sup>7</sup> (Comparex, 2011) Grafik Servervirtualisierung

## Netzwerkvirtualisierung

Die Virtualisierung des Netzwerks wird überwiegend über die Technik des VLAN und virtueller Switches erreicht, so wird jeder VM ein bestimmtes VLAN zugewiesen ohne dass dafür zusätzliche physische Netzwerkhardware benötigt wird<sup>8</sup>. Die eindeutige Identifikation geschieht an dieser Stelle über ein gesetztes Identifikationsbit im VLAN-TAG. So kann schon mit zwei physischen Netzwerkkarten und einem VLAN ein ausfallsicheres Netzwerk aufgebaut werden. Mithilfe virtueller IP-Adressen, virtueller Switches und dem VLAN-Konzept kann aktives Load-Balancing und automatisches Fail-Over betrieben werden<sup>9</sup>.

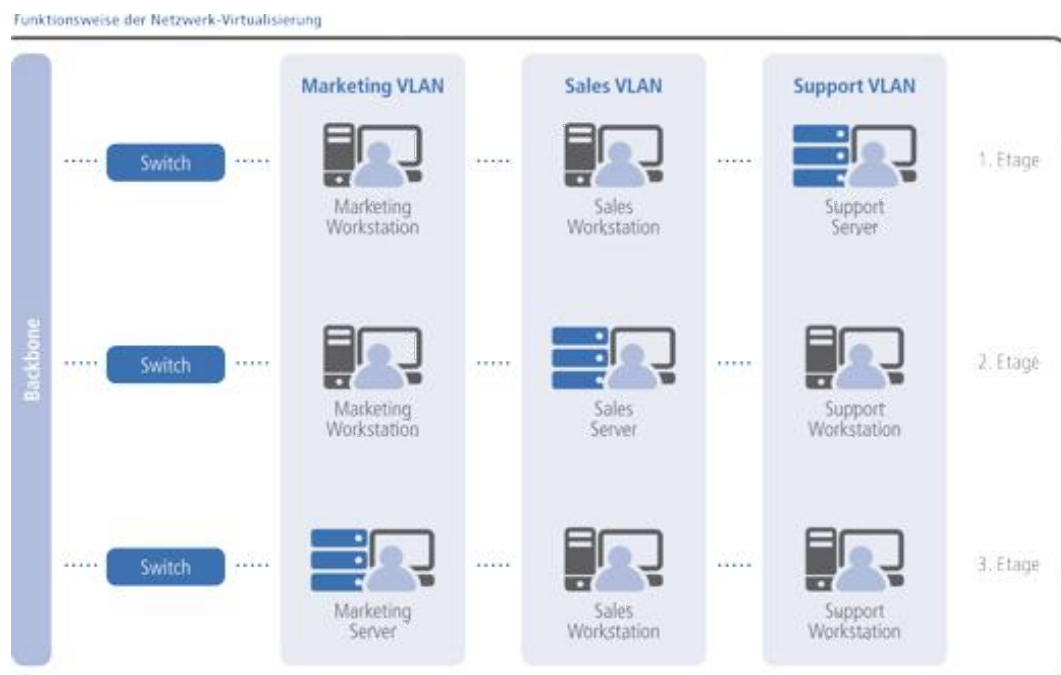


Abbildung 2: Funktionsprinzip der Netzwerkvirtualisierung<sup>10</sup>

<sup>8</sup> (VMWare, 2011)

<sup>9</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 15

<sup>10</sup> (Comparex, 2011) Netzwerkvirtualisierung

## Storagevirtualisierung

Auch im Storage Bereich gibt es Möglichkeiten einer Virtualisierung. Die virtuelle Schicht zwischen Storage und Serverinstanzen hat die Aufgabe den Servern Datenspeicher zur Verfügung zu stellen und zugleich Verwaltert sie die sogenannten Storage-Boxen. Der gesamt Verfügbare Speicher wird somit in einem großen Pool zusammengefasst und in diverse kleine Storage-Boxen partitioniert. Bei Cloud-Computing Angeboten befinden sich die Daten meistens in Form von Webobjekten innerhalb dieser Storage-Boxen<sup>11</sup>. Das bringt den Vorteil das man sie über das Internet abrufen, bzw. verändern kann. Mit der Storage-Virtualisierung wird eine höhere Skalierbarkeit erreicht, denn der physische Speicher wird mithilfe der Virtualisierungsschicht vom den eigentlichen Daten entkoppelt<sup>12</sup>. Die Einteilung in einzelne Storage-Boxen schützt die Daten untereinander und erlaubt eine unabhängige Priorisierung.

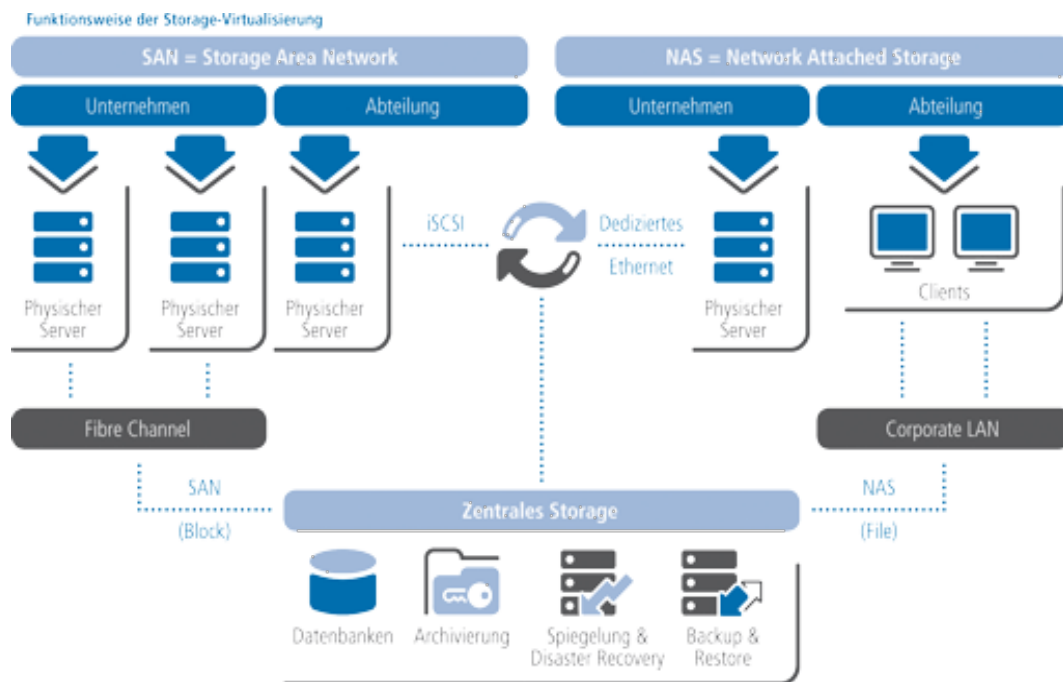


Abbildung 3: Funktionsprinzip der Storagevirtualisierung<sup>13</sup>

<sup>11</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 28 - Data Governance

<sup>12</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 28 - Data Migration

<sup>13</sup> (Comparex, 2011) Storagevirtualisierung



## Anwendungsvirtualisierung

Bei der Virtualisierung von Anwendungen handelt es sich in erster Linie um ein Vertriebsmodell. Dabei werden Anwendungen zentral verwaltet und dem Kunden über das Internet bereitgestellt. Dadurch erreicht man gegenüber einer traditionellen Softwareinstallation vor allem eine einfachere Verwaltung und eine globale Verfügbarkeit. Zudem lässt sich mit Leichtigkeit ein automatisches Update- und Patch-Management realisieren, da die Software aller Kunden an einem zentralen Punkt vorliegt. Das ist auch der Grund der erreichbaren Kompatibilität zwischen den Kunden, da jede Software aus einem identischen Pool zur Verfügung gestellt wird. Bei der Bereitstellung virtueller Anwendungen kann zwischen zwei Typen unterschieden werden. Zum einen dem "Hosted-Application-Modell" und zum anderen dem "Virtual-Appliance-Modell". Beim "Hosted-Application-Modell" wird die Anwendung im Internet zur Verfügung gestellt und über ein Streaming Protokoll zum Kunden transportiert<sup>14</sup>. Beim "Virtual-Appliance-Modell" hingegen kann die Anwendung heruntergeladen und auf dem eigenen System betrieben werden<sup>15</sup>. Dabei werden die Anwendung und dazugehörige Dateien in einem speziellen Container ausgeliefert, der Betriebssystemunabhängig und Konfliktfrei betrieben werden kann. Die Anwendungsvirtualisierung ist also eine wichtige Grundlage des beim Cloud Computing betriebenen "Software-as-a-Service" Konzept. Welches auf einer dynamischen Bereitstellung von Softwarekomponenten basiert.

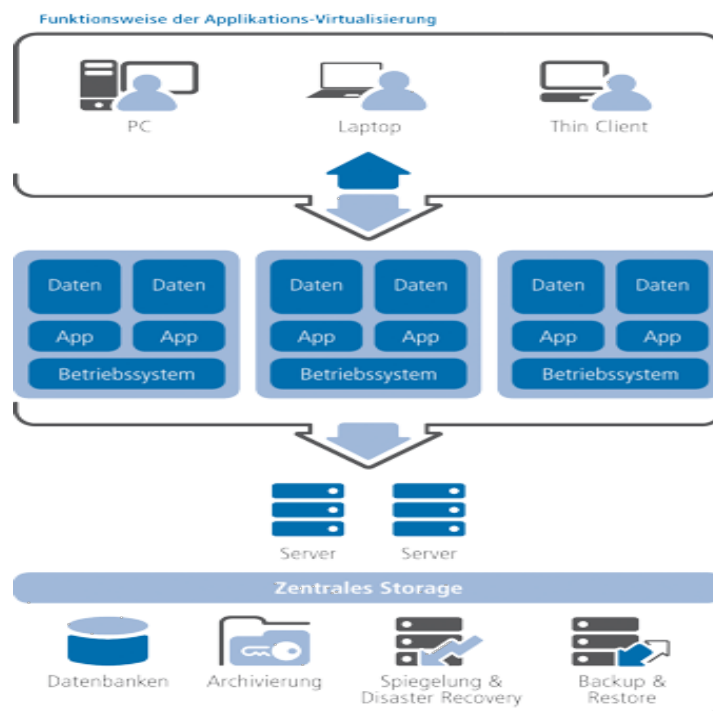


Abbildung 4: Funktionsprinzip der Anwendungsvirtualisierung<sup>16</sup>

<sup>14</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 16

<sup>15</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 23

<sup>16</sup> (Comparex, 2011) Anwendungsvirtualisierung

## Übersicht der verschiedenen Virtualisierungstypen

Virtualisierungstyp	Pro	Kontra
<b>Hypervisor-Virtualisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Anpassung der Gast-Betriebssysteme notwendig</li> <li>Vom Host und anderen Gästen unabhängige Gastsysteme</li> <li>Vielseitige Gasthardware möglich</li> <li>Flexible Anpassung der Gast-Hardware</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hardware muss durch die Virtualisierungssoftware unterstützt werden</li> <li>manche Hardware lässt sich im Gastsystem nicht abbilden</li> <li>virtuelle Hardware für jede VM als Prozess abgebildet</li> <li>Prozessorvirtualisierung erforderlich</li> <li>Installation von Tools im Gast notwendig</li> <li>hohe Systemkapazitäten pro Gast benötigt</li> </ul>
<b>Paravirtualisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>flexible Anpassung der Gasthardware</li> <li>nur ein Prozess zur Abbildung der virtualen Hardware erforderlich</li> <li>verbesserter Zugriff auf die virtuelle Hardware durch das Gast-Betriebssystem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hardware muss durch die Virtualisierungssoftware unterstützt werden</li> <li>manche Hardware lässt sich im Gastsystem nicht abbilden</li> <li>Anpassung der Gast-Betriebssysteme notwendig</li> <li>unter Umständen Anpassung des Hosts/Gasts bei Updates erforderlich</li> <li>hohe Systemkapazitäten pro Gast benötigt</li> </ul>
<b>Betriebssystem-Virtualisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sehr hohe Geschwindigkeit im Gast</li> <li>flexible Anpassung der Gasthardware</li> <li>Nutzung von Teilen des Host-Betriebssystems</li> <li>optimierter Zugriff auf die virtuelle Hardware durch das Gast-Betriebssystem</li> <li>große Hardwareunterstützung</li> <li>geringe Systemkapazitäten pro Gast benötigt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Homogene Gast-Betriebssysteme</li> <li>manche Hardware lässt sich im Gastsystem nicht abbilden</li> <li>Betriebssystemupdates des Host betreffen den Gast</li> </ul>

Abbildung 5: Übersicht über die Virtualisierungstechniken<sup>17,18,19,20,21</sup>

<sup>17</sup> (TechChannel, 2011) Stärken und Schwächen Paravirtualisierung

<sup>18</sup> (TechChannel, 2011) Stärken und Schwächen Betriebssystemvirtualisierung

<sup>19</sup> (TechChannel, 2011) Stärken und Schwächen Hypervisorvirtualisierung

<sup>20</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 7-9

<sup>21</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 11,12

## "On-Premise" versus "On-Demand"

Spricht man von "on-premise" meint dies vor allem traditionelles lokales Hosting. Dabei befinden sich Daten bzw. Anwendungen auf einem physischen Server der seinen Platz überwiegend lokal, sprich im jeweiligen Unternehmen hat. Mit dieser Erkenntnis lässt sich schnell feststellen, dass Cloud Computing der komplette Gegenpart zum "on-premise"-Konzept ist<sup>22</sup>. Hier wird auf das "on-demand"-Konzept gesetzt. Das bedeutet das nicht weiter auf lokale Systeme setzt, sondern seine Ressourcen aus der Cloud bezieht. Beide Konzepte sind in der Art der eingesetzten Techniken nicht zwanghaft unterscheidbar, so wird häufig sogar die selbe Software eingesetzt und das auf allen Ebenen, vom Betriebssystem bis zur komplexen Spezialsoftware<sup>23</sup>. Kenntnisse aus dem "on-premise"-Konzept können auch beim Cloud Computing eingesetzt werden<sup>24</sup>. Ein großer Unterschied zwischen beiden Konzepten liegt in der Kostenberechnung. Hat man beim "on-premise"-Konzept hohe einmalige Kosten durch die Anschaffung von Hardware bzw. Software und dazukommend monatliche Kosten für die Unterhaltung der Systeme benötigt es beim "on-demand"-Konzept lediglich der monatlichen Kosten für die bezogenen Cloud-Dienste<sup>25</sup>. Dabei wird nämlich nur der jeweils tatsächliche Verbrauch berechnet, der sich je nach Dienst an unterschiedlichen Abrechnungseinheiten orientiert (z.B. CPU-Stunden, Bandbreite, Transfervolumen). Ein weiteres Kriterium sind die anfallenden Personalkosten beim "on-premise"-Konzept und die nicht selten auftretende Ausfallzeit der Systeme. Gemeint ist also die Zeit in der die Systeme nicht erreichbar sind. Ebenfalls problembehaftet sind teure Erweiterungen und Aufstockungen bei Ressourcenknappheit. Diese Probleme sind beim "on-demand"-Konzept nicht vorhanden, da die Verwaltung der physischen Einheiten beim Anbieter liegt. Als Kunde umgeht man diese Hürden der Verwaltung und auch eine momentane Skalierung der Ressourcen ist in der Cloud kein Problem. Die Ausfallzeiten innerhalb der Cloud-Computing Systeme beträgt zwischen 99,0% und 99,9% , damit erreicht man eine Ausfallsicherheit wie sie in lokalen Systemen nur mit sehr hohen finanziellen Investitionen erreicht werden kann. Wir kommen also zu dem Entschluss das sich Cloud-Computing mit seinem "on-demand"-Konzept einen angesehen Platz geschaffen hat, der ständig an Bedeutung gewinnt. Da ein kompletter Umstieg auf Cloud-Computing bei vielen Unternehmen nicht in Frage kommt werden momentan zunehmend "on-premise" und "on-demand"-Systeme miteinander verbunden um so eine heterogene IT-Landschaft zu schaffen.

---

<sup>22</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 39

<sup>23</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 39

<sup>24</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 39

<sup>25</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 39

## Die drei Ebenen des Cloud-Computing

Die Auswahl der bereits existierenden Cloud Computing Angebote ist äußerst heterogen. Auf der Basis einer grundlegenden Architektur lassen sich die verschiedenen Dienstleistungen jedoch einer Struktur zuordnen und somit ein Stück weit kategorisieren. Die nachfolgend beschriebene Architektur des Cloud Computing orientiert sich an der Pyramidenform. Diese wird in drei Stufen mit unterschiedlichem Abstraktionsgrad aufgeteilt, der mit zunehmender Höhe immer konkreter wird und zudem auf die unteren Schichten aufbaut<sup>26</sup>. Dies ist aber nicht zwingend notwendig, da die einzelnen Ebenen auch über einen anderen Unterbau realisiert werden können, aber in der Praxis meistens der Fall. Allen drei Ebenen ist gemeinsam das sie als Service angeboten werden ("as-a-Service-Modell")<sup>27</sup>. Die drei Hauptschichten sind von unten nach oben aufbauend<sup>28,29</sup>:

1. Infrastructure-as-a-Service (IaaS)
2. Platform-as-a-Service (PaaS)
3. Software-as-a-Service (SaaS)

Diese Aufteilung hat sich weitestgehend durchgesetzt, auch wenn in der Literatur des Öfteren noch feinere Abspaltungen vorgenommen werden. Mit diesen drei Ebenen und den daraus resultierenden Kombinationen können alle Services weitestgehend beschrieben werden.

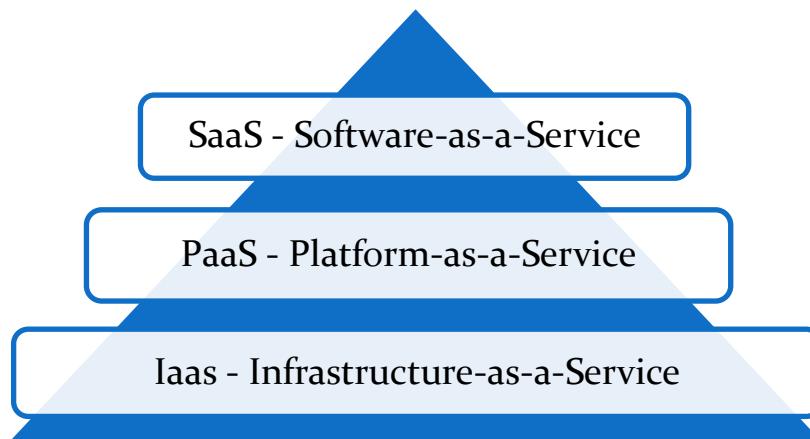


Abbildung 6: Die drei Ebenen des Cloud-Computing

Wir werden uns also nachfolgend diese Architektur anschauen und deren einzelne Komponenten näher in Betracht ziehen. Wichtige Aspekte für die Betrachtung werden für uns vor allem der Abstraktionsgrad, der Verwaltungsaufwand die Anpassbarkeit und die Zielgruppen der einzelnen Ebenen sein.

---

<sup>26</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 29

<sup>27</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 42

<sup>28</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 24

<sup>29</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 28

## Infrastructure-as-a-Service (IaaS) - Virtuelle Hardware

Infrastructure-as-a-Service ist die unterste Ebene im Cloud Computing. Hier wird dem Nutzer eine IT-Infrastruktur wie etwa Server, Netzwerk, oder Backup-Systeme über das Internet zur Verfügung gestellt<sup>30</sup>. Die Sicht auf die Hardware ist in diesem Szenario eine abstrakte, denn Server, Storage, Netzwerke und andere Ressourcen werden als virtuelle Dienste angeboten, die für gewöhnlich nutzungsabhängig ohne Ressourcenbeschränkung abgerechnet werden<sup>31</sup>. Die Infrastruktur begegnet dem Nutzer also als virtuelles und privates Rechenzentrum, bei dem keinerlei Betreuung der physikalischen Hardware, die von dem Service angeboten wird, notwendig ist. Grundsätzlich lassen sich bei IaaS Storage- und Computing Services unterscheiden<sup>32</sup>. Storage Services decken in erster Linie den Bedarf an Speicherplatz ab, wohingegen die Computing Services sich auf die Rechenleistung beziehen. Die Grundlage ist in den meisten Fällen ein Storage Service, auf dessen Basis dann Computing Services des gleichen Anbieters bezogen werden können. Beide Dienste zusammen bilden eine Basis für weitere Leistungen, z.B. für den Bezug von virtuellen Netzwerkressourcen. Bei den Computing Services wird in der Regel nach verbrauchter CPU-Rechenzeit beziehungsweise Speicherverbrauch pro Zeiteinheit abgerechnet. In Storage Services hingegen beruht die Abrechnung auf genutztem GByte pro Zeiteinheit und dem Datentransfervolumen<sup>33</sup>. Der große Vorteil von IaaS gegenüber traditionellen Rechenzentren ist deren hohe Skalierbarkeit und Verfügbarkeit. Das heißt die Hardware kann je nach aktuellem Bedarf beliebig erweitert oder verkleinert werden. Durch die Virtualisierung wird ein höherer Grad an Verfügbarkeit erreicht, da ein Ausfall einer physikalischen Komponente ohne merkbaren Performanceverlust beim Endbenutzer ausgeglichen werden kann. Dabei behält der Benutzer den vollen Zugriff auf die virtuelle Hardware und kann auch in Eigeninitiative Anwendungen installieren<sup>34</sup>. Der Zugriff wird meistens in Form eines Webinterfaces realisiert in dem grundlegende operative Funktionen vorgenommen werden können. Dies umfasst das starten und stoppen der virtualisierten Hardware, über das Monitoring jeder einzelnen Komponente bis hin zu deren Konfiguration<sup>35</sup>. Man spricht deshalb auch davon das der jederzeit vollen administrativen Zugriff auf alle virtuellen Ressourcen erhält.

---

<sup>30</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 26

<sup>31</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 30

<sup>32</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 30

<sup>33</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 25,26

<sup>34</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 30

<sup>35</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 30

## Platform-as-a-Service (PaaS) - Entwickeln von Anwendungen

Der Begriff des Platform-as-a-Service ist von größerem Umfang als der des IaaS. Eine PaaS-Plattform beinhaltet vor allem einen Raum für die schnelle, kostengünstige Entwicklung und Bereitstellung von Anwendungen<sup>36</sup>. Dieser Raum mit seinen technischen Frameworks dient dem Benutzer zur Entwicklung von eigenen geschäftlichen Applikationen und deren Einbindung in die Cloud. Als Infrastruktur in diesem Sinne stehen dem Benutzer eine Vielzahl von Services für die Anwendungsentwicklung zur Verfügung, wie z.B. diverse Middleware, Datenbanken, und weitere Entwicklungstools<sup>37</sup>. Der Zugriff auf das darunter liegende Betriebssystem bleibt dabei versperrt. Die Inanspruchnahme der Services wird auch hier "on-demand", also nach Anforderung bezahlt, dafür entfällt eine etwaige Administration und Bereitstellung der Entwicklungsumgebungen wie sie im konventionellen Bereich anfallen würde. Dieser Teil wird von dem jeweiligen Service-Provider getragen, und bedarf keiner weiteren Eingriffe. Diese Schnittstelle kann z.B. dazu genutzt werden um Eigenentwicklungen innerhalb einer Organisation problemlos in die Cloud zu portieren oder neue Anwendungen zu entwickeln. Wichtig bei dem Platform-as-a-Service Ansatz ist die Verwendung allgemein standardisierter Schnittstellen, denn nur so können verschiedene Plattformen miteinander verbunden werden. Durch Open-Source Nachimplementierungen soll eine möglicherweise auftretende Anbieter Bindung verhindert werden<sup>38</sup>. Fast immer existiert ein gewisser Basissatz an Diensten, etwa Dienste für die Zugriffskontrolle, Prozesssteuerung, Datenbankfunktion, sowie Dienste für Applikationen und Endgeräten in vernetzten Systemen<sup>39</sup>. Die Integration von SOA Diensten ist an dieser Stelle ebenfalls von Bedeutung, da hier Geschäftsanwendungen in einzelne Dienste zerlegt und über die allgemein standardisierten Schnittstellen wieder zusammengefügt werden können. Die Zielgruppe der PaaS-Services liegt überwiegend bei Softwareentwicklern als beim Endbenutzer<sup>40</sup>. Die ist auf ein bestimmtes Basiswissen im Umgang mit den Frameworks zurückzuführen, welche für den Endbenutzer nicht von Interesse sind. Die Softwareentwicklung allerdings dürfte mit den PaaS-Services einen erheblichen Sprung nach vorne bekommen haben, denn der Entwicklungsprozess wird nicht nur erleichtert und beschleunigt sondern die Bereitstellung der benötigten Infrastruktur liegt ab jetzt beim Service Provider<sup>41</sup>. Dadurch gewinnt man kostbare Zeit und kann sich allein der Implementierung widmen, ohne vorheriges stundenlanges einrichten der Entwicklungsumgebungen.

---

<sup>36</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 25

<sup>37</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 33

<sup>38</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 73

<sup>39</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 45

<sup>40</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 33

<sup>41</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 25

## Software-as-a-Service (SaaS) - Einsatz von Anwendungen

Die Ebene der Software-as-a-Service ist die momentan am bekannteste Ebene des Cloud-Computing. Mithilfe dieses Dienstes können Software Applikationen als standardisierter Service über das Internet bezogen werden<sup>42</sup>. Hier tritt meistens eine Symbiose aus Infrastruktur Ressourcen und Applikationen in Erscheinung. Diese wird dann vom Service-Provider dem Endanwender als Gesamtpaket angeboten<sup>43</sup>. Der SaaS-Service beinhaltet dabei alle Komponenten die für eine Nutzung benötigt werden. Darin enthalten sind entsprechende Hardware und Software als auch die entsprechende Wartung und der Betrieb. Da an dieser Stelle vom Service-Provider möglichst viele Kunden erreicht werden sollen setzen diese überwiegend auf standardisierte Anwendungen die von mehreren Kunden genutzt wird. Das bringt den Vorteil das die Dienste sofort verfügbar sind und eine lokale Softwareinstallation und die damit verbundenen Ressourcen entfallen. Letztlich kommt man zu dem Punkt an dem der virtuelle Betrieb kostengünstiger, ausfallsicherer und skalierbarer ist als eine lokale Installation<sup>44</sup>. Die Anwendung muss bei einer Aktualisierung nur an einem Punkt verändert werden. Ebenfalls sind die Anwendungen von jedem beliebigen Ort benutzbar, vorausgesetzt es besteht eine Internetverbindung. Der Endanwender hat allerdings keine Möglichkeit die Software zu verändern<sup>45</sup>. Die bekanntesten Beispiele für IaaS-Services sind die Microsoft Live Services, GoogleDocs und GoogleMail. Innerhalb der IaaS-Ebene kann noch einmal unterschieden werden zwischen zwei Formen, den Application-Services und den Applications. Die Application-Services basieren weitestgehend auf einer Applikation und die Applications hingegen sind vollwertige, komplexe Anwendungen. Um die Grenzen zu verdeutlichen sehen wir uns folgendes Beispiel an. Das bekannte GoogleMaps ist Teil einer großen Applikation und somit ein Application-Service<sup>46</sup>, die GoogleDocs hingegen bilden eine Sammlung von Anwendungen und bilden somit eine Application. An dieser Stelle sei noch gesagt das SaaS nicht zu verwechseln ist mit dem Ansatz des Application-Service Providing. Bei diesem wird nämlich pro Kunde eine Softwareinstallation zur Verfügung gestellt (1 : 1, Kunde/Software), wohingegen man beim Cloud-Computing den Ansatz verfolgt eine Installation für alle Kunden bereitzustellen (1 : n, Kunde/Software)<sup>47</sup>.

---

<sup>42</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 47

<sup>43</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 35

<sup>44</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 47

<sup>45</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 47

<sup>46</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 37

<sup>47</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 25

## Erweiterte Übersicht der Cloud-Computing Ebenen

Dienste	Anwendungen	Basis-Technologien	IT-Infrastruktur / Hardware
<b>Angebote</b>	<b>SaaS - Software as a Service</b> Google-Docs Microsoft Live Services Flickr Myspace.com GMail Cisco WebEx Office	<b>Paas - Platform as a Service</b> Microsoft Azure Services Google App Engine Engine Yard	<b>IaaS - Infrastructure as a Service</b> Amazon EC2 Microsoft Azure Platform Mosso (Rackspace) Akamai
<b>Abstraktionsgrad</b>	Sehr hoch	Mittel	Sehr niedrig
<b>Verwaltungsaufwand</b>	Niedrig	Mittel	Hoch
<b>Anpassbarkeit</b>	Sehr gering	Hoch	Sehr Hoch
<b>Bezahlung</b>	Pay per Use	Pay per Use	Pay per Use
<b>Zielgruppe</b>	Konzerne Großunternehmen Mittelstand Privatpersonen Selbstständige	Softwareentwickler IT-Planer Integratoren	Systemhäuser IT-Dienstleister IT-Abteilungen Softwareentwickler

Abbildung 7: Übersicht über die Ebenen der Cloud-Services<sup>48,49,50</sup>

<sup>48</sup> (Meier-Huber, 2010) Seiten 42-49

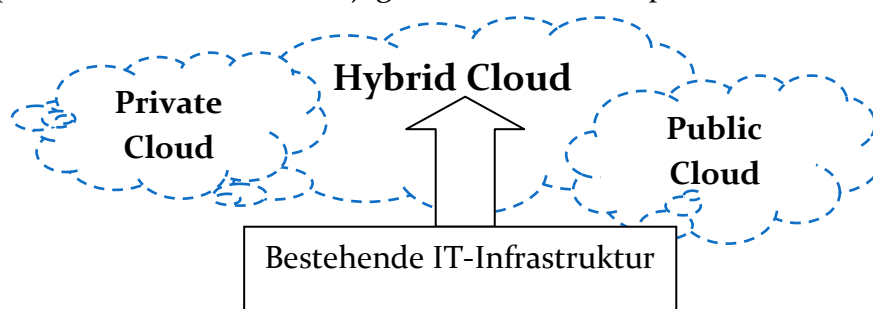
<sup>49</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 28-36

<sup>50</sup> (Antonopoulos & Gillam, 2010) Seite 25



## Public-, Private- und Hybrid-Cloud

Aus rein organisatorischer Sicht kann man Clouds in zwei Arten unterteilen. Zum einen die Public-Clouds, die gegen Entgelt oder auch kostenlos per Web der ganzen Öffentlichkeit zugänglich sind<sup>51</sup>. Die Ressourcen werden somit unter mehreren Kunden aufgeteilt. Meistens steht ein Webportal zur Verfügung, indem sich die Endanwender gewünschte Dienste auswählen. Der Betreiber und Eigentümer einer solchen Public Cloud ist meist ein größerer IT-Dienstleister. Die Nutzungsabrechnung pro Monat setzt sich aus den verwendeten Ressourcen zusammen. Die Private-Clouds hingegen sind nicht öffentlich sondern werden innerhalb einer Organisation betrieben und gemanagt<sup>52</sup>. Der Zugang ist auf Mitarbeiter und freigegebene Personen limitiert, die nicht selten Geschäftspartner, Kunden oder Lieferanten sind<sup>53</sup>. Der Zugriff wird überwiegend über ein internes Intranet oder über ein VPN (Virtual Private Network) realisiert. Private-Clouds haben gegenüber Public-Clouds einige Vorteile. Darunter befinden sich unter anderem die Kontrolle der Netzbandbreite und der Verfügbarkeit. Ebenfalls werden Sicherheitsrisiken minimiert, da die physikalischen Ressourcen im Notfall immer noch zugänglich bleiben und vor Ort repariert werden können. Ebenfalls bleibt man beim Betrieb einer private Cloud in Besitz der eigenen Daten und erzielt somit eine größere Kontrolle<sup>54</sup>. Somit bieten Private-Clouds dem Anbieter als auch dem Nutzer mehr Kontrolle und besseren Ausfallschutz. Desweiteren existiert eine Mischform der beiden genannten Arten, die sogenannte Hybridcloud. Hier wird die Private Cloud und die Public Cloud mit traditioneller Server-Infrastruktur verknüpft. In der Regel erfolgt der Betrieb über die privaten Ressourcen und es werden nur vereinzelt Funktionen in die Public Cloud ausgelagert<sup>55</sup>. Jedoch besitzt die Hybride Cloud den Vorteil bei zu hoher Auslastung der privaten Ressourcen auf die Public Cloud auszuweichen. Die Kunst des Betriebs einer Hybriden Cloud ist die Zusammenführung der Public-Cloud, der Private-Cloud und der traditionellen IT-Infrastruktur auf allen Ebenen, so das für dem Benutzer nur ein homogenes System gegenübersteht<sup>56</sup>. Dies gilt vor allem für Applikationen, Services und jegliche Sicherheitsaspekte.



<sup>51</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 40

<sup>52</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 41

<sup>53</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 41

<sup>54</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 26

<sup>55</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 27

<sup>56</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 41

## Service Level Agreement (SLA) und Monitoring

Entscheidet man sich für das Cloud-Computing und beschreitet den Weg in die Cloud so müssen Service Level Agreements getroffen und Wege des Monitoring über die Leistungen festgehalten werden. Die SLAs beinhalten die vom Cloud Anbieter zu erbringenden Leistungen gegenüber dem Kunden und deren Abrechnung. Somit stellen die SLAs einen rechtlich bindenden Vertrag, in dem eine Dienstegüte zwischen Kunde und Service Anbieter festgehalten wird<sup>57</sup>. Bei der unternehmensinternen Nutzung (Private-Cloud) spricht man hingegen von einem Operation Level Agreement (OLA)<sup>58</sup>. Die SLAs enthalten ausschließlich Vereinbarungen, die aus der Sicht des Kunden formuliert sind. Der Dienstanbieter bestimmt dabei den Umfang und die Qualität der Dienste und beschreibt deren Eigenschaften in einem Katalog. Darunter fallen Vereinbarungen über die Ressourcenzuteilung, Verfügbarkeiten und Reaktionszeiten<sup>59</sup>. Ebenfalls enthalten sind Abmachungen über Garantien, Abrechnungsmodalitäten, Sicherheit und Prioritäten. Jedoch existiert kein allgemeiner Standard für die Beschreibung von SLAs<sup>60</sup>. Der Kunde ist somit in der Lage beim Cloud-Computing Angebote aus diesem genannten Dienstekatalog auszuwählen und je nach Bedarf zu instanzieren. Die Konkurrenz zwischen den einzelnen Cloud-Anbietern basiert unter anderem auf deren unterschiedlichen SLAs. Bietet der eine z.B. eine hohe Verfügbarkeit, der andere aber mehr Ressourcen und weniger Verfügbarkeit. Desöfteren wird eine solche Servicequalität bei den Anbietern in verschiedene Stufen eingeteilt (z.B. Pico, Standard, Extended, Pro).

Fast jeder Anbieter verfügt mittlerweile über ein Tool zur Kostenermittlung, überwiegend sind das Webinterfaces über die der Kunde Informationen bezüglich seiner Kosten aber auch bezüglich der Performance einholen kann. Somit ist eine stetige Kostentransparenz und eine Sicherstellung der Servicequalitäten gegeben<sup>61</sup>. Bei Abweichungen der Dienstegüte oder Störungen sollte nach Möglichkeit automatisch ein entsprechender Beseitigungsprozess angestoßen werden. Eines der bekanntesten Beispiele eines solchen Webinterfaces ist das Monitoringtool Amazon Cloudwatch<sup>62</sup>. Der Dienst beobachtet kontinuierlich die Leistung der Amazon Web Services. Er zeigt sowohl die Ressourcennutzung als auch die aktuelle Leistung und die Zugriffsmuster. Desweiteren werden Daten für die CPU-Nutzung, Festplattenzugriffe und Netzwerkverkehr erhoben. Der Dienst kann sowohl über ein Webinterface als auch über die Kommandozeile genutzt werden.

---

<sup>57</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 59

<sup>58</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 60

<sup>59</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010) Seite 60

<sup>60</sup> (Meier-Huber, 2010) Seite 52

<sup>61</sup> (Baun, Kunze, Nimis, & Tai, 2010)Seite 62,63

<sup>62</sup> (Amazon, 2011) Cloud-Watch

## Übersicht der Cloud-Services

	Private		Public					
	laaS	Computing laaS	PaaS	Storage Relational	Scale-Out	Blobs	Messaging Internal	External
Microsoft	Hyper-V Cloud	For partners: Hyper-V Cloud Service Provider Program	Windows Azure	SQL Azure	Windows Azure Tables	Windows Azure Blobs	Windows Azure Queues	Windows Azure AppFabric Service Bus
VMware	vCloud Datacenter Services	For partners: vCloud Express						
Amazon	Eucalyptus	Elastic Compute Cloud (EC2)	Elastic Beanstalk	Relational Database Service (RDS)	SimpleDB	Simple Storage Service (S3)	Simple Queue Service (SQS)	Simple Notification Service (SNS)
Google			App Engine		Datastore	Blobstore	Task Queues	XMPP
Salesforce			ApptForce VMForce		Database .com			

Abbildung 8: Übersicht der größten Cloud-Services<sup>63</sup>

<sup>63</sup> (Häupel, 2011) Übersichtstabelle

## Ausblick

Aus dem unerklärlichen Hype ist letzten Endes ein attraktives Geschäftsmodell geworden. Vor allem für Mittelständige Unternehmen und Start-Ups bietet die Cloud gute Expansionschancen aufgrund ihrer dynamischen Kostenkontrolle und der Vielzahl an Service-Level-Agreements. So kann mit dem Cloud Computing in erster Linie die Geschäftsidee verfolgt werden als das man wertvolle Zeit und Geld in die Verwaltung bzw. Administration investieren muss. Im Augenblick existiert bereits eine große Menge an Angeboten die sich über alle Ebenen des Cloud-Computing erstreckt. Dabei ist sowohl der Business Bereich als auch der Markt für Privatpersonen gemeint. Es ist nicht unwahrscheinlich das es in Zukunft eine Netzwerk aus verschiedensten Cloud-Computing Angeboten, sowohl aus dem Privaten und aus dem Öffentlichen Sektor, geben wird die nahtlos zusammengeführt werden können. Um dies zu erreichen ist in erster Linie ein anbieterübergreifender Standard zu entwickeln, was sich bei den momentanen Marktmonopolen noch als schwer vorstellbar ist. Dank der Weiterentwicklung der Virtualisierungstechnik wird die Cloud über längere Sicht einen soliden Grundbau behalten. Man kann festhalten das Unternehmen beim Umzug in die Cloud noch immer zögern, besonders bezüglich der Datenhaltung und den Gesetzen des Datenschutzes. Deshalb wird zunehmend auf Hybrid-Clouds gesetzt, bei denen nur ein gezielter Teil ausgelagert wird, man aber trotz allem die Kontrolle behält.

Bei den Privatkunden hat sich die Cloud schon fest etabliert. Auch hier existieren bereits Angebote die alle Ebenen umfassen. Trotzdem ist der Schwerpunkt hier ein andere als der im Businessbereich. Hier dominieren in erster Linie die Storageanbieter, wohingegen sich im Businessbereich eher an der Auslieferung von Software orientiert wird. Zwar gibt es in beiden Segmenten jeweils Angebote aus allen Ebenen kann man trotzdem einen leichten Trend sehen. Die Angebote für Privatanwender werden zudem von großen Konzernen vorangetrieben, etwa den Herstellern aktueller Smartphones. Zudem werden Angebote wie Online-Office-Suites vermehrt genutzt, da sie den Vorteil der Verfügbarkeit beherbergen und somit dem Privatanwender eine gewünschte Freiheit lassen.

Bisher liegt die Hauptträgerschaft des Cloud-Computing leider nur bei wenigen großen IT-Dienstleistern, was nicht zuletzt auf die immense Infrastruktur für den Betrieb einer Cloud liegt. So manch bekannter Dienst wird bereits jetzt aus der Cloud betrieben, um auf zukünftige Anforderungen zu reagieren, ohne das man davon als Anwender Kenntnis nimmt oder einem merkliche Nachteile entstehen.

So schleicht sich die Wolke allmählich in unsere täglichen Arbeitsabläufe und wird in unmittelbarer Zukunft noch sehr viel mehr an Bedeutung gewinnen als ohnehin schon.

## Literaturverzeichnis

Amazon. (2011). *Amazon Cloud Watch*. Abgerufen am 26. Juni 2011 von Amazon Web Services: <http://aws.amazon.com/cloudwatch/>

Antonopoulos, N., & Gillam, L. (2010). *Cloud Computing - Principles, Systems and Applications*. London: Springer-Verlag GmbH.

Baun, C., Kunze, M., Nimis, J., & Tai, S. (2010). *Informatik im Fokus - Cloud Computing - Web-basierte dynamische IT-Services*. Heidelberg: Springer-Verlag GmbH.

Comparex. (10. Mai 2011). *Applikations-Virtualisierung*. Abgerufen am 26. Juni 2011 von Comparex:  
[http://www.comparex.rs/pcw/de/de/Solutions/Virtualisierung/arten\\_der\\_virtualisierung/applikationsvirtualisierung/applikationsvirtualisierung.htm](http://www.comparex.rs/pcw/de/de/Solutions/Virtualisierung/arten_der_virtualisierung/applikationsvirtualisierung/applikationsvirtualisierung.htm)

Comparex. (10. Mai 2011). *Netzwerk-Virtualisierung*. Abgerufen am 26. Juni 2011 von Comparex:  
[http://www.comparex.rs/pcw/de/de/Solutions/Virtualisierung/arten\\_der\\_virtualisierung/Netzwerkvirtualisierung/netzwerkvirtualisierung.htm](http://www.comparex.rs/pcw/de/de/Solutions/Virtualisierung/arten_der_virtualisierung/Netzwerkvirtualisierung/netzwerkvirtualisierung.htm)

Comparex. (10. Mai 2011). *Server-Virtualisierung*. Abgerufen am 26. Juni 2011 von Comparex:  
[http://www.comparex.rs/pcw/de/de/Solutions/Virtualisierung/arten\\_der\\_virtualisierung/Netzwerkvirtualisierung/netzwerkvirtualisierung.htm](http://www.comparex.rs/pcw/de/de/Solutions/Virtualisierung/arten_der_virtualisierung/Netzwerkvirtualisierung/netzwerkvirtualisierung.htm)

Comparex. (10. Mai 2011). *Storage-Virtualisierung*. Abgerufen am 26. Juni 2011 von Comparex:  
[http://www.comparex.rs/pcw/de/de/Solutions/Virtualisierung/arten\\_der\\_virtualisierung/Netzwerkvirtualisierung/netzwerkvirtualisierung.htm](http://www.comparex.rs/pcw/de/de/Solutions/Virtualisierung/arten_der_virtualisierung/Netzwerkvirtualisierung/netzwerkvirtualisierung.htm)

Häupel, J. (6. Juni 2011). *Cloud Computing verständlich erklärt*. Abgerufen am 26. Juni 2011 von MSDN Blogs: <http://blogs.msdn.com/b/jensha/archive/2011/06/06/cloud-computing-verst-228-ndlich-erkl-228-rt.aspx>

Meier-Huber, M. (2010). *Cloud Computing - Praxisratgeber und Einstiegsstrategien*. Frankfurt am Main: entwickler.press.

TechChannel. (2. Februar 2011). *Stärken und Schwächen Betriebssystem-Virtualisierung*. Abgerufen am 26. Juni 2011 von TechChannel - Virtualisierungs-Grundlagen - Varianten und Unterschiede:  
[http://www.tecchannel.de/server/virtualisierung/2029842/faq\\_alles\\_ueber\\_virtualisierung\\_varianten\\_und\\_unterschiede/index9.html](http://www.tecchannel.de/server/virtualisierung/2029842/faq_alles_ueber_virtualisierung_varianten_und_unterschiede/index9.html)

TechChannel. (2. Februar 2011). *Stärken und Schwächen Hypervisor-Virtualisierung*. Abgerufen am 26. Juni 2011 von TechChannel Virtualisierungs-Grundlagen - Varianten und Unterschiede :

[http://www.techchannel.de/server/virtualisierung/2029842/faq\\_alles\\_ueber\\_virtualisierung\\_varianten\\_und\\_unterschiede/index5.html](http://www.techchannel.de/server/virtualisierung/2029842/faq_alles_ueber_virtualisierung_varianten_und_unterschiede/index5.html)

TechChannel. (2. Februar 2011). *Stärken und Schwächen Paravirtualisierung*. Abgerufen am 26. Juni 2011 von TechChannel - Virtualisierungs-Grundlagen - Varianten und Unterschiede:

[http://www.techchannel.de/server/virtualisierung/2029842/faq\\_alles\\_ueber\\_virtualisierung\\_varianten\\_und\\_unterschiede/index7.html](http://www.techchannel.de/server/virtualisierung/2029842/faq_alles_ueber_virtualisierung_varianten_und_unterschiede/index7.html)

VMWare. (2011). *Creating & Using Virtual Networks*. Abgerufen am 26. Juni 2011 von VMWare - Technical Resource Center: <http://www.vmware.com/technical-resources/virtual-networking/virtual-networks.html>

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Funktionsprinzip der Servervirtualisierung .....	5
Abbildung 2: Funktionsprinzip der Netzwerkvirtualisierung.....	6
Abbildung 3: Funktionsprinzip der Storagevirtualisierung .....	7
Abbildung 4: Funktionsprinzip der Anwendungsvirtualisierung.....	8
Abbildung 5: Übersicht über die Virtualisierungstechniken .....	9
Abbildung 6: Die drei Ebenen des Cloud-Computing .....	11
Abbildung 7: Übersicht über die Ebenen der Cloud-Services.....	15
Abbildung 8: Übersicht der größten Cloud-Services .....	18