

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Albrecht Weinkopf, MSc

geboren am 21.03.1985, in Wien

erkläre, hiermit

1. dass ich meine Master Thesis selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfen bedient habe,
2. dass ich meine Master Thesis bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe,
3. dass ich, falls die Arbeit mein Unternehmen betrifft, meinen Arbeitgeber über Titel, Form und Inhalt der Master Thesis unterrichtet und sein Einverständnis eingeholt habe.

Wien, 19. September 2011

.....
Unterschrift

Strategischer Einsatz von Cloud Computing im Unternehmen

Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Business Administration (MBA)

an der Donau-Universität Krems

und der Technischen Universität Wien

Eingereicht von:

Albrecht Weinkopf, MSc

Betreuer:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Norbert Matsché

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Eisner

Wien, 19. September 2011

Inhaltsverzeichnis

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG.....	1
INHALTSVERZEICHNIS	3
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	5
TABELLENVERZEICHNIS	6
EXECUTIVE SUMMARY	7
1. EINLEITUNG UND GRUNDLAGEN	9
1.1 EINLEITUNG.....	9
1.2 BEGRIFFSDEFINITIONEN	11
1.2.1 Hypervisor	11
1.2.2 Virtualisierung	13
2. TECHNISCHE ANALYSE CLOUD COMPUTING	17
2.1 DEFINITION CLOUD COMPUTING	17
2.2 CLOUD COMPUTING ATTRIBUTE	20
2.3 CLOUD ARCHITEKTUR	23
2.3.1 SPI Modell.....	23
2.3.2 Organisatorische Unterscheidung.....	26
2.3.3 Aufbau einer Cloud	28
2.4 SPI MODELL IM DETAIL	30
2.4.1 Infrastructure as a Service (IaaS)	30
2.4.2 Platform as a Service (PaaS).....	34
2.4.2 Software as a Service (SaaS).....	36
2.5 TECHNISCHE RISIKEN VON CLOUD COMPUTING.....	39
2.5.1 Spezielle Risiken durch Einsatz von Public- bzw. Hybrid-Clouds	41

3. STRATEGISCHE ANALYSE CLOUD COMPUTING	47
3.1 STRATEGISCHE VORTEILE	48
3.1.1 <i>Kosten</i>	49
3.1.2 <i>Fokussierung auf das Kerngeschäft</i>	52
3.1.3 <i>Flexibilität</i>	53
3.1.4 <i>Service-Qualität und ausgelagertes Risiko</i>	54
3.2 STRATEGISCHE HERAUSFORDERUNGEN	56
3.2.1 <i>Kostenstruktur</i>	56
3.2.2 <i>Sicherheit und Risiko</i>	57
3.2.3 <i>Organisatorische Veränderungen</i>	58
3.2.4 <i>Change Management</i>	59
3.3 STRATEGISCHE EMPFEHLUNGEN	60
3.3.1 <i>Vorbereitung</i>	60
3.3.2 <i>Laufende Strategieevaluierung</i>	61
3.3.3 <i>Modernisierung der IT – Infrastruktur</i>	62
3.4 STRATEGISCHE ALTERNATIVEN ZU CLOUD COMPUTING	64
3.5 TOTAL COST OF OWNERSHIP (TCO) ANALYSE	71
3.5.1 <i>Einsatzszenario</i>	71
3.5.2 <i>Umsetzung durch die interne IT Abteilung</i>	74
3.5.3 <i>Umsetzung durch einen Service Provider</i>	79
3.5.4 <i>Umsetzung durch einen Cloud Provider</i>	82
3.5.5 <i>Zusammenfassung der TCO Analyse</i>	86
4. CONCLUSIO	87
LITERATURVERZEICHNIS	89

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: HYPERVISOR-TYPEN	11
ABBILDUNG 2: VIRTUALISIERUNGSTECHNOLOGIEN (WIKIPEDIA, 2011)	13
ABBILDUNG 3: GOOGLE TREND "CLOUD COMPUTING" (GOOGLE INC., 2011)	17
ABBILDUNG 4: SPI STACK	24
ABBILDUNG 5: URSPRUNG DES SPI MODELLS (RHOTON, 2010)	26
ABBILDUNG 6: CLOUD AUFBAU	28
ABBILDUNG 7: INFRASTRUKTUR IM SINNE VON IAAS (RHOTON, 2010)	30
ABBILDUNG 8: VIRTUALISIERUNGSSZENARIO	33
ABBILDUNG 9: EINSATZSZENARIO	72

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: STRATEGISCHE ASPEKTE.....	70
TABELLE 2: KOSTENSTRUKTUR INTERNE IT-ABTEILUNG (ANGABEN IN US \$).....	78
TABELLE 3: KOSTENSTRUKTUR SERVICE PROVIDER (ANGABEN IN US \$).....	81
TABELLE 4: KOSTENSTRUKTUR CLOUD PROVIDER (ANGABEN IN US \$)	85
TABELLE 5: KOSTENSTRUKTUR DER LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN (ANGABEN IN US \$) .	86

Executive Summary

Cloud Computing: Kein anderer Fachausdruck wurde in den letzten Monaten in Marketing- und Technologie- Kreisen mehr strapaziert als dieser. Heute scheint es, dass alles, was zukunftssträftig wirken will, zumindest „cloud ready“ sein muss. Doch für die meisten Endkunden und Anwender bleibt es ein Mysterium, was genau sich hinter dem Begriff Cloud Computing verbirgt.

Ziel dieser Arbeit ist es, IT-Entscheidern das Themengebiet Cloud Computing näher zu bringen. Dabei werden sowohl die technischen als auch die strategischen Aspekte von Cloud Computing genau betrachtet. Im Rahmen dieser Arbeit werden Antworten auf folgende zentrale Fragen gesucht:

- Wie ist Cloud Computing effizient einsetzbar?
- Welche technischen und strategischen Aspekte sind zu beachten?
- Welche Alternativen gibt es zu Cloud Computing?

Nachdem im ersten Kapitel dieser Arbeit ein Überblick über die benötigten Fachbegriffe geboten wird, beschäftigt sich das zweite Kapitel mit der technischen Analyse von Cloud Computing. Hier werden unter anderem die Attribute eines Cloud Computing Systems angeführt. Neben den Attributen wird in diesem Kapitel auch die Architektur eines Cloud Systems genau beschrieben. Auch die Elemente eines Cloud Systems wie *Infrastructure as a Service* (IaaS), *Platform as a Service* (PaaS) und *Software as a Service* (SaaS), werden in diesem Kapitel genau definiert. Des Weiteren wird ein weiterer wichtiger Punkt, nämlich die mit dem Einsatz von Cloud Systemen verbunden technischen Risiken besprochen.

Neben den technischen Fragen zum Thema Cloud Computing, werden im dritten Kapitel auch strategische Fragen zu diesem Thema beantwortet. Der Anfang dieses Kapitels ist den strategischen Vorteilen gewidmet, die durch den Einsatz von Cloud Computing entstehen können. Neben den Vorteilen sind jedoch auch die strategischen Herausforderungen zu beachten. Diese werden im zweiten Abschnitt des dritten Kapitels vorgestellt. Unter Berücksichtigung aller erwähnten Punkte werden am Ende des dritten Kapitels Empfehlungen des Autors zur Einführung eines Cloud Systems im Unternehmen angeführt. Des Weiteren wird anhand eines Beispielszenarios eine *Total Cost of Ownership* Analyse zum Thema Cloud Computing durchgeführt.

Abschließend ist zu sagen, dass der Einstieg in das Themengebiet Cloud Computing mit einigen Hürden verbunden sein kann. Daher ist eine ausgiebige Evaluierungsphase der Technologie vor dem produktiven Einsatz im Unternehmen essentiell. Sollte diese Evaluierungsphase positiv verlaufen, steht dem Einsatz von Cloud Computing nichts mehr im Weg. Für ein erfolgreiches Unternehmen ist es daher wichtig, sich mit dem Themengebiet Cloud Computing auseinanderzusetzen und die Vorteile dieser Technologie zu ihren Gunsten auszunützen.

1. Einleitung und Grundlagen

1.1 Einleitung

Cloud Computing: Kein anderer Fachausdruck wurde in den letzten Monaten in Marketing- und Technologie- Kreisen mehr strapaziert als dieser. Heute scheint es, dass alles, was zukunftssträchtig wirken will, zumindest „cloud ready“ sein muss. Doch für die meisten Endkunden und Anwender bleibt es ein Mysterium, was genau sich hinter dem Begriff Cloud Computing verbirgt. Diese Verwirrung hat ihren Ursprung in der Entstehung der ersten Cloud Services.

Bis heute gibt es in wissenschaftlichen Kreisen keinen hundertprozentigen Konsens, was denn eigentlich genau Cloud Computing ist. Die Anzahl an unterschiedlichen Definitionen jedoch wird täglich größer. Die Ursache dahinter ist, dass Cloud Computing die klassische IT-Landschaft radikal verändert und auf Jahre hin prägen wird. Der Ansatz, wie ein IT-System verwendet wird, unterscheidet sich beim Einsatz in einem Cloud System enorm von einem klassischen Einsatzgebiet.

In einer Cloud werden IT Systeme konsolidiert, effizienter eingesetzt, und weitgehend optimiert. Diese Vorgehensweise spart Kosten, ist umweltschonend und bringt eine große Menge an Komfort für den Endkunden. Der Ausblick verspricht noch viel mehr: Wissenschaftler sind sich einig, dass die Einführung von Cloud Computing eine Revolution in der Informationstechnologie auslösen wird. Das Ausmaß dieser Revolution ist mit der Einführung des IBM-PC im Jahre 1981 vergleichbar. Ziel dieser Master-Thesis ist es, den Einsatz von Cloud Computing zu evaluieren.

Folgende Fragen sollen im Rahmen dieser Thesis beantwortet werden:

- Wie ist Cloud Computing effizient einsetzbar
- Welche technischen und strategischen Aspekte sind zu beachten
- Welche Alternativen gibt es zu Cloud Computing

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es, IT-Entscheidern eine kompakte Übersicht über das Thema Cloud Computing zu bieten. Diese Übersicht soll sie bei der Entscheidung unterstützen, welche IT-Infrastrukturlösung für ihr Einsatzgebiet die Richtige ist.

1.2 Begriffsdefinitionen

In diesem Kapitel werden hauptsächlich technische Fachbegriffe näher erläutert, die für das Verständnis des Cloud Computing Themengebiets essentiell sind. Nach Durchsicht dieses Kapitels soll der Leser im Stande sein, dem Kapitel 2. Technische Analyse Cloud Computing einwandfrei zu folgen.

1.2.1 Hypervisor

Der Hypervisor ist einer der integralen Bestandteile der Virtualisierung. Logisch gesehen liegt der Hypervisor zwischen der physikalischen Hardware und den virtuellen Gastmaschinen. Der Hypervisor regelt hier den Zugriff auf die darunter liegende Hardware und sichert diesen Zugriff auch ab (Picht, 2009).

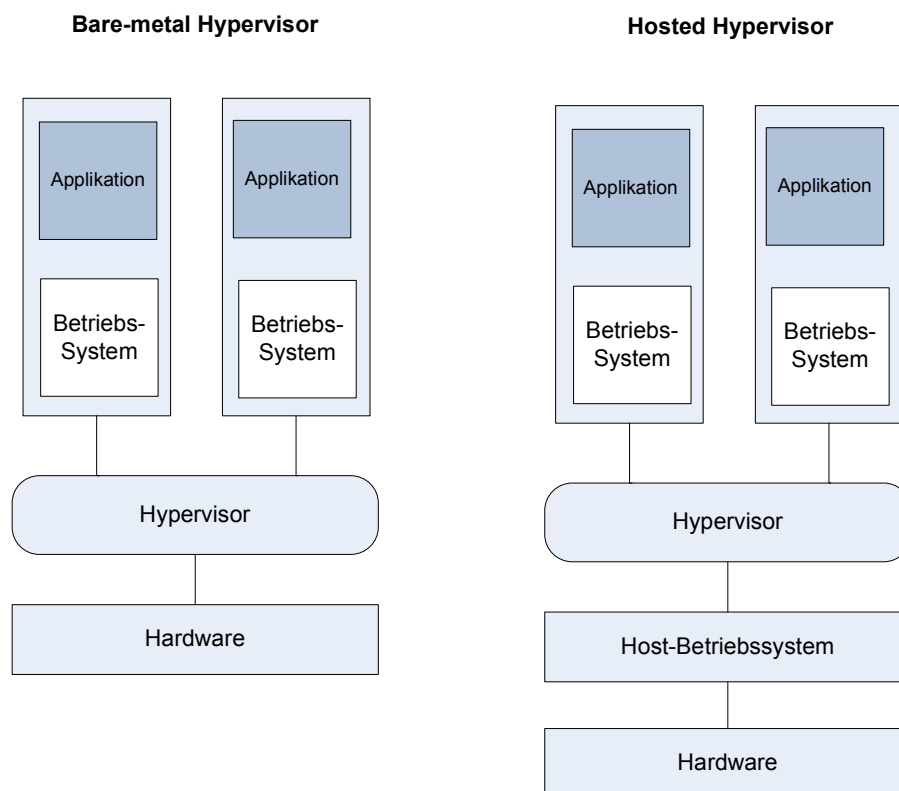


Abbildung 1: Hypervisor-Typen

Als virtuelle Gastmaschine wird ein Computersystem bezeichnet, das nicht nativ, also auf der physischen Hardware direkt, ausgeführt wird. Stattdessen wird die virtuelle Gastmaschine auf einem Hypervisor betrieben. Durch den Hypervisor ist es möglich, dass auf einem physischen Server mehrere virtuelle Gastmaschinen auf einmal betrieben werden.

Wie Abbildung 1: Hypervisor-Typen zeigt, wird zwischen zwei Hypervisor-Varianten unterschieden. Der sogenannte *bare-metal* Hypervisor wird direkt auf der Hardware ausgeführt. Der sogenannte *hosted* Hypervisor benötigt ein Basisbetriebssystem, um auf der Hardware laufen zu können.

Das Wort Hypervisor hat seinen Ursprung in der griechischen bzw. lateinischen Sprache und setzt sich aus den Worten „hyper“ und „visor“ zusammen. Die Übersetzung des Wortes „hyper“ bedeutet „über“ und „visor“ kann als „blicken“ übersetzt werden. Die Übersetzung ist eine gute Beschreibung des Hypervisor, dessen Aufgabe es ist einen „Überblick“ über die eingesetzte Hardware zu haben.

Die zentrale Aufgabe des Hypervisors liegt in der Kontrolle und der Aufteilung der Zugriffe auf die Hardware. Der Hypervisor stellt das Bindeglied zwischen virtuellen Gastmaschinen und der Hardware dar.

Wichtig ist, dass moderne Virtualisierungstechnologien nur mit einer bestimmten Prozessorunterstützung funktionieren. Um zum Beispiel Microsofts „Hyper-V Server“ oder Citrix „Xenserver“ einsetzen zu können, muss der Prozessorkern der darunterliegenden Hardware die Erweiterung *Intel VT* oder *AMD-V* besitzen. Aktuell erscheinen alle neuen Prozessoren mit dieser Unterstützung, was Virtualisierung auch für den Heimgebrauch interessant macht.

1.2.2 Virtualisierung

Unter Virtualisierung versteht man die Einführung einer Abstraktionsschicht zwischen Anwender und Benutzer. Dies hat den Zweck, die eigentliche Hardware hinter dieser Schicht zu verstecken und mehreren Anwendern einen gleichzeitigen Zugriff auf die darunter liegende Hardware über die Abstraktionsschicht zu ermöglichen.

Die Abstraktionsschicht agiert hier wie ein Leitwerk und teilt die Anfragen der Anwender auf die darunter liegende Hardware auf. Die Umsetzung dieser Abstraktionsschicht ist von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich (Picht, 2009).

Prinzipiell ist es möglich, jede Art von Hardware „zu virtualisieren“, was bedeutet, einen Zugriff auf diese Hardware über den Hypervisor zu Verfügung zu stellen.

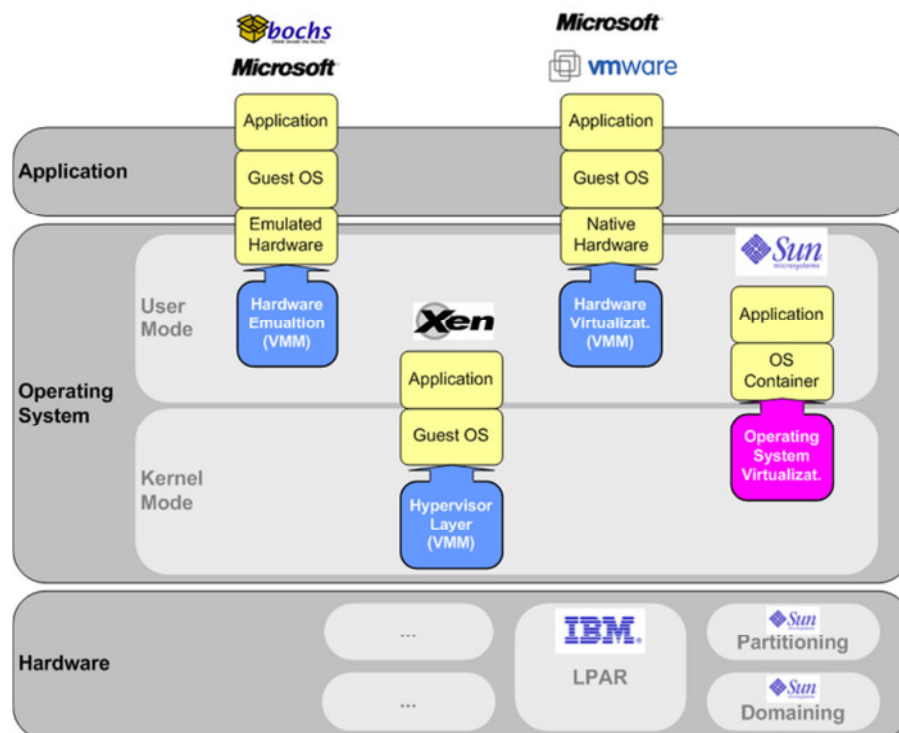


Abbildung 2: Virtualisierungstechnologien (Wikipedia, 2011)

Die Umsetzung von Virtualisierungstechnologien mit Hilfe eines Hypervisors wird von den verschiedenen Anbietern unterschiedlich umgesetzt. Die Unternehmen Microsoft und vmware haben sich für den Einsatz eines *Hosted Hypervisor* entschieden. Im Gegensatz dazu basiert Xenserver, ein Virtualisierungsprodukt des Unternehmens Citrix, auf einem *Bare-metal Hypervisor*.

Einige Beispiele für den Einsatz von Virtualisierungstechnologie (Wikipedia, 2011) sind:

- **CPU¹ Virtualisierung**

Hierbei wird den auf dem Hypervisor laufenden Gastmaschinen CPU Zugriff und CPU Zeit direkt zu Verfügung gestellt. Für die Gastmaschine ist dieser Zugriff völlig transparent. Das Gastsystem erkennt nicht, dass es in einer virtuellen Umgebung läuft und benötigt auch keine zusätzlichen Treiber.

- **Arbeitsspeicher Virtualisierung**

Der Zugriff auf virtualisierte Speicherressourcen ist vergleichbar mit dem Zugriff auf virtualisierte CPU Ressourcen. Auch dieser Zugriff läuft transparent ab. Die größten Vorteile liegen hier in der größeren Flexibilität und einer besseren Ausnutzung von Ressourcen.

Moderne Virtualisierungsumgebungen unterstützen zum Beispiel das dynamische Verändern der Größe der Speicherzuteilung im laufenden Betrieb. So kann zum Beispiel der Gastmaschine bei Bedarf im laufenden Betrieb mehr Arbeitsspeicher zugeteilt werden.

¹ CPU – **C**entral **P**rocesing **U**nit

Des Weiteren kann bei der Verwendung von Speichervirtualisierung der vorhandene Arbeitsspeicher im Server optimal eingesetzt und je nach Bedarf dynamisch auf die Gastmaschinen verteilt werden. Dieses Vorgehen ist effizient und kostensparend und geht auch mit dem Green IT Gedanken konform.

- **Storage Virtualisierung**

Durch Storagevirtualisierung ist es möglich, logische I/O² Requests der Gastmaschinen über den Hypervisor zu poolen und diese Anfragen dann an das gewünschte Storage Subsystem weiterzuleiten. Dies hat den großen Vorteil, dass eine Migration oder ein Recovery³ einer Gastmaschine ganz einfach und schnell durchgeführt werden kann, da die Gastmaschine über den Hypervisor vom Stagesystem entkoppelt ist.

Daher ist zum Beispiel eine Migration auf ein anderes Storage Subsystem oder ein anderes Volume für die Gastmaschine nicht ersichtlich. Die Gastmaschine leitet ihre logischen I/O Request einfach weiterhin an den Hypervisor und der Hypervisor leitet diese Requests an das richtige Storage Subsystem weiter.

- **Desktop Virtualisierung**

Die bereits erwähnten Virtualisierungstechnologien werden in der Desktop Virtualisierung (engl.: VDI – Virtual Desktop Infrastructure) kombiniert. Die Verwendung von VDI bietet einem Unternehmen enorme Vorteile im Vergleich zur klassischen „1 Computer per User“ Methode

² I/O – Input / Output

³ Wiederherstellung nach einem Ausfall

der Clientanbindung. Der wichtigste Vorteil ist die Vereinfachung der laufenden Administration.

Vereinfacht gesprochen bedeutet Desktop Virtualisierung, dass die Clients nicht mehr lokal auf den Computern ausgeführt werden, sondern auf zentralen Servern und am Client nur mehr der Bildschirm angezeigt und Maus und Tastatureingaben aufgenommen werden.

Bei VDI wird dem Client der Zugriff auf seine eigene virtuelle Clientmaschine gewährt. Der Client arbeitet also nicht direkt am Server, sondern auf seiner Clientmaschine mit beispielsweise Windows 7, die auf einem Server bereitgestellt wird. Dies hat den Vorteil, dass diese Vorgehensweise kein mit anderen Usern geteilter Zugriff, sondern ein zugeteilter Einzelplatzzugriff ist. Somit steht dem User während seiner ganzen Arbeitszeit die volle Performace seiner Gastmaschine zu Verfügung und er muss seine Ressourcen nicht mit anderen Usern teilen (Anm.: Dies trifft zu, obwohl die Hardware Ressourcen auf Hypervisorebene geteilt werden)

Zu den administrativen Vorteilen zählen zum Beispiel der einfache Client Rollout, die zentralisierte Clientwartungsmöglichkeit am Server, weltweiter Zugriff auf Clients und vieles mehr. Einer der interessantesten Punkte jedoch ist, dass ein Administrator ein Clientsystem nur einmal komplett installieren muss und dieses dann an tausende User per Knopfdruck verteilen kann. Ist das Template mit den gewünschten Programmen einmal installiert und auf den Server gespielt, kann dieser virtuelle Clientcomputer sooft, wie gewünscht, gestartet werden. Die Anzahl wird nur noch durch den vorhandenen Arbeitsspeicher und andere Hardwarekapazitäten, wie zum Beispiel Storage und CPU Leistung begrenzt.

2. Technische Analyse Cloud Computing

2.1 Definition Cloud Computing

Da der terminus technicus *Cloud Computing* in der Fach- und Marketing-Welt oft als Überbegriff eingesetzt wird, ist es schwierig, eine exakte Definition zu finden, die übergreifend akzeptiert wird.

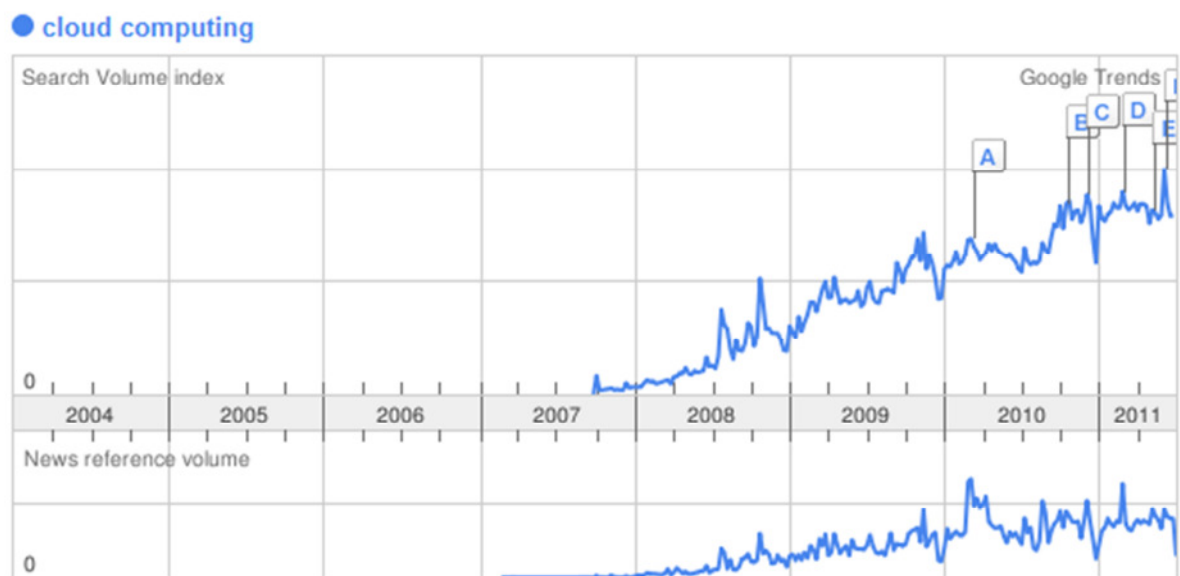


Abbildung 3: Google Trend "Cloud Computing" (Google Inc., 2011)

Besonders Marketingexperten neigen dazu den Begriff *Cloud Computing* exzessiv einzusetzen.

Problematisch dahinter ist jedoch, dass sich die Öffentlichkeit dadurch kein konkretes Bild davon machen kann, was eigentlich Cloud Computing wirklich ist, da in der Werbewelt nahezu alles „Cloud ready“ bzw. „Cloud Computing“ ist. Anhand Abbildung 3: Google Trend "Cloud Computing" ist zu erkennen, dass das Interesse am Suchwort Cloud Computing stetig wächst.

Aus technischer Sicht unterscheiden sich zwar die exakten Definitionen unterschiedlicher Experten, jedoch enthalten die Meinungen folgende Grundzüge, die *auf Cloud Computing* zutreffen (Rhoton, 2010):

- Web basierend
- Verfügbar On-demand
- Als Service angeboten
- Hoch-verfügbar
- Zentralisiert verwaltet
- Skalierbar nach Bedarf
- Basierend auf optimierten Rechenzentren

Im Jahr 2009 versuchten vier Experten für einen Bericht in der ACM Computer Communication Review mit dem Titel *“A Break in the Clouds: Towards a Cloud Definition”* eine allgemeine gültige Definition zum Begriff Cloud Computing zu erstellen. Bei ihren Recherchen fanden sie über zwanzig unterschiedliche Definitionen von anerkannten ExpertInnen zu dem Thema. In einem Versuch, diese Definitionen zu kombinieren stellten sie folgende ausführliche Definition auf:

„Clouds are a large pool of easily usable and accessible virtualized resources (such as hardware, development platforms and/or services). These resources can be dynamically re-configured to adjust to a variable load (scale), allowing also for optimum resource utilization. This pool of resources is typically exploited by a pay-per-use model in which guarantees are offered by the

Infrastructure Provider by means of customized SLAs” (A Break in the Clouds: Towards a Cloud Definition, 2009 S. 2)

Gartner, eines der weltführenden Forschungsunternehmen für Informations-Technologie, definiert *Cloud Computing* in einer kürzeren Version wie folgt:

„Cloud computing is a style of computing where massively scalable IT-related capabilities are provided as a service across the Internet to multiple external customers” (Datacentre Management, 2011 S. 1)

Wie die bereits genannten Definitionen gezeigt haben, handelt es sich bei Cloud Computing also „zu Deutsch“ um “Cloud basierende Datenverarbeitung”. Um zu verstehen, was genau eine Cloud ist und woraus sich diese zusammensetzt, ist es wichtig, folgende Attribute eines Cloud basierenden Systems zu kennen.

2.2 Cloud Computing Attribute

Um zu verstehen, was Cloud Computing von anderen Infrastrukturlösungen unterscheidet, ist es wichtig, die Attribute einer Cloud Computing Lösung zu kennen. Dies bedeutet nicht, dass jedes der folgenden Attribute zwangsweise in jeder Cloud Computing Lösung integriert sein muss. Diese Attribute helfen jedoch bei genauerer Betrachtung, Cloud Computing Lösungen zu erkennen (Rhoton, 2010):

- **Service orientiert**

Der wichtigste Punkt bei der Einführung von Cloud Computing war der Gedanke, dem Endkunden als Service Provider alle Leistungen aus der Cloud als Dienstleistung bzw. Service anzubieten. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Endkunde einen Webserver, ein Client Betriebssystem oder einen Zugriff auf Prozessorleistung oder Storagekapazitäten benötigt.

Ziel war es, eine Plattform zu erstellen, an die der Benutzer eine Anforderung stellt und diese von der Plattform direkt zu Verfügung gestellt bekommt. Die gesamte IT kann so vom Benutzer direkt als Dienstleistung konsumiert werden, wie zum Beispiel andere externe Dienstleistungen wie Buchhaltung oder Steuerberatung.

- **Elastizität**

Eine der größten Vorteile von *Cloud Computing* ist die einfache Skalierbarkeit des angebotenen Dienstes. Der Benutzer kann die Anforderungen an seinen genutzten Dienst schnell ändern und diese Änderungen auch schnell übernehmen. Sollte der Benutzer z.B. mehr Prozessorleistung bzw. Arbeitsspeicher für seinen gehosteten Server benötigen, so kann er diese Anforderung an den Cloud Provider stellen und aus der Cloud werden automatisch die benötigten Ressourcen bereitgestellt.

- **Flexible Verrechnung**

Ein weiterer großer Vorteil liegt im flexiblen Verrechnungsmodell von *Cloud* basierenden Dienstleistungen. Der Benutzer bezahlt nur mehr für die Ressourcen, die er auch wirklich benötigt und nutzt. Hier gibt es unterschiedliche Verrechnungsmethoden. Von der Verrechnung der tatsächlich verbrauchten Ressourcen bis zur Verrechnung von monatlichen Benützungsgebühren ist alles möglich. Der wesentliche Unterschied zu früheren Verrechnungsmodellen ist, dass wirklich fein abgestimmte Verrechnungen von Ressourcen, bis z.B. hinunter zur verbrauchten CPU Zeit, möglich sind.

- **Virtualisierung**

Cloud Computing Lösungen basieren massiv auf Hardware Virtualisierung. Dies ist nötig, um die eingesetzte Hardware effektiv auszulasten und den gleichzeitigen Betrieb von mehreren Appliances oder Systemen auf einem physikalischen Rechner zu ermöglichen. Die virtuellen Gastmaschinen in der Cloud haben hierbei keinen direkt Zugriff auf die bestehende Hardware sondern leiten ihre Zugriffe durch einen sogenannten Hypervisor, der die Zugriffe der Gastmaschinen auf die physische Hardware verwaltet und steuert. So können zum Beispiel den Systemen auch dynamisch im laufenden Betrieb Ressourcen zugeteilt und entfernt werden.

- **Universaler Zugriff**

Hauptaugenmerk bei der Entwicklung von Cloud Computing Systemen wurde ebenfalls auf die einfache Zugänglichkeit der Dienste gelegt. Da die angebotenen Dienste in der Cloud zentralisiert angeboten werden, musste der Zugriff auf die Ressourcen einfach über das Internet möglich sein. Deshalb haben sich die Entwickler der meisten Cloud Lösungen für eine einfache Zugriffsmöglichkeit ihrer Systeme über einen Webbrowser entschieden. Somit ist es möglich, permanent auf seine Dienste ortsunabhängig über das Internet zuzugreifen.

2.3 Cloud Architektur

Eine der wichtigsten Merkmale jeder Cloud Lösung ist der starke Focus auf Service Orientierung. Jede Funktion, die aus der Cloud heraus angeboten wird, soll den Endkunden als Dienstleistung erreichen und dies möglichst ohne viel administrativen Aufwand und on-demand. Die Architektur muss diese Anforderungen bestmöglich abdecken und unterschiedliche Funktionalitäten für verschiedene Einsatzmöglichkeiten bereitstellen.

2.3.1 SPI Modell

Um ein Cloud System abzubilden wurde das SPI Modell eingeführt. SPI stellt hierbei ein Akronym für die drei häufigsten eingesetzten Cloud basierenden Service Modelle dar (Williams, 2010):

- **Software as a Service (SaaS)**
- **Platform as a Service (PaaS)**
- **Infrastructure as a Service (IaaS)**

Wie man erkennen kann, wird auch in der Namensgebung der drei Service Modelle die starke Service Orientierung eines Cloud Systems unterstrichen. Folgende Übersicht zeigt klassische Vertreter der einzelnen Service Modelle.

- Salesforce.com (SaaS)
- Google App Engine (PaaS)
- Amazon Elastic Compute Cloud EC2 (IaaS)

Die größten Unterschiede zwischen den einzelnen Klassen des SPI Modells besteht im Grad der Optimierung eines Services, und im Grad der Flexibilität, den dieses Service bietet.

Natürlich gibt es auch Services, die sich nicht ganz in eine Klasse einteilen lassen. Diese Hybride besitzen dann Eigenschaften aus zwei unterschiedlichen Klassen. Um den Einstieg in das Thema Cloud Computing jedoch möglichst einfach zu gestalten, werden diese Services hier nicht näher erläutert.

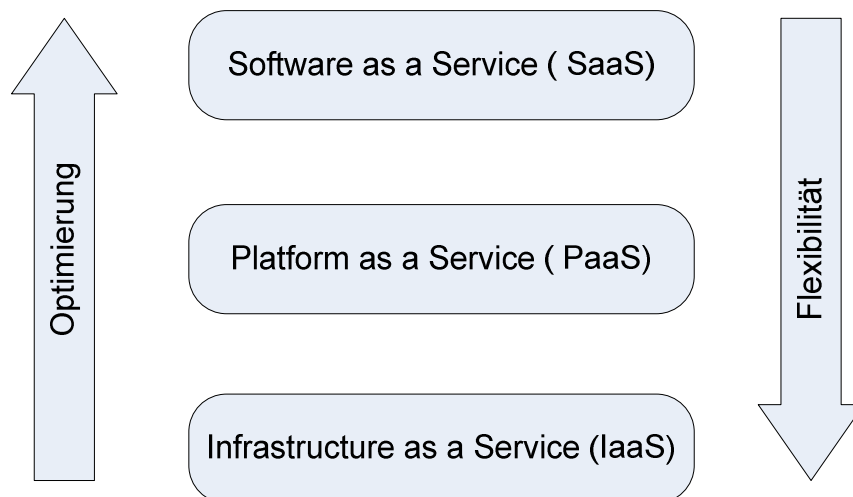


Abbildung 4: SPI Stack

Der in der Informatik in vielen Gebieten verbreitete und eingesetzte Stack Aufbau wird auch in der Modellierung der Serviceklassen eines Cloud Systems eingesetzt. Abbildung 4: SPI Stack zeigt die Einteilung der Service Klassen.

Des Weiteren zeigt sie, wie unterschiedlich die einzelnen Service Klassen sind und wie diese, zumindest theoretisch, auf einander aufbauen. Im Laufe dieser

These werden diese drei Layer noch genau vorgestellt. Produkte aus der **SaaS Klasse** bieten einen hohen Grad an Optimierung, bei einem gleichzeitig geringen Grad an Flexibilität.

In diesen Bereich fallen unter anderem gehostete Softwarelösungen wie Salesforce ERP⁴ oder Microsoft Hosted Exchange Lösungen. Hier gibt es nur bestimmte Erweiterungs- und Konfigurations-Möglichkeiten und die Systeme können nicht komplett an die Anforderungen eines Konsumenten angepasst werden. Klassische Vertreter dieser Klasse sind Mail- und Kommunikations-Lösungen sowie CRM⁵ und Groupware Lösungen (Rhoton, 2010).

Auf der entgegengesetzten Seite des Stacks befindet sich die **IaaS Klasse**. Diese Klasse bietet ein Maximum an Flexibilität bei einem Minimum an Optimierung. Vorteil an dieser Klasse ist, dass durch diese beinahe jeder mögliche Anwendungsfall abgedeckt werden kann. Typischerweise wird dem Endkunden in dieser Klasse Zugriff auf Low Level Ressourcen, wie zum Beispiel CPU Leistung, Storagekapazität und Speicherressourcen gewährt.

Auf diesen Ressourcen kann der Endkunde dann, wie auf eigenen physikalischen Servern gewohnt, seine gewünschten Systeme und Services aufsetzen. Der Vorteil dieser Klasse liegt natürlich bei den Einsatzmöglichkeiten. Zu den größten Nachteilen dieser Klasse gehört jedoch der erhöhte Administrationsaufwand (Rhoton, 2010).

Einen Mittelweg zwischen den bereits genannten Klassen bietet die **PaaS Klasse**. Hier wird dem Kunden eine fertige Umgebung angeboten, in die er seine Applikation einbetten kann. Diese Klasse ist zum Beispiel für Softwareentwickler sehr interessant, da deren Fokus auf der Entwicklung von Applikationen liegt, und diese sich nicht mit der Administration von Systemen (IaaS) beschäftigen wollen. Des Weiteren wollen die Entwickler flexibel bleiben und sich oft nicht an ein bestimmtes Produkt koppeln (SaaS) (Rhoton, 2010).

⁴ ERP – Enterprise Resource Planning

⁵ CRM – Customer Relationship Management

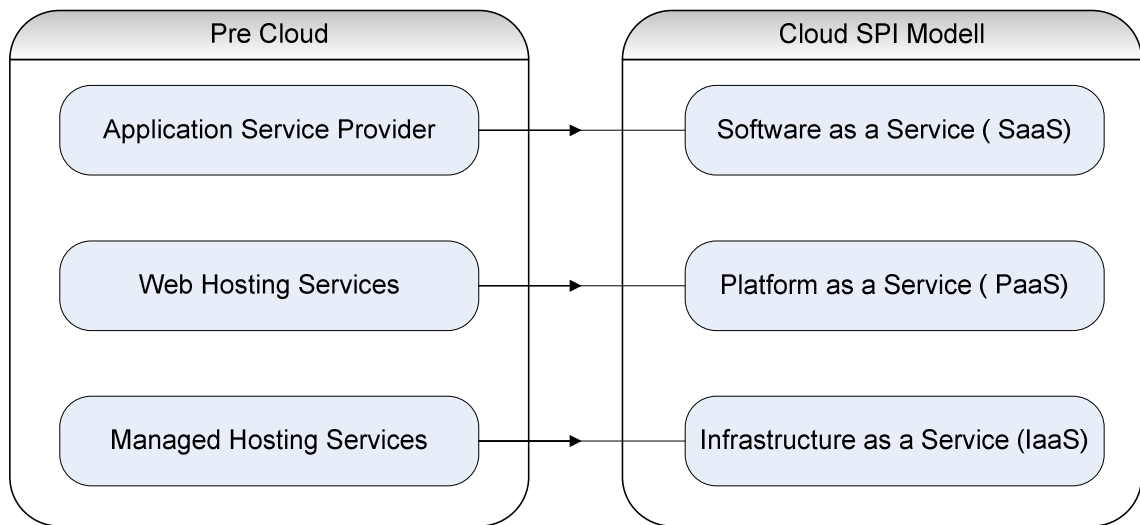


Abbildung 5: Ursprung des SPI Modells (Rhoton, 2010)

Interessant ist, aus welchen bereits vor dem Cloud Zeitalter bestehenden Produkten sich die drei Layer des SPI Stacks entwickelt haben. Abbildung 5: Ursprung des SPI Modells zeigt diese Verbindungen auf.

2.3.2 Organisatorische Unterscheidung

Das im vorherigen Kapitel vorgestellte SPI Modell betrachtet Cloud Computing und dessen Komponenten aus einem technischen Blickwinkel. Diese Einteilung allein genügt jedoch nicht, um die Architektur einer Cloud vollständig abzubilden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Unterscheidung der Organisationsform einer Cloud. Diese unterscheidet sich je nach Größe der Cloud und je nach Einsatzgebiet.

Insgesamt unterscheidet man zwischen drei großen Organisationsformen, die ebenfalls noch in Untergruppen unterteilt werden können (Williams, 2010):

- **Private Cloud**

Eine Organisationsform wird als Private Cloud bezeichnet, wenn sich der Anbieter der Cloud und seine Nutzer im selben Netz bzw. im selben Unternehmen befinden. Aus strategischer Sicht unterstützt diese Form einer Cloud primär die firmeninternen Geschäftsprozesse und generiert keinen zusätzlichen Profit, zum Beispiel durch das Anbieten von Dienstleistungen nach Extern.

- **Public Cloud**

Eine Organisationsform wird als Public Cloud bezeichnet, wenn die Cloud von beliebigen Benutzern, egal ob Organisations-Intern oder – Extern benutzt werden kann. Der Zweck einer solchen Organisationsform ist nicht die reine Unterstützung der unternehmensinternen Geschäftsprozesse, sondern das Anbieten von Dienstleistungen nach außen. Aus einer unternehmensstrategischen Sicht wird diese Organisationsform zur Profitgenerierung eingesetzt und ist somit auch in einem eigenen Profitcenter zugeteilt.

- **Hybrid Cloud**

Unter einer Hybrid Cloud versteht man eine Organisationsform, in der die Ansätze der beiden bereits genannten Formen vereint werden. So können zum Beispiel gewisse Dienstleistungen der Cloud nur unternehmensintern und manche Dienstleistungen unternehmensextern angeboten werden.

2.3.3 Aufbau einer Cloud

Generell handelt es sich bei Clouds im Rahmen von Cloud Computing um in sich geschlossene Systeme. Innerhalb dieses geschlossenen Systems können Server nach Belieben platziert werden.

Diese Server übernehmen Aufgaben, die dem Kunden nach extern angeboten werden. Dabei kann es sich zum Beispiel um Web-Server⁶, Mail-Server⁷, oder File-Server⁸ handeln. Die Art der eingesetzten Ressource spielt für die Cloud an sich keine Rolle. Jedes beliebige System kann in die Cloud integriert werden. Dem Kunden wird, über spezielle Zugriffspunkte, der Zugriff auf die Ressourcen in der Cloud gewährt.

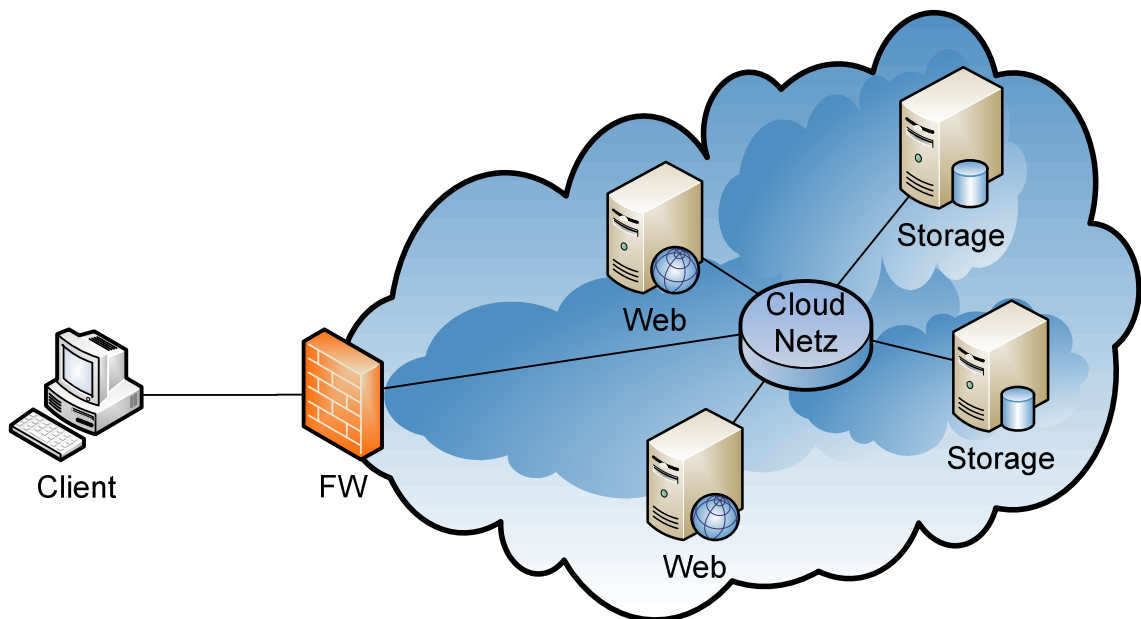


Abbildung 6: Cloud Aufbau

⁶ Web-Server: Bietet die Möglichkeit, Homepages darzustellen.

⁷ Mail-Server: Bietet die Möglichkeit, den E-Mail Verkehr abzuwickeln.

⁸ File-Server: Bietet die Möglichkeit, Daten abzurufen und zu speichern.

Abbildung 6: Cloud Aufbau zeigt einen vereinfachten, typischen Aufbau einer Cloud Infrastruktur und den Zugriff darauf. Jede Art von Daten, egal ob Dateien, Betriebssystem Images oder Datenbanken können innerhalb der Cloud bereitgestellt werden.

Bei einer realen Umsetzung gibt es meist eine Vielzahl von Zugriffspunkten und integrierten IT-Systemen. Dieses Modell hilft jedoch beim Verständnis, worum es bei Cloud Computing eigentlich geht: Die Schaffung eines zentral verwalteten, hochverfügbaren Systems, das in sich geschlossen ist, und seine Dienstleistungen nach außen, an die Kunden, anbietet.

2.4 SPI Modell im Detail

Dieses Kapitel soll einen genauen Einblick in die drei bereits erwähnten Schichten des SPI Modells geben. Hierbei wird aus Komplexitätsgründen ein bottom-up Ansatz verwendet und mit der untersten Schicht des SPI Modells begonnen.

2.4.1 Infrastructure as a Service (IaaS)

Wie in Kapitel 2.3.1 SPI Modell erwähnt, besitzt diese Klasse ein Maximum an Flexibilität. Des Weiteren kann man diese Klasse auch als die simpelste aller drei Klassen bezeichnen. Hier wird einem Endkunden direkter Zugriff auf Hardware Ressourcen gestattet. Der Endkunde kann diese Hardware nutzen, ohne große Anschaffungskosten zahlen zu müssen und kann diese nach Bedarf einsetzen.

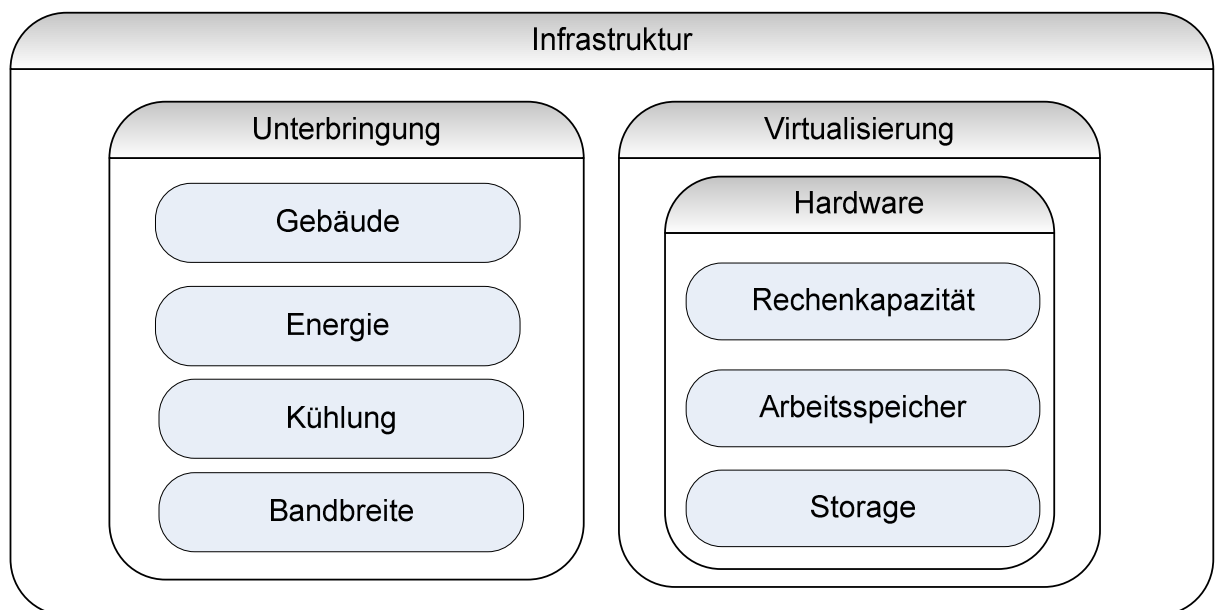


Abbildung 7: Infrastruktur im Sinne von IaaS (Rhoton, 2010)

Um genau zu verstehen welche Dienstleistungen unter IaaS fallen, muss zuerst definiert werden, was genau unter „Infrastructure“ verstanden wird. Abbildung 7: Infrastruktur im Sinne von IaaS zeigt eine Übersicht der Infrastrukturelemente. Wie man aus der Abbildung erkennen kann, spielt die Virtualisierung eine entscheidende Rolle. Der Zugriff auf die darunter liegende Hardware wird über den Hypervisor verwaltet und überwacht.

Unterbringung

Die auf der linken Seite von Abbildung 7: Infrastruktur im Sinne von IaaS erwähnten Elemente werden schon länger von kommerziellen Rechenzentren angeboten. Diese alleine als Cloud Computing zu bezeichnen, würde zu weit gehen, dennoch sind diese grundlegenden Bausteine zum Aufbau einer Cloud Infrastruktur zwingend notwendig.

Zum Betrieb moderner Hochleistungscomputersysteme sind Überlegungen zum Thema Energie und Kühlung schon in der Planungsphase essentiell. Wichtige Punkte bei diesen beiden Themen sind unter anderem die Ausfallsicherheit und die ausreichende Versorgung mit Strom und Kühlung. Ein Ausfall einer dieser beiden Komponenten kann die eingesetzte Hardware bleibend schädigen und somit einen operativen Ausfall von mehreren Tagen nach sich ziehen. Daher setzen moderne Rechenzentren, wie zum Beispiel das Interxion Rechenzentrum in Wien 21, alles daran, eine konstante Versorgung ihrer Kunden mit Energie und Kühlung zu gewährleisten. Dies wird durch die redundante Ausführung aller Kühl- und Stromzuführungen umgesetzt.

Neben den bereits erwähnten beiden Punkten ist ein weiterer Faktor für moderne Cloud Systeme essentiell: Die Bandbreite und die Connectivity. Wichtig ist, dass zu jeder Zeit Uplinks zu mehreren Internet Service Providern vorhanden sind. Somit wird gewährleistet, dass, sobald es zu einem Ausfall bei

einem ISP⁹ kommt, der gesamte Datenverkehr über einen anderen ISP oder einen anderen Uplink abgehandelt werden kann. Für den Betrieb eines Rechenzentrums oder einer Cloud ist es essentiell, dass eine konstante Anbindung an das Internet gewährleistet ist.

Virtualisierung

In den letzten Jahren hat eine bestimmte Technologie den Weg für viele weitere Innovationen im Bereich der Informationstechnologie geebnet: Die Virtualisierung. Manche Forscher sehen die Einführung dieser Technologie als einen Meilenstein an, wie zum Beispiel die Einführung des IBM-PC in den neunzehnhundertsiebziger Jahren.

Wie in Kapitel 1.2.2 Virtualisierung angeführt wurde, können, zum Beispiel, folgende Hardwarekomponenten virtualisiert werden:

- Rechenkapazität
- Arbeitsspeicher
- Storage

Alle diese Ressourcen können von einem Cloud Provider im Rahmen eines IaaS Produktes angeboten werden. Der Kunde kann sich aus diesem Portfolio die gewünschten Ressourcen aussuchen und aus diesen sein Wunschsystem in der Cloud konfigurieren.

⁹ ISP – Internet **S**ervice **P**rovider

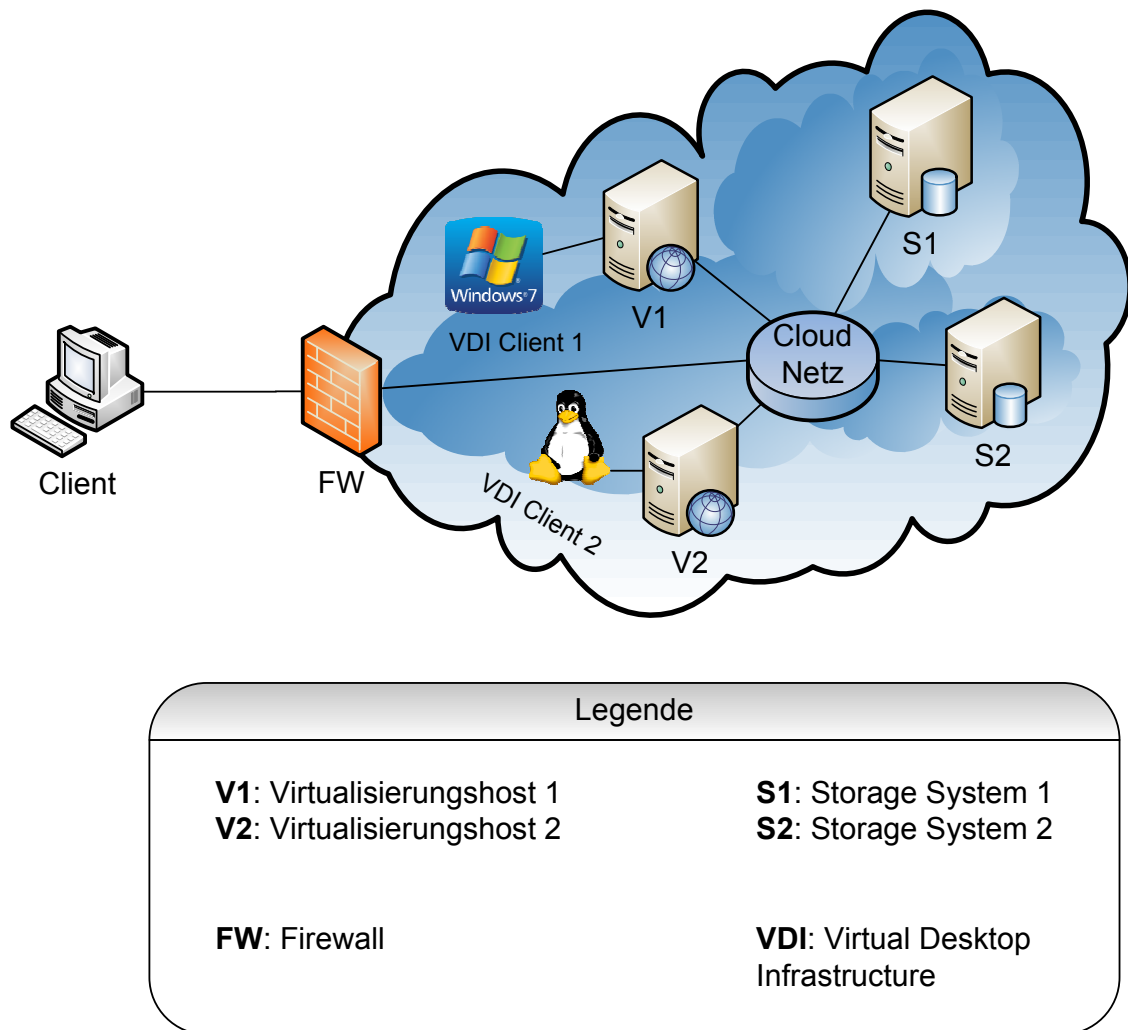


Abbildung 8: Virtualisierungsszenario

Einsatzszenario:

Auf V1 läuft in einer VDI eine Windows 7 Gastmaschine, auf diese sich der Client verbinden kann. Die zugehörige Festplatte für VDI Client1 liegt auf dem Storage System S1. Da der Client jedoch auch Zugriff auf eine Linux Umgebung benötigt, läuft auf V2 der VDI Client 2. Hier liegt die Datendisk auf dem Storagesystem S2.

Dieses einfache Beispiel zeigt, dass die Flexibilität eine der größten Errungenschaften von modernen Cloud Computing Systemen ist. Hier kann innerhalb von Sekunden zwischen zwei Betriebssystemumgebungen gewechselt werden, ohne nur einmal etwas zu installieren.

2.4.2 Platform as a Service (PaaS)

Die Kategorie *Platform as a Service* wurde entwickelt, um einen derzeitigen Trend in der Informationstechnologie abdecken zu können: Den Aufstieg der Webapplikationen. Aktuell besteht der Trend, Softwarelösungen webbasierend zu gestalten, egal ob es sich um ein ERP System, eine zentralisierte Computerverwaltung oder andere Dienstleistungen handelt, auf die über das Internet zugegriffen werden kann. Die treibende Kraft hinter dieser Entwicklung ist natürlich die permanente Erweiterung des Internetangebots und die Möglichkeit, überall auf der Welt darauf zugreifen zu können.

Das Ziel bei *Platform as a Service* ist, einer Webapplikation eine optimierte, auf Cloud Technologie basierende Umgebung zu bieten. Diese Umgebung dient als Container, der die gängigsten Webapplikationsentwicklungssprachen kennt und unterstützt. Der Entwickler kann seine Webapplikation darin einfügen, um sie innerhalb des Containers in der Cloud laufen zu lassen. Sobald die Applikation in der Cloud integriert ist, gelten für sie die in Kapitel 2.2 Cloud Computing Attribute angeführten Vorteile (Rhoton, 2010).

Zu den bekanntesten PaaS Providern gehören zum Beispiel Google App Engine oder Windows Azure Services.

Folgende Programmier- bzw. Scriptsprachen für Webdevelopments werden bei ihnen unterstützt:

- Visual Basic, C#
- Ruby
- Java
- Perl
- PHP

Wichtig ist, dass die Entscheidung für einen PaaS Provider gut überlegt getroffen werden muss, da bei der Entwicklung von Applikationen bestimmte Richtlinien des Providers zu befolgen sind. Diese Richtlinien sind bei den verschiedenen Anbietern oft unterschiedlich. Hier besteht also die Gefahr eines Lock-in Effekts, da die Applikationen nicht einfach von einem Betreiber zu einem anderen übertragen werden können. Des Weiteren müssen PaaS Container auch gewisse Vorgaben erfüllen, um in der Cloud betrieben werden zu können. Folgende Beispiele zeigen einige dieser Vorgaben, die in den Richtlinien des Providers zur Applikationsentwicklung festgehalten werden (Rhoton, 2010):

- Nicht alle verfügbaren Library Features können eingesetzt werden. Bestimmte Libraries werden komplett ausgeschlossen.
- Bei der Abhandlung von Requests müssen bestimmte Maximalgrößen eingehalten werden
- Nur bestimmte Laufzeitumgebungen sind verfügbar.

Prinzipiell könnte jede Webapplikation auch innerhalb eines IaaS Systems laufen. Der Entwickler müsste sich jedoch seinen Webserver selbst aufsetzen und diesen auch selbst verwalten bzw. warten. Dies würde zu einem Wartungsoverhead für den Entwickler führen. Daher werden diese minimalen Abstriche von PaaS von einem Großteil der Entwickler akzeptiert und PaaS Anbieter wie Google mit Google App Engine können ihre Marktanteile laufend erweitern.

Neben den Einschränkungen bietet zum Beispiel Google App Engine den Entwicklern auch einige Vorteile, wie zum Beispiel (Rhoton, 2010):

- **Authentifizierung**

Applikationen innerhalb von App Engine können direkt Google Accounts zur User Authentifizierung verwenden.

- **Mailing**

Applikationen können direkt über Google's Maildistributionsnetzwerk E-Mails verschicken.

- **URL-Fetch**

Applikationen können direkt Ressourcen aus dem Internet anfragen und einbinden. Hier wird auf Google's Suchmechanismus zur Seitenabfrage zurückgegriffen.

2.4.2 Software as a Service (SaaS)

Die Software as a Service Klasse hat einen wesentlichen Unterschied im Vergleich zu den anderen beiden Klassen: Die Zielgruppe. Infrastructure as a Service und Plattform as a Service zielen primär auf Systemadministratoren und Entwickler, die ihre Cloudservices einsetzen um zum Beispiel einen Server zu installieren oder eine Webapplikation zu starten. Im Gegensatz dazu ist die

Zielgruppe für Software as a Service Produkte der Endkunde bzw. Verbraucher selbst. Hier benötigt der Anwender kein technisches Know How um SaaS Produkte einsetzen zu können. Der Endverbraucher kann diese zumeist webbasierenden Produkte im Webbrowser öffnen und mit diesen interagieren, als ob die Software auf seinem Computer selbst installiert wäre (Williams, 2010).

Der Einsatz von SaaS vereinfacht die Verwendung von Software für den Endkunden massiv. Der Verbraucher braucht sich nicht mehr um die Installation, Konfiguration und Wartung von Software kümmern. Dies ist nun Aufgabe des Providers. Auch die Lizenzierung der Software und der Einkauf und die Verwaltung von Hardware liegt jetzt im Aufgabenbereich des Providers. Der Benutzer bezahlt jetzt nur mehr für die Benützung der Software selbst. Dies kann zum Beispiel nach Zeit(Monats- und Jahrespauschalen), nach Verbrauch (Bandbreite und Speicherkapazitäten) oder nach einem anderen Modell geschehen. Für den Endverbraucher bedeutet der Einsatz von SaaS die beinahe völlige Flexibilität. Aus unternehmerischer Sicht reduziert der Einsatz von SaaS die Fixkosten bei der Verwaltung der IT, und der Bedarf von großen Kapitalinvestitionen in die IT Landschaft des Unternehmens wird ebenfalls reduziert. Im Optimalfall fällt der Bedarf von großen Kapitalinvestitionen in die IT komplett aus.

Wichtig bei der Anwendung von externen SaaS Applikation ist die verfügbare Bandbreite und die Connectivity, die permanent gegeben sein muss. Die Internetanbindung eines Unternehmens muss daher auf den Einsatz von SaaS Applikationen ausgelegt sein, da es sonst zu Ausfällen bzw. zu Performanceproblemen kommen kann. Sollte die SaaS Applikation im Unternehmen selber in einer private Cloud gehostet werden, trifft das Problem mit der Internetanbindung nicht zu. Am häufigsten werden SaaS Produkte in folgenden Bereichen eines Unternehmens eingesetzt (Rhoton, 2010):

- **Customer Relationship Management**

Eines der bekanntesten CRM Tools im SaaS Feld ist die Sales Cloud von Salesforce.com. Dieses browserbasierende Tool bietet alle Möglichkeiten um Kunden effizient und schnell betreuen zu können. Dazu gehört zum Beispiel eine Kontaktdatenbank, eine Übersicht über verfügbare Marketing Tools, Zugriff auf Analysen und Prognosen und vieles mehr.

- **Human Ressource Management**

In diesem Bereich bietet zum Beispiel das Unternehmen Taleo mit seinem Produkt „Taleo Business Edition“ ein umfangreiches Talentmanagement Programm für die Mitarbeiter eines Unternehmens an. Durch diese Business Suite werden die Bereiche Mitarbeiter Rekrutierung, Mitarbeiter Einführung, Mitarbeiter Performance, Mitarbeiter Kompensation, Mitarbeiter Weiterbildung und Mitarbeiter Analyse abgedeckt.

- **Financial Management**

Als Beispiel für ein SaaS Tool im Finance Bereich dient das Produkt „NetSuite Financials“ des Unternehmens NetSuite. Mit dieser SaaS Lösung lässt sich zum Beispiel die Finanzplanung eines Unternehmens verwalten, das Bestellwesen abhandeln und das Lager und die Zulieferprozesse verwalten. Da NetSuite auch ERP Dienstleistungen in der Cloud anbietet und auch noch weitere Business Solutions im Produktportfolio besitzt, bietet es sich an, NetSuite in all den bis jetzt beschriebenen Einsatzgebieten einzusetzen.

2.5 Technische Risiken von Cloud Computing

Der Einsatz von Cloud Computing bringt für den Konsumenten auch einige Risiken mit sich, die vor der Entscheidung für den Einsatz von Cloud Computing evaluiert werden müssen. Da es sich bei Cloud Computing um ein Informationstechnologiesystem handelt, gelten für die Cloud grundlegende Risiken, die für jedes andere IT System ebenfalls gelten. Zusätzlich zu diesen Basisrisiken kommen jedoch, je nach Einsatz einer Public- oder einer Private-Cloud, noch zusätzliche Risiken, die sich durch den Einsatz von Cloud Computing ergeben.

Wichtig hierbei ist, dass man als Unternehmen beim Einsatz von Cloud Computing die Absicherung seiner IT nicht mehr in der eignen Hand hat, sondern dem Cloud Provider und seiner Sicherheitspolitik vertrauen muss. Bevor jedoch die Risiken des Einsatzes von Cloud Computing weiter erläutert werden können, muss zuerst ein Verständnis für die Basisrisiken der Informationstechnologie geschaffen werden.

Zu den Basisrisiken in der Informationstechnologie zählen (Krutz, et al., 2010):

- **Abhören**

Bei dieser netzwerkbasierenden Attacke werden Informationen, die über ein Netzwerk, wie zum Beispiel dem Internet, übertragen werden, von einem unautorisierten Dritten abgehört. Zu diesen Informationen können vertrauliche Dokumente, Passwörter oder sonstige geheimen Daten gehören. Diese Informationen werden im Anschluss häufig vom Angreifer genutzt, um dem Angriffsziel weiter zu schaden.

- **Betrug**

Nachdem der Angreifer ein System erfolgreich abgehört bzw. Daten gesammelt hat, werden diese Daten oft dazu benützt, betrügerische Aktionen gegen die Benutzer eines Systems zu richten. Ein klassisches Beispiel hierfür ist das sogenannte „Phishing“ bei Onlinebankingzugängen. Hier wird ein User dazu genötigt seine Onlinebanking Zugangsdaten auf einer Homepage einzugeben, die zwar wie die Homepage der Bank des Kunden aussieht, in Wahrheit aber eine vom Angreifer gehostete Homepage ist. Sobald der Benutzer seine Zugangsdaten eingibt, fängt der Angreifer diese ab und benützt diese dann für eine illegale Transaktion.

- **Diebstahl**

Nachdem ein Angreifer erfolgreich in ein System eingedrungen ist, besteht für ihn die Möglichkeit zu vielfältigem Diebstahl. Dazu zählen Informationsdiebstahl, Identitätsdiebstahl, oder der Diebstahl von Geschäftsgeheimnissen (Industriespionage). Auch der Diebstahl von Hardware bzw. Software an sich, aus dem Büro oder aus dem Rechenzentrum, fällt unter diesen Punkt

- **Sabotage**

Für einen Angreifer gibt es prinzipiell eine Vielzahl an Möglichkeiten um ein IT System zu sabotieren. Prinzipiell wird unterschieden zwischen externer und interner Sabotage. Bei externer Sabotage versucht, zum Beispiel, ein externer Angreifer, den normalen Zugriff auf ein System, mittels einer Denial of Service (DoS) Attacke, zu unterbinden. Bei dieser Attacke wird das Zielsystem mit einer Vielzahl von Anfragen quasi

überflutet. Das System stößt dann an seine Kapazitätsgrenzen und kann die Anfragen nicht mehr abarbeiten. Von interner Sabotage wird gesprochen, wenn zum Beispiel ein frustrierter Mitarbeiter mutwillig Produktivsysteme stört bzw. diese zerstört.

Wie bereits erwähnt, sind moderne IT Systeme permanent durch diese Risiken bedroht. Im Normalfall setzen die IT-Sicherheitsbeauftragten jedes Unternehmens geeignete Techniken ein, um ihre IT Landschaften bestmöglich gegen Angreifer abzusichern. Hierzu werden Technologien wie Firewalls, Intrusion Detection Systeme, Verschlüsselungssysteme und weitere Technologien wie zum Beispiel physische Zugangsbeschränkungen eingesetzt.

Beim Einsatz von Cloud Computing sind jedoch zusätzliche Aspekte in der Planung der Sicherheitsrichtlinien zu beachten. Dies ergibt sich primär daraus, dass Cloud Systeme (außer der Private Cloud) durch permanente Anbindung an das Internet und Zugriffsmöglichkeiten aus dem Internet auch einem erhöhtem Gefahrenpotenzial aus eben dem Internet ausgesetzt sind.

2.5.1 Spezielle Risiken durch Einsatz von Public- bzw. Hybrid-Clouds

Bei den Sicherheitsaspekten von Cloud Computing muss zwischen dem Einsatz einer Private oder einer Public bzw. Hybrid Cloud unterschieden werden. Da Private Clouds nur eine Erweiterung der eigenen IT Landschaft darstellen, trifft hier auch die unternehmensinterne Sicherheitspolitik zu. Private Clouds können somit im unternehmenseigenen Rechenzentrum zum internen Einsatz für interne Mitarbeiter ohne große Änderungen der Sicherheitspolitik schnell eingesetzt werden.

Beim Einsatz von Public- bzw. Hybrid-Clouds sind einige besondere Sicherheitsaspekte zu beachten. Diese Sicherheitsaspekte unterscheiden sich in Abhängigkeit davon ob man die Cloud als Provider für Kunden betreibt, oder ob man als Unternehmen Kunde eines Cloud Providers ist.

2.5.1.1 Besondere Risiken als Cloud Provider

Das wichtigste Ziel eines Cloud Providers muss der Schutz der Kundendaten und somit der Cloud an sich sein. Ein Cloud Provider muss seine Cloud Architektur so planen, dass die Vertraulichkeit, die Integrität und die Verfügbarkeit der Kundendaten zu jedem Zeitpunkt gewährleistet ist.

Da die Cloud permanent im Internet verfügbar ist, ergeben sich für mögliche Angreifer eine Vielzahl von Angriffsvektoren auf das System. Zusätzlich ergeben sich durch den Aufbau einer Cloud an sich einige Probleme. Diese Aufzählung soll einen Überblick über die wichtigsten Risiken bieten. Alle möglichen Risiken aufzuzählen würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen (Krutz, et al., 2010):

- **Komplexe Konfiguration**

Eine der größten Nachteile beim Einsatz von Virtualisierungstechnologie ist die Steigerung der Komplexität des Gesamtsystems durch Einführung der Virtualisierungsschicht. Durch die Virtualisierung von komplexen Server- Netzwerk- und Storage-Systemen steigert sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Konfigurationsfehlern und Sicherheitslücken.

- **Steigerung der Benutzerrechte**

Beim Einsatz von virtualisierten Systemen, die auf einem physikalischen Server konsolidiert sind, besteht eine spezielle Möglichkeit eines Angriffs. Dieser Angriff läuft in mehreren Phasen ab. In der ersten Phase könnte sich ein Angreifer Zugriff auf ein schlecht abgesichertes virtuelles System auf den Server verschaffen. In der zweiten Phase könnte der Angreifer dann einen Angriff auf eine besser abgesicherte virtuelle Maschine, die auf demselben Server liegt, durchführen. Dieser Angriff würde also intern von der einen virtuellen Maschine über den Hypervisor des Servers auf die andere virtuelle Maschine ausgeführt. Diese Art von Angriff ist schwer verhinderbar.

Dem Angreifer kann diese Angriffsart nur durch ein striktes und gut durchdachtes Systemdesign und gut abgesicherte Server erschwert werden.

- **Schlechte Abbildung von Benutzerrechten**

Da auf Systeme innerhalb einer Cloud oft von mehreren Personen aus mehreren geographischen Teilen der Welt zugegriffen wird, ergeben sich oft Probleme bei der exakten Abbildung von Benutzerrechten. Der Zugriff auf eine Ressource kann zum Beispiel nicht für ein bestimmtes IP-Adressen Segment erlaubt oder an eine gewisse Tageszeit gebunden werden. Diese Einschränkung würde einen Großteil der Cloud Computing Vorteile zunichtemachen. Das Problem mit der exakten Definierung von Zugriffsrechten kann es Angreifern erlauben, diese Tatsache zu ihren Gunsten auszunützen.

- **Hypervisor als Single Point of Failure**

Als Single Point of Failure wird der Teil eines komplexen technischen Systems verstanden, dessen Ausfall einen Ausfall des Gesamtsystems nach sich zieht. Sollte es einem Angreifer gelingen in den Hypervisor einzudringen, könnte dies einen Ausfall aller auf diesem Hypervisor laufenden virtuellen Gastmaschinen nach sich ziehen

2.5.1.2 Besondere Risiken als Public- bzw. Hybrid-Cloud Benutzer

Als Cloud Benutzer kommen zu den bereits erwähnten Basisrisiken wie beim Provider noch spezielle Risiken hinzu, die beachtet werden müssen. Natürlich stellen die in Kapitel 2.5.1.1 Besondere Risiken als Cloud Provider beschriebenen Risiken auch ein Risiko für die Benutzer einer Cloud dar, der Kunde hat jedoch auf die Absicherungsmaßnahmen gegen diese Risiken keinen Einfluss. Hier muss der Provider alle nötigen Maßnahmen setzen.

Für den Kunden gibt es jedoch andere Punkte, die beim Einsatz einer Public- bzw. Hybrid-Cloud beachtet werden müssen (Krutz, et al., 2010):

- **Ausfall des Cloud Providers**

Für den Einsatz von externen Cloud Providern ist es wichtig, eine Regelung zu besitzen, was passiert, wenn es zum Ausfall des Providers kommen sollte. Diese Regelungen werden in den sogenannten Service Level Agreements (SLA) beschrieben. Hier legt der Provider fest, welche Verfügbarkeit seines Dienstes er dem Kunden anbietet und welche Strafmaßnahmen vom Kunden ergriffen werden können, wenn diese Vorgaben an die Verfügbarkeit nicht eingehalten werden. In diesen SLAs wird also quasi ein Qualitätsstandard für den Cloud Service definiert. Amazon garantiert zum Beispiel für seine EC2 Cloud eine jährliche

Verfügbarkeit von mindestens 99,95%. Diese Verfügbarkeit entspricht einer maximalen jährlichen Ausfallszeit von 43,8 Stunden.

- **Ausfall des Internet Uplinks am Unternehmensstandort**

Mindestens genauso wichtig, wie die Absicherung der Verfügbarkeit des Cloud Providers ist die Absicherung der Verfügbarkeit Internetanbindung des Unternehmens. Sollte dieser ausfallen, kann auf die Systeme in der Cloud nicht mehr zugegriffen werden. Dies würde einem Totalausfall der Cloudinfrastruktur gleichkommen. Daher ist es wichtig ebenfalls mit dem Internetprovider einen SLA mit mindestens genau derselben Verfügbarkeitsstufe wie dem Cloud Provider abzuschließen.

- **Verschlüsselung vertraulicher Unternehmensdaten**

Beim Einsatz von Public- bzw. Hybrid-Clouds muss der Kunde verstehen, dass er seine Daten nun zu einem Externen auslagert. Daher ist es wichtig zu gewährleisten, dass diese Daten nicht im Klartext in der Cloud gespeichert werden, und kein Externer darauf zugreifen kann. Sollten die Daten Geschäftsgeheimnisse oder andere wichtige Informationen enthalten, wäre ein Zugriff auf diese durch einen Externen fatal. Daher ist es essentiell, dass alle Daten, die an den Cloud Provider übertragen werden, verschlüsselt sind. Diese Maßnahme schützt die Vertraulichkeit der Daten. Ein weiterer Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass durch den Einsatz moderner Verschlüsselungsalgorithmen auch die Integrität der Daten sichergestellt wird. Dies bedeutet, dass die Daten vor der Veränderung durch Dritte geschützt werden.

- **Authentifizierung und Autorisierung**

Das Problem der Abbildung der Benutzerrechte besteht sowohl beim Kunden als auch beim Provider. Bei der Implementierung komplexere IT Landschaften innerhalb einer Cloud ist das interne Systemdesign enorm wichtig. Hier muss sichergestellt werden, dass User nur auf die Ressourcen zugreifen können, auf welche sie auch dürfen. Hier ist wichtig, dass an den Schnittstellen zwischen Unternehmen und Cloud zwei Dinge eindeutig festgestellt werden. Zuerst gilt es, bei jedem Benutzer genau festzustellen, wer er ist (Authentifizierung). Im zweiten Schritt muss festgestellt werden, auf welche Ressourcen der Benutzer zugreifen darf (Autorisierung). Dem Benutzer müssen dann im Anschluss die richtigen Ressourcen zugeteilt werden.

- **User Fehler**

Beim Einsatz von Cloud Computing ist es nicht auszuschließen, dass ein System in der Cloud zu einem Zeitpunkt durch einen vom User verursachten Fehler, durch einen Virus oder ein anderes Schadprogramm verseucht wird. Hier ist es wichtig, dass die Systeme in der Cloud auch intern ausreichend abgesichert sind, um ein auftretendes Problem isolieren zu können.

3. Strategische Analyse Cloud Computing

Nachdem im vorherigen Kapitel die wichtigsten technischen Aspekte zum Thema Cloud Computing erläutert wurden, liegt der Focus in diesem Kapitel auf der strategischen Analyse des Themas. Hierbei sollen Vorteile und strategische Herausforderungen durch den Einsatz von Cloud Computing genauso wie finanzielle Überlegungen erläutert werden. Nach Durchsicht dieses Kapitels soll dem Leser ein guter Überblick über die strategischen Aspekte des Einsatzes von Cloud Computing im Unternehmen geboten werden.

Dieses Kapitel startet mit der Betrachtung der strategischen Vorteile und mit den strategischen Herausforderungen, die der Einsatz von Cloud Computing mit sich bringt. Nachdem diese strategischen Kriterien genau betrachtet worden sind, werden Empfehlungen abgegeben, wie die Vorteile bestmöglich ausgenutzt und Risiken bestmöglich minimiert werden können.

Im Anschluss daran zeigt eine Übersicht, welche Auswirkungen der Einsatz von Cloud Computing auf die Unternehmensstrategie hat, und wie diese für den Einsatz von Cloud Computing optimiert werden kann.

Den Abschluss dieses Kapitels bildet eine Übersicht, welche anderen Möglichkeiten außer Cloud Computing es für Unternehmen gibt, um ihre IT zu modernisieren. Hier werden als Beispiel die Fokussierung auf die in-House IT Dienstleistungen und klassisches Outsourcing dienen.

3.1 Strategische Vorteile

Welche technischen Vorteile der Einsatz von Cloud Computing mit sich bringt, wurde in dieser Arbeit bereits detailliert beschrieben. Neben diesen technischen Vorteilen gibt es jedoch auch einige wichtige strategische Vorteile für den Einsatz in Unternehmensnetzwerken. Einige der wichtigsten Punkte für den Unternehmenseinsatz von Cloud Computing sind Vorteile bei der Kostenstruktur, Vorteile bei der Agilität und Vorteile bei der Fokussierung auf das Kerngeschäft.

Neben diesen und anderen strategischen Vorteilen gibt es natürlich auch einige strategische Herausforderungen. Diese Herausforderungen spiegeln sich auch teilweise in den bereits erwähnten technischen Risiken wieder. Zu den strategischen Herausforderungen zählen unter anderem die Abhängigkeit vom Internetanschluss sowie Probleme für das Controlling durch die Dezentralität.

Grundsätzlich gilt jedoch, dass für jedes Unternehmen selbst ein Evaluierungsprozess nötig ist um genau abwägen zu können, welche Vor- und Nachteile für das jeweilige Unternehmen zutreffend sind. In Spezialfällen könnte zum Beispiel keiner der hier angeführten Vorteile zutreffen. Dies gilt es immer in Kooperation mit der IT Abteilung im Vorfeld abzuklären.

Die hier beschriebenen Vorteile und Herausforderungen ergeben sich primär beim Einsatz von Public Cloud Diensten. Dies ergibt sich daraus, dass ein Großteil der Vorteile und Herausforderungen nur zur Geltung kommen, wenn ein Unternehmen sich auf sein Kerngeschäft konzentriert, und die IT, die bisher eine Unterstützung der Geschäftsprozesse darstellte, auslagert (das gilt natürlich nicht für Unternehmen im IT-Bereich). Dies bedeutet nicht, dass die hier angeführten Punkte für Private- bzw. Hybrid-Clouds nicht zutreffen. Hier kann es nur zu Einschränkungen in den Vorteilen bzw. den Herausforderungen kommen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden schon einige Vorteile aufgezeigt, die sich durch den Einsatz von Cloud Computing ergeben. Dieses Kapitel soll einige strategische Vorteile näher beleuchten.

Dabei wird auf keine spezielle Unternehmensgröße eingegangen. Die hier angeführten Vor- und Nachteile gelten prinzipiell für jede Unternehmensgröße. Im letzten Teil dieser Arbeit wird ein praktisches Beispiel für die Umsetzung einer Cloud Strategie für ein kleines Unternehmen angeführt.

3.1.1 Kosten

Eine der wichtigsten strategischen Vorteile beim Einsatz von Cloud Computing bildet der Kostenfaktor. Der Einsatz von Public Clouds bietet in diesem Bereich gleich mehrere Vorteile. Als erstes entfällt die massive Investition von Kapital in betriebseigene Hardware und Softwarelizenzen.

Bei der Auslagerung der Unternehmensprozesse in die Cloud, werden im Unternehmen selbst nur mehr wenige bzw. keine Server mehr benötigt. Der größte Vorteil hierbei ist, dass neben den Hardwarekosten für Server, auch die Kosten für die Unterbringung und den Betrieb der Server, wie Kühlung und Strom, eingespart werden.

Wichtig für den laufenden Betrieb ist jedoch eine funktionierende Netzwerkinfrastruktur sowie Clients für die Anwender. Diese ist jedoch zumeist in den Unternehmen bereits vorhanden und stellen somit keine zusätzlichen Kosten für den Einsatz von Cloud Computing dar.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die bereits installierten Clients zum Einsatz mit Cloud Computing oft noch jahrelang weiter verwendet werden können. Da auf den Clients nur mehr die Darstellung des Bildschirms und die Aufnahme der Maus- und Tastatureingaben geschehen, benötigen diese keine großen Kapazitäten mehr.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Steigerung der Effizienz, des für die IT eingesetzten Kapitals. Dies kann am bestens durch folgendes Beispiel erklärt werden:

In einer klassischen Unternehmensstruktur besitzt die Division der Sparte X mehrere Unterabteilungen. Der Divisionsleiter bekommt ein Budget für die IT seiner Division zugeteilt. Dieses muss er auf die untergeordneten Abteilungen aufteilen. Anfang des Jahres benötigt Abteilung 1 für ein Projekt zusätzliche IT-Kapazitäten. Ein neuer Server wird angeschafft. Da moderne Server einen enormen Leistungsumfang besitzen, schafft es Abteilung 1 nicht, den neuen Server voll auszunützen. Mitte des Jahres benötigt Abteilung 2 der Division Y, ebenfalls neue Kapazitäten. Da sich jedoch der Divisionsleiter der Sparte Y nicht vom Divisionsleiter der Sparte X in die Karten schauen lassen will, wird für Abteilung 2 auch ein neuer Server angeschafft. Natürlich schafft auch Abteilung 2 es nicht den neuen Server vollkommen auszulasten. Fazit: Es wurden 2 Server angeschafft, die beide unterbenützt sind. Der Return on Investment in dieser Situation ist natürlich suboptimal.

Im Gegensatz zu diesem schlechten Ressourceneinsatz in der klassischen IT Landschaft, steht das Cloud Computing Modell. Optimal, basierend auf Cloud Computing, wäre in dieser Situation folgendermaßen vorgegangen worden:

Für Abteilung 1 werden beim Cloud Provider des Unternehmens genau die Ressourcen beantragt, die die Abteilung auch benötigt. Nach einer kurzen Testphase wird evaluiert, ob die angeforderten Ressourcen genügen oder ob diese aufgestockt werden müssen. Abteilung 1 zahlt entweder eine monatliche bzw. jährliche Pauschale oder lässt sich den Ressourcenverbrauch in Rechnung stellen. Sollten die Ressourcen nicht mehr benötigt werden, können diese beim Cloud Provider einfach gekündigt werden. Genau die gleiche Vorgehensweise wird bei Abteilung 2 durchgeführt.

Mit dieser Vorgehensweise werden die vorhandenen Ressourcen optimal eingesetzt und auch die Kostenzuordnung ist genauer und transparenter als zuvor. Dieses Beispiel zeigt die durch Cloud Computing stattgefundene Transformation der IT zu einem reinen Service. Dieser Service kann konsumiert werden wie jede andere Dienstleistung auch.

Dieser Servicegedanke bringt noch einen weiteren Vorteil: Die Kosten können nun genauer und transparenter dem Umsatz zugeordnet werden. Auch hierfür ist ein Beispiel hilfreich:

Ein Unternehmen stellt einen neuen Mitarbeiter ein. Im ersten Monat sind die Kosten für den neuen Mitarbeiter überproportional hoch: Für den neuen Mitarbeiter muss die IT einen neuen Arbeitsplatz schaffen usw. In den Folgemonaten sind die Initialkosten nicht mehr sichtbar. Dies verzerrt die Kostenbilanz. Durch den Einsatz von Cloud Computing und der monatlichen Abrechnung des Arbeitsplatzes samt Lizenzkosten werden diese Kosten quasi zu weiteren Lohnnebenkosten. Somit wird die Zuteilung des Umsatzes, den ein Mitarbeiter bringt, zu den Kosten, die er verursacht, akkurater.

Neben den bereits genannten Punkten ist auch der Entfall der nötigen Wartungen für die eigene IT-Infrastruktur ein wichtiger Punkt. Diese Kosten liegen beim Einsatz von Cloud Computing beim Service Provider. Auch die Kosten für die eigene IT Abteilung werden, je nach Einsatzmodell von Cloud Computing, verringert. Beim ausschließlichen Einsatz von SaaS Produkten, die vom Provider wartungsfrei angeboten werden, verringert sich der Bedarf an eine interne IT-Abteilung auf ein Minimum.

Zur übersichtlichen Darstellung werden die drei größten strategischen Vorteile beim Einsatz von Cloud Computing hier noch einmal wiederholt (Baye, 2009):

- Minimierung der Investitionen in die eigene IT-Infrastruktur
- Steigerung der Kapitaleffizienz des IT-Budgets
- Transparenz der Umsatzkosten

Ein praktisches Beispiel zur Kostenkalkulation wird in Kapitel 3.5 Total Cost of Ownership (TCO) Analyse aufgeführt.

3.1.2 Fokussierung auf das Kerngeschäft

Bei der Fokussierung auf das Kerngeschäft handelt es sich um einen Vorteil, der sowohl beim Einsatz von Cloud Computing, als auch beim klassischen Outsourcing zutrifft. Jedoch bietet die Cloud einige zusätzliche Vorteile. Dazu zählen zum Beispiel die Zuteilung von Ressourcen nach Bedarf durch den Endkunden und die schnelle Skalierungsmöglichkeit.

Neben der Kostenreduzierung für IT Dienste stellt die Fokussierung auf das Kerngeschäft einen der wichtigsten Vorteile bei der Auslagerung der IT dar. Unternehmen, deren Kerngeschäft nicht im IT Bereich liegt, können enorme Vorteile daraus ziehen, ihre IT in die Cloud auszulagern.

Die Organisationsstruktur profitiert durch den schnelleren und effizienteren Einsatz von Ressourcen innerhalb der Cloud, und die Agilität des Gesamtunternehmens wird gesteigert. Gleichzeitig können frei gewordene Kapazitäten, durch den Einsatz von Cloud Computing, effektiver zur Umsatzgenerierung im Kerngeschäft genutzt werden.

Des Weiteren kann durch den Einsatz von Cloud Computing die Reaktionszeit auf Marktveränderungen reduziert werden. Langwierige Entscheidungsprozesse zur Anschaffung des „richtigen“ IT-Systems werden verhindert und Ressourcen können nach Bedarf angefordert oder aufgelöst werden.

3.1.3 Flexibilität

Ein weiterer wichtiger strategischer Vorteil ist die Flexibilität, die der Einsatz von Cloud Computing mit sich bringt. Mittels Cloud Computing ist es möglich, die IT Infrastruktur schnell und nach Bedarf an Änderungen im Geschäftsmodell anzupassen. Nicht mehr benötigte Ressourcen können schnell aufgegeben, und benötigte Mehrkapazitäten sind beim Cloud Provider on demand verfügbar.

Diese Möglichkeiten bringen zum Beispiel bei nachfrageorientierten Geschäftsmodellen sowie bei Start-Ups einen klaren Wettbewerbsvorteil. Da bei diesen beiden Gruppen nicht genau klar ist, was der nächste Tag bringt, muss auch die IT bedarfsgerecht skalieren.

Eine optimale Umsetzung des Geschäftsmodells in diesen Bereichen ist durch den Einsatz von Cloud Computing möglich, da klassische IT Organisationen viel langsamer in der Umsetzung der Bedürfnisse eines Unternehmens sind.

Mit Cloud Computing ist es möglich, die gesamte IT-Landschaft eines Unternehmens, von ein paar Servern an einem Tag bis zu ein paar Dutzend Servern am nächsten Tag zu skalieren. Für die Abdeckung solcher Lastspitzen werden nur die tatsächlich benötigten Ressourcen auch bezahlt. Sollten am nächsten Tag wieder weniger Kapazitäten benötigt werden, werden die eingesetzten Ressourcen einfach wieder zurückgefahren. Diese Vorgehensweise trägt einen großen Teil zur Verminderung der versunkenen Kosten in einem Unternehmen bei.

Auch in der Markteinführungsphase neuer Produkte kann der Einsatz von Cloud Computing wichtige Wettbewerbsvorteile schaffen. Die Vorbereitungsphase, in der Ressourcen für die Markteinführung akquiriert und zugeteilt werden müssen, kann durch Cloud Computing Technologien enorm verkürzt werden. Durch Cloud Computing wird das Unternehmen an sich agiler, und neue Ideen und Innovationen können schneller umgesetzt werden.

Einen weiteren Vorteil bringt die Erhöhung der Produktivität der Mitarbeiter durch die Möglichkeit, weltweit auf ihren Arbeitsplatz und ihre Dokumente zuzugreifen. Auch die Kommunikation unter den Mitarbeitern an sich wird durch die Möglichkeit der weltweiten Vernetzung verbessert

Folgende Übersicht zeigt noch einmal die wichtigsten strategischen Vorteile im Bereich der Flexibilität (Besanko, et al., 2007):

- Skalierbarkeit der IT-Landschaft
- Agile Unternehmens-Struktur und -Kultur
- Schnelle Reaktion auf sich verändernde Märkte möglich

3.1.4 Service-Qualität und ausgelagertes Risiko

Ein weiterer strategischer Vorteil für die Auslagerung der IT-Infrastruktur in die Cloud ist die Qualität des Services. Für die meisten Unternehmen gilt, dass ein Cloud Provider die Aufgabe der ständigen Wartung der Clients, die Umsetzung der Backupstrategie sowie die Aufrechterhaltung des Betriebs besser erledigen wird als die interne IT-Abteilung.

Dies liegt unter anderem daran, dass sich Cloud Provider hier durch Vorteile im Bereich *economies of scale* besser positionieren. Dies ist möglich, da Provider sich auf das Anbieten dieser Services spezialisiert haben. Hier arbeiten viele

Menschen jeden Tag daran, den Kunden die besten Backup-Pläne, die beste Wartung und das beste Systemmonitoring zu bieten. Diesem Einsatz von Humankapital haben interne IT-Abteilungen meist nichts entgegenzusetzen (Besanko, et al., 2007).

Doch es gibt bei der Auslagerung nicht nur Vorteile im Bereich der Qualität. Das implizierte Risiko bei der Betreuung von IT-Systemen wird ebenfalls an den Provider ausgelagert. Dieser haftet vertraglich für den einwandfreien Betrieb der Systemlandschaft. Sollte es zu einem Ausfall oder anderen Problemen kommen, kann das Unternehmen beim Provider Schadensersatz geltend machen.

Neben dem Risiko des Ausfalls einiger kritischer Systeme wird auch das Risiko fataler Fehlinvestitionen durch Fehleinschätzungen im Bereich der IT reduziert. Als Beispiel hierfür kann der Kauf ein komplexen IT-Systems angeführt werden, das nach einem Jahr nicht mehr den Anforderungen eines Produktes entspricht. Durch den modularen Aufbau der Systeme in einer Cloud können die betroffenen Systeme innerhalb von Stunden bis Tagen auf das neue Einsatzgebiet umgerüstet werden.

3.2 Strategische Herausforderungen

Neben den strategischen Vorteilen beim Einsatz von Cloud Computing, gibt es natürlich auch einige Herausforderungen, die zu beachten sind. Obwohl die Einführung von Cloud Computing mit immensen Vorteilen verbunden sein kann, hat eine Umfrage unter den führenden CIOs¹⁰ ergeben (Babcock, 2010), dass diese den wirklichen Wert von Cloud Computing als zu gering schätzen oder einfach nicht wechseln wollen.

Eine Analyse dieser Umfrage hat ergeben, dass ein großer Teil der CIOs zuerst abwarten will, ob sich Cloud Computing wirklich durchsetzen kann. Ein weiterer Grund für die Zurückhaltung beim Einstieg in das Thema Cloud Computing, war laut Umfrage auch das fehlende Fachwissen zu diesem Thema. Dabei kann diese Technologie gerade für Unternehmen, die in der Anfangsphase dieses Trends Cloud Computing einsetzen, enorme Wettbewerbsvorteile bringen. Daher ist eine Analyse der Ist-Situation im Unternehmen äußerst wichtig. Anhand dieser Ist-Situation kann dann evaluiert werden, ob es sich lohnt, den Schritt zur Cloud Technologie zu wagen.

3.2.1 Kostenstruktur

Wichtig für die Entscheidung der Transformation einer bestehenden IT-Infrastruktur in eine neue Infrastruktur sind immer die entstehenden Kosten für die Migration. Auch die Anpassung der bestehenden Applikationen von einem traditionellen IT-System auf ein Cloud basierendes System kann versteckte Kosten mit sich bringen.

Des Weiteren können bereits getätigte Investitionen in bereits bestehende Infrastruktur eine emotionale Hürde für den Wechsel zu einem Cloud Provider darstellen. Wichtig hierbei ist, dass die historischen Kosten einer Infrastruktur für eine strategische Neuausrichtung eines Unternehmens völlig irrelevant sind.

¹⁰ CIO – Chief Information Officer

Das bereits installierte System wurde zumeist schon von einem erarbeiteten Finanzierungsplan in der Vergangenheit finanziert und hat somit für strategische Entscheidungen, die die Zukunft betreffen, keine Relevanz.

Eine weitere Herausforderung für den Umstieg zu einem Cloud Provider können bestehende Verträge mit einem IT Service Provider sein. Aus diesen Verträgen kann meist nicht ohne Strafzahlung verfrüht ausgestiegen werden. Auch die Kosten einer möglichen Strafzahlung müssen bei der Überlegung zum Umstieg mitkalkuliert werden.

3.2.2 Sicherheit und Risiko

Neben dem Kostenfaktor stellt der Sicherheits- und Risiko-Faktor eine der größten Herausforderungen beim Wechsel zu Cloud Computing dar. Die technischen Risiken wurden im Rahmen dieser Arbeit schon detailliert vorgestellt. Die wichtigste Frage, die im Punkt Sicherheit von jedem Unternehmen beantwortet werden muss, ist: „Vertraue ich dem Cloud Provider genügend, um ihm meine unternehmensinternen Daten anzuvertrauen?“.

Der Prozess hinter der Beantwortung dieser Frage kann sich für ein Unternehmen als langwierig herausstellen. Im Rahmen dieses Prozesses müssen Unternehmen und Cloud Provider sich einander annähern und mögliche Spielregeln für eine Zusammenarbeit definieren.

Sollte dieser Evaluierungsprozess positiv ablaufen und ein Rahmenwerk für die Zusammenarbeit entstanden sein, bleibt jedoch immer ein nicht kalkulierbares Restrisiko. Dieses Restrisiko besteht aus zwei wichtigen Punkten: Der Insolvenz des Cloud Providers und dem sogenannten Lock-in Effekt. Bei einer Insolvenz des Cloud Providers kann es für die Kunden schwierig sein, noch Zugriff auf seine Daten zu erhalten.

Als Lock-in Effekt wird der Zustand bezeichnet, bei dem ein Kunde seine Infrastruktur auf den Einsatz eines Providers ausgelegt hat und der Wechsel zu einem anderen Provider durch massive Migrationskosten erschwert wird. Der Kunde ist also durch die Anpassung seiner Infrastruktur an die des Cloud Providers in der Cloud des Providers „eingesperrt“.

3.2.3 Organisatorische Veränderungen

Sollte sich ein Unternehmen für die Auslagerung der IT-Infrastruktur in die Cloud entscheiden, bringt dies auf jeden Fall Änderungen in der Organisationsstruktur des Unternehmens mit sich. Wenn ein oder mehrere Prozesse an einen Externen ausgelagert werden, kann dies personelle Veränderungen mit sich bringen.

Das Management des Unternehmens muss sich dieser Herausforderung stellen und geeignete Pläne für die Mitarbeiter erstellen, die von dieser Umstrukturierung betroffen sind. Dies bedeutet nicht zwangsweise, dass alle betroffenen Mitarbeiter gekündigt werden müssen. Es muss jedoch gemeinsam mit den Mitarbeitern ein Prozess gestartet werden, in dem die Mitarbeiter ihr Einsatzfeld verändern oder jedoch das Unternehmen verlassen.

Doch nicht nur die Mitarbeiter eines Unternehmens, das sich für den Einsatz von Cloud Computing entscheidet, sind betroffen. Auch die Geschäftsprozesse, die von der Umstellung betroffen sind, müssen meist neu strukturiert werden. Dies ist wichtig, um die Unternehmenskultur langfristig zu prägen und um wirklich alle Vorteile der Cloud Computing Technologie nutzen zu können.

3.2.4 Change Management

Die bereits angeführten Herausforderungen zeigen, dass der Prozess zur Evaluierung des Einsatzes von Cloud Computing komplex sein kann. Nachdem die Entscheidung zum Einsatz von Cloud Computing gefallen ist, ist es jedoch wichtig, einen Beauftragten zu benennen, der den Wandel von der aktuell eingesetzten IT-Struktur hin zu Cloud Computing überwacht.

Dieser Beauftragte (und sein Team) muss die volle Unterstützung des Unternehmensmanagements besitzen und er dient während des ganzen Prozesses als Ansprechpartner für Fragen einerseits aus dem Unternehmen und andererseits von Seiten des Providers. Nur eine permanente Aufsicht des Transformationsprozesses kann bösen Überraschungen nach der Umsetzung vorbeugen.

3.3 Strategische Empfehlungen

Der „richtige“ Weg, zum Einsatz von Cloud Computing, wird sich für jedes Unternehmen anders darstellen. Die Ansprüche und Voraussetzungen jedes Unternehmens an die Cloud sind unterschiedlich. Daher lassen sich keine allgemeinen Regeln ableiten, was in puncto Cloud Computing „gut“ oder „schlecht“ ist.

Dennoch wurden im Rahmen dieser Arbeit technische sowie strategische Aspekte aufgeführt, die aus Sicht des Autors dieser Arbeit unbedingt zu beachten sind. Die angeführten Aspekte besitzen für einen Großteil der Unternehmen Gültigkeit. Natürlich bestimmen auch in puncto Cloud Computing Ausnahmen die Regel. Aus der strategischen Analyse des Themengebiets Cloud Computing, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurde, lassen sich einige grundlegende Empfehlungen ableiten. Diese Empfehlungen werden in diesem Kapitel vorgestellt (Rhoton, 2010).

3.3.1 Vorbereitung

Der erfolgreiche Einsatz der Cloud Technologie in einem Unternehmen hängt von einer ausgiebigen Evaluierungsphase ab. In dieser Evaluierungsphase werden die Bedürfnisse des Unternehmens ermittelt und mit den Angeboten des Providers abgestimmt. Aus einer erfolgreichen Evaluierungsphase sollten der gewünschte Cloud Provider und die gewünschten Partnerschaftsbedingungen im Rahmen eines SLA Konstrukts hervorgehen.

Da der Einsatz von Cloud Computing nicht nur technische Veränderungen mit sich bringt sind im Rahmen der Evaluierungsphase auch Pläne für die Veränderung der Geschäftsprozesse bzw. für die Veränderung der Organisationsstruktur zu entwerfen.

Als Faustregel gilt, dass es nie zu früh ist den Einsatz von Cloud Computing im Unternehmen zu überdenken. Eine längere Planungsphase erleichtert den späteren Einstieg in die Cloud Technologie. Von Vorteil ist, dass sich unternehmenskritische Aspekte, die in einer Evaluierung überprüft worden sind, oft langsamer verändern, als die technischen Möglichkeiten in der Cloud. So haben die Ergebnisse der Unternehmensanalyse oft längere Gültigkeit und können so auch zu einem späteren Zeitpunkt mit den technischen Neuerungen in der Cloud kombiniert werden.

3.3.2 Laufende Strategieevaluierung

Die meisten erfolgreichen Unternehmen haben einen laufenden Prozess, in dem die strategische Positionierung des Unternehmens am Markt und der Wettbewerb evaluiert werden. Im Rahmen dieses Prozesses werden auch neue Marktfelder evaluiert, und es wird versucht, Produkte für die Bedürfnisse der Kunden zu schaffen.

Für ein Unternehmen, das ein Commitment zur Cloud Computing Technologie besitzt, ist es wichtig, die strategischen Möglichkeiten von Cloud Computing in diesen Strategieevaluierungsprozess einzubinden. In diesem Prozess muss Cloud Computing als ein Tool gesehen werden, das bedarfsgerecht eingesetzt werden kann. Dabei kommen vor allem die Vorteile bei der Agilität und der Flexibilität beim Einsatz von Cloud Computing zur Geltung.

Der Einsatz von Cloud Computing kann die Art und Weise verändern, wie Unternehmen sich strategisch positionieren. Um dies zu ermöglichen, müssen jedoch die Entscheidungsträger in einem Unternehmen Cloud Computing als strategische Möglichkeit erkennen und verstehen, diese einzusetzen. Daher ist es wichtig, dass sowohl Führungskräfte im IT-Bereich als auch CIOs sich mit dem Thema Cloud Computing befassen und verstehen was hinter dem Begriff Cloud steckt.

So kann Cloud Computing sowohl als taktische Maßnahme als auch als strategische Lösung für sich schnell ändernde Märkte verstanden werden. Doch auch nach der Entscheidung, Cloud Computing einzusetzen und im laufenden Betrieb eines Cloud Systems muss die verwendete Strategie laufend evaluiert werden. Dies sollte mindestens einmal im Jahr geschehen. Da es sich bei Cloud Computing um eine äußerst agile Technologie handelt, können sich schon nach einem Jahr produktiven Einsatzes neue Möglichkeiten ergeben.

Wichtig ist, dass Cloud Computing als Teil einer langfristigen strategischen Planung der IT gesehen wird. Bei Cloud Computing handelt es sich nicht um einen Trend, der schnell eingeführt und dann wieder vergessen werden kann. Das volle Potential von Cloud Computing kann erst dann ausgeschöpft werden, wenn die Technologie optimal in die Unternehmenskultur und die strategische Planung eingebunden ist.

3.3.3 Modernisierung der IT – Infrastruktur

In jedem Unternehmen kommt einmal der Zeitpunkt, an dem alte Infrastrukturen erneuert werden müssen. Deshalb ist es wichtig, den Einsatz von Cloud Computing bereits im Vorfeld evaluiert zu haben, um bei der Erneuerung der Infrastruktur die Möglichkeit abwägen zu können, Cloud Computing einzusetzen.

Hierfür muss es im Unternehmen eine aktuelle Übersicht über alle laufenden IT-Systeme und deren Anwendungen geben. Auf Basis dieser Übersicht kann dann entschieden werden, welche Systeme ausgelagert werden können, welche Systeme optimiert werden müssen oder welche Systeme nicht ausgelagert werden können.

Ein optimales Controlling der IT-Systeme schafft somit die Voraussetzung für die Evaluierung einer Modernisierungslösung. Wie die Beispiele in dieser Arbeit gezeigt haben, gibt es bei der Modernisierung der IT im Großen und Ganzen

drei Möglichkeiten: Die Realisierung durch die interne IT – Abteilung, das Outsourcing an einen externen Service Provider und das Outsourcing in die Cloud.

Wichtig ist, dass bei der Entscheidungsfindung, welche Modernisierungsart die Richtige ist, die Kosten für alle drei Modelle berechnet werden. Neben den Kosten müssen auch die Migrationskosten sowie andere Aspekte berücksichtigt werden.

Jedoch kann der Punkt „Modernisierung der IT – Infrastruktur“ in der Führungsetage eines Unternehmens, dessen Kerngeschäft nicht in der IT liegt, zu hitzigen Debatten führen. CEOs¹¹ und CFOs¹² sehen meist den Bedarf für die Erneuerung der IT nicht gegeben und erwarten zu meist einfach eine Steigerung der Produktivität, durch Einsatz der verfügbaren Systeme. Hier gilt es von Seiten des IT-Verantwortlichen (CIO) Aufklärungsarbeit zu leisten und die Vorteile des Umstieges auf Cloud Computing hervorzuheben. Besonders hervorzuhebende Vorteile von Cloud Computing für die Management-Etage sind:

- Keine versunkenen Kosten durch Hardware Beschaffung
- Größere Transparenz der Kosten
- Höhere Kapitalrentabilität (Return on Asset)

¹¹ CEO – Chief Executive Officer

¹² CFO – Chief Financial Officer

3.4 Strategische Alternativen zu Cloud Computing

Natürlich bietet Cloud Computing nicht die Lösung für jedes technische Problem und für manche Geschäftsmodelle lässt sich diese Technologie gar nicht anwenden. Dennoch ist es interessant, Cloud Computing mit den Alternativen unter Begutachtung diverser Kriterien zu vergleichen.

Heute gibt es, wenn die IT-Infrastruktur eines Unternehmens erneuert werden soll, prinzipiell drei Möglichkeiten der Umsetzung:

- Interne IT Infrastruktur
- Outsourcing an externe Service Provider
- Umsetzung in der Cloud

Um diese drei Möglichkeiten miteinander vergleichen zu können, müssen diese anhand bestimmter Blickwinkel begutachtet werden. Die Betrachtungspunkte setzen sich aus folgenden Punkten zusammen:

- **Bedarf vom Kapitalinvestitionen**

Unter diesem Punkt wird evaluiert, wie groß der Bedarf einer großen Kapitalinvestition für die gewünschte Infrastrukturlösung ist. Bei diesem Punkt steht die Umsetzung durch interne IT-Abteilung am letzten Platz. Hier fällt ein großer Teil der Kosten bereits an, bevor die Infrastruktur überhaupt betrieben werden kann. Beim klassischen Outsourcing fällt vergleichsweise ein moderater Betrag am Beginn der Umsetzung an. Führend bei diesem Kriterium ist die Cloud basierende Lösung. Hier fallen keine Setup Gebühren an.

- **Laufende Kosten**

Die laufenden Kosten einer IT-Infrastruktur sind unbedingt zu beachten. Problematisch ist, dass eine exakte Berechnung in diesem Bereich schwer fällt. Bei der Umsetzung der IT-Dienstleistungen durch die interne IT-Abteilung müssen neben den Kosten für die Hardware auch Kosten für die Betreuung der Infrastruktur sowie andere Kosten, wie Strom und Kühlung, miteinbezogen werden.

Die laufenden Kosten, die durch Outsourcing entstehen, sind meist höher als die Kosten für den laufenden Betrieb durch die interne IT-Abteilung. Dennoch bringt Outsourcing den Vorteil, dass durch den höheren Preis, der gegenüber der internen Lösung bezahlt wird, auch das Risiko ausgelagert ist. Des Weiteren ist durch SLAs genau festgelegt, was geliefert wird und welcher Qualität diese Dienstleistung zu unterliegen hat.

Ähnlich verhält es sich bei den laufenden Kosten von Cloud Computing Lösungen. Auch hier ist genau definiert, was für die laufenden Kosten geliefert wird. Generell lässt sich sagen, dass Cloud Lösungen im Standardanwendungsfall die geringsten laufenden Kosten besitzen. Dies kann sich jedoch ändern, wenn eine Applikation besonders viel Datentransfervolumen oder äußerst viel Speicherplatz benötigt.

Daher lässt sich für diesen Punkt kein generelles Ranking ableiten. Die Platzierungen hängen hier immer vom Anwendungsfall ab.

- **Bereitstellungsdauer**

Auch die Bereitstellungsdauer einer Infrastrukturlösung stellt einen wichtigen Aspekt dar und variiert bei den unterschiedlichen Lösungen. Als Bereitstellungsdauer versteht man die Zeit, die benötigt wird um ein IT-System produktiv verwenden zu können. Es handelt sich hierbei also um die Zeitspanne vom Projektstart bis zur finalen Umsetzung.

Am letzten Platz bei der Bereitstellungsdauer befindet sich die interne IT-Abteilung. Hier dauert die Bereitstellung eines neuen Systems im Schnitt am längsten. Dies hat den Grund, dass zum Beispiel neue Hardware erst bestellt werden muss bevor mit der Installation eines Systems begonnen werden kann. Alle diese Prozesse, die bei der Etablierung eines neuen Systems in einem Unternehmen ablaufen müssen, verbrauchen wertvolle Zeit.

Auf dem zweiten Platz bei der Bereitstellungsdauer befindet sich das Outsourcing. Service Provider haben meist freie Kapazitäten und können Kundenbedürfnisse im Ressourcenbereich schneller decken, als zum Beispiel die interne IT-Abteilung. Dennoch benötigt es oft ein wenig Zeit, bis Service Provider die angeforderten Ressourcen bereitstellen können.

Die beste Performance in diesem Bereich liefert die Cloud. Benötigte Ressourcen können innerhalb kurzer Zeit angefordert werden. Die Anforderung muss nur von einem Berechtigten innerhalb des Unternehmens, freigegeben werden und kann dann an die Cloud weitergeleitet werden. Die Cloud beginnt dann sofort mit der Bereitstellung der gewünschten Ressourcen. Sollten die angeforderten Ressourcen zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr benötigt werden, können diese einfach gekündigt werden.

- **Flexibilität**

Der Fokus bei diesem Betrachtungspunkt liegt darauf, wie schnell sich die bestehende Infrastruktur an neue Herausforderungen anpassen kann. In unterschiedlichen Einsatzszenarien können sich die Anforderungen an die bestehende IT-Infrastruktur von heute auf morgen ändern. Wichtig hierbei sind zum Beispiel die Abdeckung von Lastspitzen oder die Steigerung des Bandbreitenbedarfs.

Als unflexibelste Lösung hat sich zumeist die interne IT-Infrastruktur dargestellt. Dies kommt daher, dass die interne Infrastruktur nur bis zu einem gewissen Grad skalierbar und anpassbar ist. Die interne Infrastruktur deckt genau den Bedarf ab, für den sie einst entworfen wurde. Die Anpassung an sich verändernde Bedürfnisse fällt mit bestehenden Infrastrukturlösungen oft schwer.

Auch eine Anpassung bestehender Infrastruktur beim Outsourcing durch einen Service Provider kann sich als komplex herausstellen. Oft ist die Nutzung der Ressourcen eines Providers auf einem jährlichen bzw. monatlichen Vertragswerk aufgebaut. Ein Ausstieg aus diesem Vertragswerk kann sich als äußerst kostspielig herausstellen.

Ganz im Gegenteil dazu steht das Modell der Cloud. Hier besteht laufend die Möglichkeit, Ressourcen zusätzlich zu bestellen oder nicht benötigte Ressourcen zu kündigen. In der Cloud werden die Ressourcen frei nach Bedarf zu Verfügung gestellt. Dies positioniert die Cloud in puncto Flexibilität auf Platz eins.

- **Bedarf an Fachkräften**

Unter diesem Punkt werden die drei Lösungsmöglichkeiten anhand des benötigten Fachkräftebedarfs untersucht, der für den Betrieb der Lösung nötig ist. Dieser Aspekt kann sich natürlich entscheidend auf die Kosten einer Infrastrukturlösung auswirken.

Natürlich ist die Umsetzung und Wartung der IT-Infrastruktur durch die interne IT-Abteilung mit dem größten Fachkräftebedarf verbunden. Hierbei werden Mitarbeiter benötigt, die den laufenden Betrieb gewährleisten und auf Alltagsprobleme reagieren.

Je nach Einsatzbereich kann sich der Fachkräftebedarf beim Einsatz von Cloud Computing in Grenzen halten oder jedoch zu einem teuren Aspekt werden. Grundsätzlich gilt jedoch, dass der Fachkräftebedarf beim Einsatz von Cloud Computing im Schnitt moderat ausfällt. Hier müssen nicht ganze Abteilungen damit beschäftigt sein, den laufenden Betrieb aufrecht zu erhalten. Meist ist ein kleines, gut ausgebildetes Team ausreichend.

Der geringste Bedarf an Fachkräften besteht bei der Auslagerung der IT an einen externen Provider. Da die Systeme alle vom externen Provider verwaltet und betreut werden, besteht im Unternehmen selbst kein spezieller Personalaufwand. Auf Wunsch kann natürlich die übrige Hardware, die noch im Unternehmen verbleibt, durch ein kleines Wartungsteam betreut werden.

- **Ausfallsicherheit**

Die Ausfallsicherheit ist ein wichtiger Punkt bei der Umsetzung einer Infrastrukturlösung. Dabei ist zu beachten, welche Bedeutung die IT-Infrastruktur für das laufende Geschäft eines Unternehmens hat. Sollte die Infrastruktur einen großen Anteil zum Geschäftserfolg beitragen, ist die Ausfallsicherheit zu einem hohen prozentualen Anteil zu garantieren. Dabei ist eine Verfügbarkeit von 99% oder mehr, über das Jahr verteilt, gemeint.

Bei der Gewährleistung einer hohen Verfügbarkeit durch die interne IT-Abteilung können enorme Kosten für die eingesetzte Hardware und das eingesetzte Personal entstehen. Des Weiteren wird beim Betrieb einer hochverfügbaren Infrastruktur ein gewisses Maß an Kompetenz von Seiten des Fachpersonals vorausgesetzt. All diese Punkte sind bei der Evaluierung des Ausfallsicherheitsaspektes durch die interne IT-Abteilung zu berücksichtigen.

Im Gegensatz zu der Umsetzung durch die interne IT-Abteilung steht bei diesem Aspekt die Umsetzung durch einen externen Service Provider. Hier ist der Grad der Verfügbarkeit der bestellten Systeme genau in einem SLA definiert. Je höher die zugesicherte jährliche Verfügbarkeit, desto teurer sind die Produkte. Hier können Unternehmen selbst entscheiden welchen Grad der Verfügbarkeit sie für ein Produkt wählen. Dementsprechend werden dann vom Provider die passenden Gebühren verlangt.

Ähnlich verhält es sich bei der Umsetzung der Infrastruktur durch die Cloud. Auch hier wird dem Endkunden die Infrastruktur mit einem gewissen Grad an Verfügbarkeit zu Verfügung gestellt. Je nach eingesetztem Cloud Provider kann die Verfügbarkeit auch höher sein als bei manchem normalen Service Provider. Des Weiteren ergeben sich

beim Einsatz eines Cloud Providers oft weitere Vorteile, wie zum Beispiel die Verteilung und Sicherung ihrer Unternehmensdaten auf mehrere Rechenzentren auf mehreren Kontinenten.

Abschließend lässt sich bei diesem betrachteten Aspekt Cloud Computing auf Platz eins setzen. Platz zwei teilen sich hier der externe Service Provider und die interne IT-Abteilung. Die Performance der zweitplatzierten hängt stark vom Einsatzszenario ab. Daher lassen sich diese beiden hier nicht einfach pauschaliert eingliedern.

Nachdem die drei Umsetzungsmöglichkeiten genau nach gewissen Aspekten betrachtet wurden, stellt Tabelle 1: Strategische Aspekte eine Übersicht der Ergebnisse dar:

	Interne IT	Outsourcing	Cloud
Kapitalinvestition	Hoch	Mittel	Gering
Laufende Kosten	Mittel	Hoch	Variabel
Bereitstellungsdauer	Hoch	Mittel	Gering
Flexibilität	Gering	Mittel	Hoch
Fachkräftebedarf	Hoch	Gering	Mittel
Ausfallsicherheit	Mittel	Mittel	Hoch

Tabelle 1: Strategische Aspekte

3.5 Total Cost of Ownership (TCO) Analyse

In diesem Kapitel werden die strategischen Alternativen zu Cloud Computing einer Total Cost of Ownership (TCO) Analyse unterzogen. Bei dieser Kalkulationsart wird versucht, die Gesamtbetriebskosten eines Systems zu ermitteln. Es soll Unternehmen helfen, die anfallenden Kosten von Investitionsgütern, wie zum Beispiel Hard- und Software abschätzen zu können. Neben den direkten Kosten wie zum Beispiel die Kosten für Investitionsgüter, werden auch indirekte Kosten wie benötigte Schulungen und Risikoaufschläge in diesem Modell berücksichtigt. In der folgenden Analyse wird die Umsetzung eines Infrastrukturszenarios durch folgende drei Lösungsgruppen betrachtet:

- Interne IT-Abteilung
- Externer Service Provider (Outsourcing)
- Cloud Provider

Für die Berechnungen wird als Cloud Provider, die Amazon EC2 Cloud¹³ von Amazon, verwendet. Um die ungefähren Kosten des Einsatzszenarios in der Cloud abschätzen zu können, wird der „Simple Monthly Calculator“¹⁴ von Amazon eingesetzt. Da die Preise in der Amazon EC2 Cloud alle Dollar basierend sind, wird auch in dieser Kalkulation der US Dollar (\$) als Währung benützt.

3.5.1 Einsatzszenario

Ein Unternehmen benötigt für die Bereitstellung von mehreren geschäftlich genutzten Applikationen ein neues IT-System. Da auf diesem System geschäftskritische Anwendungen laufen, soll das IT-System eine

¹³ <http://aws.amazon.com/de/ec2/>

¹⁴ <http://calculator.s3.amazonaws.com/calc5.html>

Mindestverfügbarkeit von 99 % bieten. Dies bedeutet eine maximale Ausfallszeit von 87,7 Stunden im Jahr. Auf dieses IT-System wird primär unternehmensintern zugegriffen. Nach einem Evaluierungsprozess über die Architektur, hat sich die interne IT-Abteilung auf folgenden Aufbau, bei der Umsetzung, festgelegt (vereinfacht):

- 2 Web-Server - jeweils 16 GB RAM¹⁵, 4 CPU Kerne , 1 TB¹⁶ Storage
- 2 Datenbank-Server - jeweils 24 GB RAM, 8 CPU Kerne, 1,8 TB Storage
- 1 Load Balancer – teilt die Netzwerkanfragen auf die Webserver auf

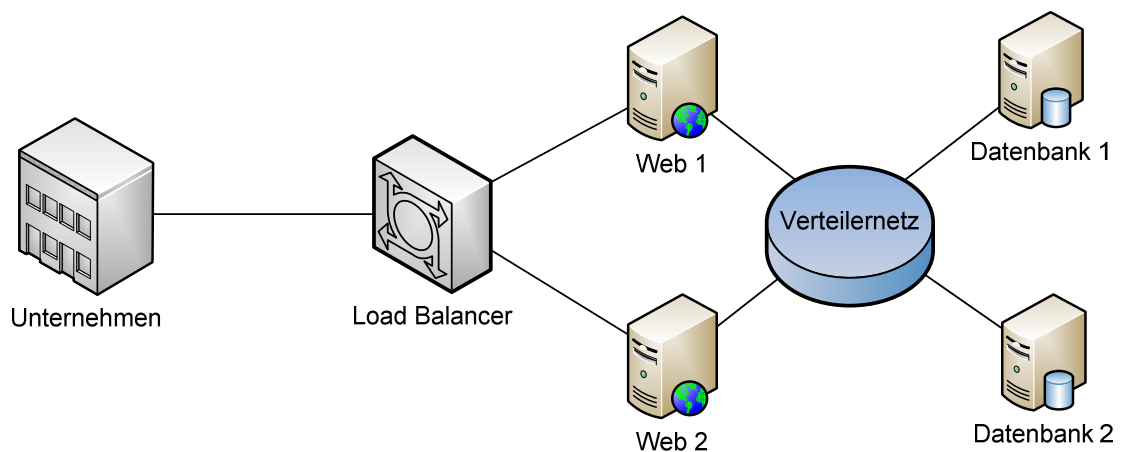


Abbildung 9: Einsatzszenario

Die Komponenten Web und Datenbank in Abbildung 9: Einsatzszenario sind aus Verfügbarkeitsgründen doppelt ausgeführt. Dies hat den Sinn, dass der Ausfall eines Systems nicht zum Ausfall des Gesamtsystems führt. Alle

¹⁵ RAM – **R**andom **A**ccess **M**emory (Arbeitsspeicher)

¹⁶ TB – Terabyte, 1 TB = 1000 Gigabyte

Anfragen an das IT-System in diesem Szenario werden über einen sogenannten Load Balancer ausgeführt. Dieser hat die Aufgabe alle Anfragen dynamisch auf die beiden Webserver Web1 und Web2 aufzuteilen.

Sollte es zu einem Ausfall von Web1 oder Web2 kommen, erkennt dies der Load Balancer und leitet alle Anfragen nur mehr an den funktionstüchtigen Server weiter.

Nachdem nun die benötigte Hardware und die gewünschte Architektur geklärt sind, kann die Berechnung der Kosten erfolgen. Um die Kosten für die Abwicklung durch die interne IT-Abteilung berechnen zu können, werden die aktuellen Preise des HP Online Stores¹⁷ für die Server Hardware verwendet. Als Server Hardware kommt der HP DL380 G7 zum Einsatz. Die HP DL Server Serie hat sich quasi zum Industriestandard im Server Bereich entwickelt.

Als Load Balancer kommt der Netscaler VPX Enterprise vom Unternehmen Citrix zum Einsatz.

Da die indirekten Kosten von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich sind, werden in der folgenden TCO Analyse nur die direkten Kosten angeführt. Alle verwendeten Preisangaben entsprechen den aktuellen Preisen aus September 2011

¹⁷ <http://www.hp.com> , Stand September 2011

3.5.2 Umsetzung durch die interne IT Abteilung

Bei der Umsetzung des Szenarios durch die interne IT Abteilung entstehen folgende direkte Kosten:

1 Einführung Applikationssystem

Kategorie: Network-Service

Zuständigkeit: Operations

Kostenstelle: Infrastruktur

1.1 Hardware

Prozess: Infrastruktur installieren

Phase: Einführung

Lebenszyklus: Entwicklung

Sachkosten einmalig:

Bezeichnung	Kostenart	Menge	Kosten	Währung
Web Server	Hardware [Direkt]	2	5.000,00	USD
Datenbank Server	Hardware [Direkt]	2	7.500,00	USD
Load Balancer	Hardware [Direkt]	1	10.000,00	USD
Infrastruktur pauschal	Infrastruktur [Direkt]	1	2.000,00	USD

1.2 Lizenzen

Prozess: Infrastruktur installieren

Phase Einführung

Lebenszyklus: Entwicklung

Sachkosten einmalig:

Bezeichnung	Kostenart	Menge	Kosten	Währung
Windows 2008 Standard Server R2	Software [Direkt]	4	1.000,00	USD
Microsoft SQL Server Standard R2	Software [Direkt]	2	1.900,00	USD

1.3 Installation

Prozess: Infrastruktur installieren

Phase: Einführung

Lebenszyklus: Umsetzung

Personalkosten einmalig:

Bezeichnung	Kostenart	Kosten	h	Stundenansatz	Währung
Realisierung durch interne IT	Installation [Direkt]	6.000,00	40.0	150,00	USD

1.4 Backup & Recovery

Kategorie: Network-Service
Zuständigkeit: Operations
Kostenstelle: Infrastruktur

1.4.1 Backup Infrastruktur

Prozess: Einführung Backup & Restore
Funktionalität
Phase: Beschaffung

Sachkosten einmalig:

Bezeichnung	Kostenart	Menge	Kosten	Währung
Netapp FAS2000	Hardware [Direkt]	1	20.000,00	USD
Anbindung der Server an Netapp	Infrastruktur [Direkt]	1	4.000,00	USD
Lizenzen Backup Software	Software [Direkt]	1	4.000,00	USD

Backup Infrastruktur

Prozess: Einführung Backup & Restore
Funktionalität

Phase: Anbindung Storage System

Personalkosten einmalig:

Bezeichnung	Kostenart	Kosten	h	Stundensatz	Währung
Integration des neuen Systems ins Backup	Storage [Direkt]	1.500,00	10	150,00	USD

1.5 Laufende Wartung

Laufende Wartung durch interne IT

Prozess: Infrastruktur betreiben

Lebenszyklus: Unterhalt und Betrieb

Personalkosten p.a.:

Bezeichnung	Kostenart	Kosten	h	Stundenansatz	Währung
Laufende Wartung	Betrieb (Software) [Direkt]	18.000,00	120.0	150,00	USD

Bei der Kalkulation der direkten Kosten wurden die wichtigsten Dinge einkalkuliert, die zum Betrieb des Systems im Einsatzszenario notwendig sind.

Einige Faktoren, die dennoch eine wichtige Rolle bei der Kalkulation der Kosten eines Gesamtsystems spielen, konnten jedoch nicht berücksichtigt werden. Dazu gehören Kosten für die Unterbringung der Server, Kosten durch den Stromverbrauch und Kosten für die nötige Kühlung der Server. Da diese Faktoren von Unternehmen zu Unternehmen verschieden sind, können diese nicht in das Modell miteinberechnet werden. Tabelle 2: Kostenstruktur interne IT-Abteilung zeigt eine Übersicht der entstehenden Kosten der Umsetzung des Einsatzszenarios auf 3 Jahre.

Kostenart	TCO 1. Jahr	TCO 2. Jahr	TCO 3. Jahr	TCO-Kosten über gesamte Nutzungsdauer
Betrieb (Hardware) [Direkt]	5.000,00\$	5.000,00\$	5.000,00\$	15.000,00\$
Betrieb (Software) [Direkt]	18.000,00\$	18.000,00\$	18.000,00\$	54.000,00\$
Hardware [Direkt]	18.333,33\$	18.333,33\$	18.333,33\$	55.000,00\$
Infrastruktur [Direkt]	2.000,00\$	2.000,00\$	2.000,00\$	6.000,00\$
Installation [Direkt]	6.000,00\$	0,00\$	0,00\$	6.000,00\$
Software [Direkt]	3.933,33\$	3.933,33\$	3.933,33\$	11.800,00\$
Storage [Direkt]	1.500,00\$	0,00\$	0,00\$	1.500,00\$
Total	54.766,67\$	47.266,67\$	47.266,67\$	149.300,00\$

Tabelle 2: Kostenstruktur interne IT-Abteilung (Angaben in US \$)

3.5.3 Umsetzung durch einen Service Provider

Zur Kalkulation dieser Umsetzungsmöglichkeit werden die Erfahrungswerte des Autors bei seinem Arbeitgeber eingesetzt. Einer der größten Vorteile bei der Umsetzung durch einen Service Provider ist der Entfall der Anschaffungskosten für Hardware.

1 Einführung Applikationssystem

Kategorie: Network-Service

Zuständigkeit: Operations

Kostenstelle: Infrastruktur

1.1.Installation

Prozess: Ressourcen bei Service Provider beantragen

Phase: Installation

Lebenszyklus: Umsetzung

Personalkosten einmalig:

Bezeichnung	Kostenart	Kosten	h	Stundenansatz	Währung
Realisierung durch Service Provider	Installation [Direkt]	6.000,00	40.0	150,00	USD

1.2.Laufende Kosten für Betrieb

Prozess: Ressourcen betreiben

Phase: Einsatz

Lebenszyklus: Produktiver Betrieb

Sachkosten p.m.:

Bezeichnung	Kostenart	Menge	Kosten	Währung
Betrieb des Systems durch Service Provider	Betrieb [Direkt]	1	3.000,00	USD

1.3 Laufende Wartung

Laufende Wartung durch interne IT

Prozess: Infrastruktur betreiben

Lebenszyklus: Unterhalt und Betrieb

Personalkosten p.a.:

Bezeichnung	Kostenart	Kosten	h	Stundenansatz	Währung
Laufende Wartung (Integration in das Unternehmensnetzwerk)	Infrastruktur [Direkt]	9.000,00	60.0	150,00	USD

Obwohl die laufende Wartung und Sicherung der Systeme bei dieser Umsetzung Aufgabe des Providers ist, fallen hier trotzdem Kosten für die

Unterstützung der Integration des Systems ins Unternehmen an. Diese halten sich aber mit 60 Mannstunden pro Jahr in Grenzen.

Tabelle 3: Kostenstruktur Service Provider (**Angaben in US \$**) zeigt die entstehenden Kosten bei einer Realisierung durch einen Service Provider:

Kostenart	TCO 1. Jahr	TCO 2. Jahr	TCO 3. Jahr	TCO-Kosten über gesamte Nutzungsdauer
Betrieb [Direkt]	36.000,00\$	36.000,00\$	36.000,00\$	108.000,00\$
Infrastruktur [Direkt]	9.000,00\$	9.000,00\$	9.000,00\$	27.000,00\$
Installation [Direkt]	6.000,00\$	0,00\$	0,00\$	6.000,00\$
Total	51.000\$	45.000\$	45.000\$	141.000,00\$

Tabelle 3: Kostenstruktur Service Provider (Angaben in US \$)

3.5.4 Umsetzung durch einen Cloud Provider

Nachdem nun die beiden klassischen Vorgehensweisen bei der Umsetzung von IT-Systemen vorgestellt worden sind, ist es nun an der Zeit, die Cloud basierende Umsetzung zu evaluieren. Als Cloud Provider wurde das Unternehmen Amazon gewählt.

Amazon EC2 bietet mit Hilfe des „Simple Monthly Calculators“ die Möglichkeit, den Kostenaufwand, je nach Bedarf, zu berechnen. Die Kostenstruktur basiert auf der monatlichen Miete der Systeme von Amazon. Für das angegebene Szenario ergeben sich folgende Rahmenbedingungen und Kosten:

- 2 Web-Server: Suse Linux, Typ Large
- 2 Datenbank-Server: Suse Linux, Typ Extra Large
- Transfervolumen in die Cloud: 400 GB/Monat
- Transfervolumen aus der Cloud: 1000 GB/Monat
- 1 Load Balancer

Das Transfervolumen wurde absichtlich ein wenig größer gewählt, als tatsächlich benötigt. Dies soll eine weitere Skalierung des Systems möglich machen. Folgende Kalkulation berechnet die Kosten für das zuvor erwähnte Setup in der Amazon EC2 Cloud.

1 Einführung Applikationssystem

Kategorie: Network-Service

Zuständigkeit: Operations

Kostenstelle: Infrastruktur

1.1.Installation

Prozess: Ressourcen bei Cloud Provider beantragen

Phase: Installation

Lebenszyklus: Umsetzung

Personalkosten einmalig:

Bezeichnung	Kostenart	Kosten	h	Stundenansatz	Währung
Setup der Systeme in der Cloud	Installation [Direkt]	3.000,00	20.0	150,00	USD

Da die Systeme vom Cloud Provider mit einem fertig installierten Basis-Betriebssystem ausgeliefert werden, reduziert sich der Aufwand beim Setup des Gesamtsystems enorm. Die ist anhand der verringerten Installationskosten, im Vergleich zu den vorherigen Beispielen, erkennbar.

1.2.Laufende Kosten für Betrieb

Prozess: Ressourcen betreiben

Phase: Einsatz

Lebenszyklus: Produktiver Betrieb

Sachkosten p.m.:

Bezeichnung	Kostenart	Menge	Kosten	Währung
Betrieb des Systems durch Cloud Provider	Betrieb [Direkt]	1	1850,00	USD

1.3 Laufende Wartung**Laufende Wartung durch interne IT**

Prozess: Infrastruktur betreiben

Lebenszyklus: Unterhalt und Betrieb

Personalkosten p.a.:

Bezeichnung	Kostenart	Kosten	h	Stundenansatz	Währung
Laufende Wartung (Integration in das Unternehmensnetzwerk)	Infrastruktur [Direkt]	9.000,00	60.0	150,00	USD

Da es sich bei der Umsetzung des Systems durch den Cloud Provider ebenfalls um eine externe Lösung handelt, müssen auch hier laufende Kosten für die Integration des externen Systems miteinberechnet werden.

Bei der Umsetzung des Szenarios durch den Cloud Provider Amazon ergibt sich folgende Kostenstruktur:

Kostenart	TCO 1. Jahr	TCO 2. Jahr	TCO 3. Jahr	TCO-Kosten über gesamte Nutzungsdauer
Betrieb [Direkt]	22.200,00\$	22.200,00\$	22.200,00\$	66.600,00\$
Infrastruktur [Direkt]	9.000,00\$	9.000,00\$	9.000,00\$	27.000,00\$
Installation [Direkt]	3.000,00\$	0,00\$	0,00\$	3.000,00\$
Total	34.200\$	31.200\$	31.200\$	96.600,00\$

Tabelle 4: Kostenstruktur Cloud Provider (Angaben in US \$)

Die Kostenaufstellung des Cloud Providers zeigt eindeutig, wo die Kostenvorteile gegenüber den anderen beiden Lösungen liegen. Das größte Kosteneinsparungspotential liegt im Bereich der direkten Kosten des laufenden Betriebs. Durch die Einsparung der entstehenden Kosten bei der Hardwarebeschaffung, ist es möglich die Kosten enorm zu senken.

3.5.5 Zusammenfassung der TCO Analyse

Das vorherige Kapitel hat gezeigt, dass bei der Berechnung der Kosten unterschiedliche Punkte zu beachten sind. Diese Punkte hängen stark vom gewählten Lösungsweg ab.

So bietet zum Beispiel die Lösung durch einen Service Provider den Vorteil, keine großen Summen beim Start der Umsetzung in Hardware investieren zu müssen. Auf 3 Jahre hochgerechnet ist die Gesamtersparnis im Vergleich zur internen IT-Abteilung dennoch gering. Dies resultiert aus den hohen monatlichen Kosten für die „Miete“ der Hardware und deren Betreuung.

Im Vergleich der direkten Kosten konnte sich die Lösung durch einen Cloud Provider deutlich absetzen. Die Kosten für die Umsetzung des Szenarios liegen deutlich unter denen der internen IT-Abteilung und des Service Providers. Dennoch bedeutet das nicht, dass es bei diesem Vorsprung bleibt. Der Einsatz eines Cloud Providers kann jedoch mit großen Indirekten und Neben-Kosten verbunden sein. Dies hängt jedoch stark vom Einsatzszenario ab.

Kostenart	TCO 1. Jahr	TCO 2. Jahr	TCO 3. Jahr	TCO-Kosten über gesamte Nutzungsdauer
Interne IT	54.766,67\$	47.266,67\$	47.266,67\$	149.300,00\$
Service Provider	51.000\$	45.000\$	45.000\$	141.000,00\$
Cloud Provider	34.200\$	31.200\$	31.200\$	96.600,00\$

Tabelle 5: Kostenstruktur der Lösungsmöglichkeiten (Angaben in US \$)

4. Conclusio

Ziel dieser Arbeit war es, IT-Entscheidern einen guten Überblick über das Themengebiet Cloud Computing zu bieten. Des Weiteren sollten dem Leser die strategischen Vorteile des Einsatzes von Cloud Computing näher gebracht werden.

Um die Vorteile des Einsatzes von Cloud Computing verstehen zu können, ist es wichtig, die technischen Grundlagen dieses Themengebietes zu verstehen. Daher wurden in Kapitel 2. Technische Analyse Cloud Computing die wichtigsten technischen Aspekte näher definiert. Neben der Architektur wurde auch auf das für Cloud Computing wichtige SPI Modell eingegangen. Ein weiterer wichtiger Punkt beim strategischen Einsatz von Cloud Computing im Unternehmensumfeld sind die technischen Risiken, die der Einsatz dieser Technologie mit sich bringt. Diese Risiken wurden in Kapitel 2.5 Technische Risiken von Cloud Computing erläutert.

Neben den technischen Eigenschaften sind für Unternehmen vor Allem, die strategischen Überlegungen zum Thema Cloud Computing relevant. Strategische Vorteile, die der Einsatz von Cloud Computing bringen kann, sind in Kapitel 3.1 Strategische Vorteile aufgeführt. Wichtig für die Evaluierung des Einsatzes von Cloud Computing sind neben den Vorteilen auch die strategischen Herausforderungen, denen sich ein Unternehmen stellen muss. Die möglichen Alternativen zu Cloud Computing und welche Auswirkungen diese auf die strategische Führung der IT haben, werden in Kapitel 3.4 Strategische Alternativen zu Cloud Computing angeführt.

Abschließend lässt sich sagen, dass der Einsatz von Cloud Computing viele Vorteile für ein Unternehmen bringen kann. Die Vorteile und Herausforderungen, die zu beachten sind, wurden in dieser Arbeit genau vorgestellt. Da jedoch jedes Unternehmen andere Anforderungen an seine IT

stellt, sind nicht immer alle Vorteile und Herausforderungen, die in dieser Arbeit erwähnt sind, für jeden relevant.

Aus der Sicht des Autors stellt Cloud Computing einen großen Schritt in der Evolution moderner IT-Systeme dar. Cloud Computing besitzt das Potential, die Art und Weise, wie IT-Systeme eingesetzt werden, enorm zu verändern. Des Weiteren kann der Einsatz von Cloud Computing viele ökonomische und technische Vorteile mit sich bringen. Daher ist es für ein erfolgreiches Unternehmen essentiell, den Einsatz von Cloud Computing für sich zu evaluieren. Nur eine möglichst schnelle Reaktion auf den Trend Cloud Computing verhindert die Möglichkeit, mögliche Wettbewerbsvorteile durch den Einsatz von Cloud Computing zu verschlafen.

Diese Arbeit hat gezeigt, dass der erste Schritt zum möglichen Einsatz von Cloud Computing ein erfolgreicher Evaluierungsprozess ist. Je früher dieser Evaluierungsprozess im Unternehmen gestartet wird, desto besser. Daher gilt es für Unternehmen, im Sinne der Wettbewerbsfähigkeit, möglichst bald mit diesem Prozess zu beginnen.

Literaturverzeichnis

Vaquero, Luis, et al. 2009. *A Break in the Clouds: Towards a Cloud Definition.* 39, 2009, Vol. ACM SIGCOMM Computer Communication Review. 1.

Babcock, Charles. 2010. *Management Strategies for the Cloud Revolution.* s.l. : McGraw-Hill, 2010.

Baye, Michael R. 2009. *Managerial Economics and Business Strategy.* s.l. : McGraw-Hill, 2009.

Besanko, David, et al. 2007. *Economics of Strategy.* s.l. : John Wiley & Sons, 2007.

Datacentre Management. 2011. Datacentre Management. [Online] 2 September 2011. [Cited: 2 September 2011.] <http://www.datacentremanagement.com/cloud/980-cloud-computing-an-emerging-phenomenon-.html>.

Google Inc. 2011. Google Trends CloudComputing. [Online] 01 September 2011. [Cited: 01 September 2011.] <http://www.google.at/trends?q=cloud+computing>.

Krutz, Roland and Vines, Russel. 2010. *Cloud Security.* s.l. : Wiley Publishing Inc., 2010.

Picht, Hans-Joachim. 2009. *XEN Kochbuch.* s.l. : O'Reilly, 2009.

Reese, George. 2009. *Cloud Application Architectures.* s.l. : O'Reilly, 2009.

Rhoton, John. 2010. *Cloud Computing explained.* s.l. : Recursive Press, 2010.

Wikipedia. 2011. Wikipedia.org. [Online] 2011. [Cited: 2 September 2011.] [http://de.wikipedia.org/wiki/Virtualisierung_\(Informatik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Virtualisierung_(Informatik)).

Williams, Mark. 2010. *A Quick Start Guide to Cloud Computing.* s.l. : Kogan Page Limited, 2010.