

Im Praxistest mit Magento



Inhaltsverzeichnis

1	Prolog	1
1.1	Problemstellung	2
1.2	Zielsetzung	4
2	Ausgangssituation und Evolution	6
2.1	Analogiemodell.....	6
3	Cloud Computing	8
3.1	Definition	8
3.2	Cloud-Architektur	8
3.2.1	SaaS – Software as a Service.....	9
3.2.2	PaaS – Plattform as a Service	10
3.2.3	IaaS – Infrastruktur as a Service	11
3.3	Detaillierte Beschreibung von Anbietern von Cloud Services.....	13
3.3.1	Amazon Webservices.....	14
3.3.2	Nionex.....	15
3.3.3	Flexiant.....	16
3.3.4	GoGrid Geschäftsbereich der ServePath.....	16
3.3.5	Salesforce	17
3.3.6	Windows Azure.....	17
3.3.7	Eucalyptus	18
3.3.8	Google App Engine	19
3.4	Cloud-Infrastruktur.....	20
3.4.1	Public, Private und Hybrid Clouds	20
3.5	Marktentwicklung für Cloud Services	23
3.6	Veränderungen durch Cloud Computing	26
3.7	Sicherheit und Juristische Betrachtungsweisen	29

3.8	Erfolgsfaktoren.....	34
3.9	Cloud-fähige Geschäftsmodelle	36
4	Magento Implementation in Amazon Elastic Compute Cloud	38
4.1	Amazon Webservice Vorbereitung.....	41
4.2	Virtuelle Server-Instanz	43
4.3	Erstellen einer On-Demand Instanz.....	46
4.4	Virtuelle Server-Instanz anpassen und AMI erstellen	52
4.5	Anbindung an ein Datenbank-Service.....	57
4.6	Lastverteilung mittels Loadbalancer	62
4.7	Automatische Skalierung von EC2-Instanzen.....	64
4.8	Integration Magento und Spezielle Anpassungen	67
5	Evaluation Cloud Computing zu herkömmlichen Serverfarmen.....	71
5.1	Technologischer Kontrast.....	71
5.2	Finanzielle Abwägungen.....	76
6	Fazit	82
7	Literaturverzeichnis	84

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Google Trend Analyse Cloud Computing	1
Abbildung 2: Cloud Architektur	9
Abbildung 3: SaaS - Software als Service	9
Abbildung 4: IaaS - Infrastruktur als Service	12
Abbildung 5: Architektur Eucalyptus	19
Abbildung 6: Nutzungsverhältnis Cloud Computing	23
Abbildung 7: Antriebsfaktoren für Cloud Computing	24
Abbildung 8: Marktentwicklung Cloud Computing	25
Abbildung 9: Erfolgsfaktoren	34
Abbildung 10: Auszug Cloud Vendor Benchmark	38
Abbildung 11: Clusterarchitektur Amazon AWS	40
Abbildung 12: Angebotsstatistik Spot-Instanz	45
Abbildung 13: Gemeinschafts-AMI	47
Abbildung 14: Instanz-Typenauswahl	49
Abbildung 15: Instanz Firewall Einstellungen	50
Abbildung 16: Instanz Detailübersicht	50
Abbildung 17: Instanz Übersicht	51
Abbildung 18: EBS Volume	55
Abbildung 19: Port Einstellung Loadbalancer	63
Abbildung 20: Konfiguration Loadbalancer	63
Abbildung 21: Autoskalierung	65
Abbildung 22: Anfrageverhalten Server vs. virtuelle Instanz	74
Abbildung 23: Anfrageverhalten durch mehrere Nutzer	75
Abbildung 24: Netzwerkverkehr Preisbock.de	77
Abbildung 25: Stündliche Nutzungsstatistik	79
Abbildung 26: Vergleich physisches Cluster, AWS und Nutzeraufkommen	80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Glossar.....	VII
Tabelle 2: Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
Tabelle 3: Anbieter von SaaS - Anwendungen im Überblick.....	10
Tabelle 4: Anbieter von PaaS im Überblick	11
Tabelle 5: IaaS Anbieter im Überblick	13
Tabelle 6: Auswirkung von Cloud Computing auf Marktsegmente	28
Tabelle 7: Abrechnung OnDemand Instanz	44
Tabelle 8: Abrechnung Reserved Instanz	44
Tabelle 9: Vergleich CPU Leistung mittels der Berechnung für Kreiszahl PI	73
Tabelle 10: Fixkosten des Analogiemodells.....	76
Tabelle 11: Amazon AWS Kostenkalkulation	78

Glossar

Begriff	Erklärung
Deployment	Projekt Ressourcen werden zu einen Archiv verpackt und mit nötigen Nutzerrechten versehen. Dieses Archiv wird auf alle Server im Cluster verteilt und entpackt.
E-Commerce	Dt. elektronischer Handel d.h. vollständige elektronische Abwicklung von Unternehmensaktivitäten in einem Netzwerk
Hosting on demand	Hostingangebot (Infrastruktur) auf Abruf
Hypervisor	Ist eine Software, die den Betrieb virtueller Maschinen auf einen physischen Rechner verwaltet.
Denial of Service Angriffe	Überlastung von Infrastruktur
Man-In-the-Middle (MITM-)Angriffe	Angriff auf ein Rechnernetz, wobei der Angreifer komplette Kontrolle über den Datenverkehr besitzt.
IP-Spoofing, Port-Scanning	Absenden von IP-Paketen mit falscher Absenderadresse
Packet-Sniffing	Damit wird Netzwerkverkehr abgefangen und aufgezeichnet.

Tabelle 1: Glossar

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Langschreibweise
IT	Informations-Technologie
NAS	Network Attached Storage
NFS	Network File System
MHz	Megahertz 10 ⁶ Hz
GB	Giga Byte
PHP5	PHP: Hypertext Preprocessor Vers. 5
CPU	Engl. <i>central processing unit</i> dt. Hauptprozessor
AWS	Amazon Webservices
AO	Abgabeordnung
BDSG	Bundesdatenschutzgesetz

Tabelle 2: Abkürzungsverzeichnis

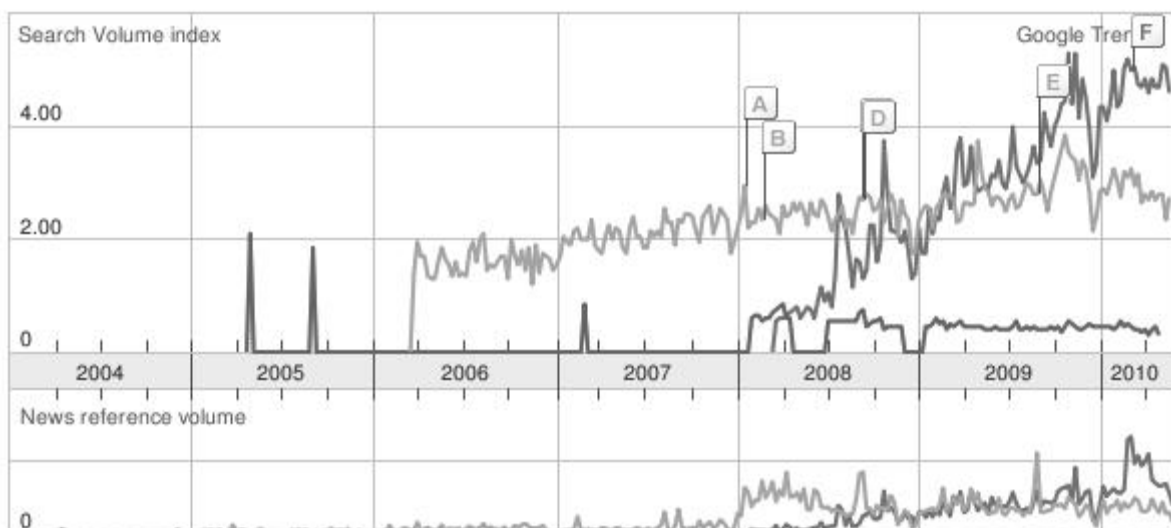
1 Prolog

Der Inhalt dieser Arbeit präsentiert die Vision der Computerbranche des 21. Jahrhunderts. Cloud Computing wird wahrscheinlich das neue Modewort nach Web 2.0. Der „Gartner-Analyst Daryl Plummer“ vergleicht das Potenzial von Cloud Computing mit der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert.¹

Es gibt dutzende verschiedene Definitionen für Cloud Computing aber es scheint als ob es noch keinem gemeinsamen Konsens darüber gibt was genau Cloud Computing definiert. Das Cloud Computing nicht als kurzes spektakuläres Medienereignis bezeichnet werden kann, zeigt die folgende Trend Analyse von Google Trends.

Abbildung 1: Google Trend Analyse Cloud Computing

cloud computing — 1.00 grid computing ■ 0.15 virtualization — 1.55



Quelle: <http://www.google.de/trends> abgerufen am 03.05.2010

Das Diagramm basiert auf Google Anfragen und präsentiert zum Einen die Virtualisierung. Unter Virtualisierung wird eine abstrakte Ebene verstanden, die physische Hardware vom Betriebssystem entkoppelt und somit größere Auslastung der IT-Ressourcen und bessere Flexibilität ermöglicht.² Das Konzept von Cloud Computing basiert auf Server-Virtualisierung, deshalb wurde Virtualisierung bei der

¹ [ComW2010A]

² [Green2009] S.58

Trendanalyse mit einbezogen. Durch die konzentrierte Anbindung des Cloud Computing, an das schon ältere Konzept von Grid Computing, ergibt sich die zweite Diagrammkategorie. Ob nach dem stetigen Aufwärtstrend seit dem Jahr 2008 eine Enttäuschung folgt oder ob es zu einer produktiven Errungenschaft kommt, wird sich in den nächsten Monaten zeigen.

Eines steht jedenfalls fest, dass IT Benutzer immer an ihre Technik gebunden sind. Dieser Aspekt soll sich durch Cloud Computing ändern. Die generelle Idee besteht darin, skalierbare IT-Infrastrukturen und Applikationen zu schaffen, die über das Web angeboten werden. Wie bereits erwähnt, fällt eine exakte einheitliche Definition des Cloud Computing Begriffes noch schwer. Meist wird nur durch die Industrie ein aktueller Begriff benutzt, um neue Versionen bestehender Produkte anzupreisen. Trotz aller verschiedener Definitionen bleibt Cloud Computing eine Konzentration von Hard- und Software in großen Rechenzentren.³ Der Nutzer greift je nach Bedarf auf die zur Verfügung gestellten Ressourcen zu. Durch diesen Aspekt ist der Vergleich zu Grid-Computing beinahe identisch.

Der Grundinhalt dieser Arbeit vergleicht den Kontrast zwischen Cloud Computing und herkömmlichen physischen Cluster-Systemen aus verschiedenen Betrachtungswinkeln und liefert zudem charakteristische Merkmale für beide Technologien. Mit einer umfangreichen Kosten-Nutzen Analyse soll abschließend ein Anhaltspunkt gegeben werden, ob sich der Umstieg auf das „Rechnen in der Wolke“ bereits heute lohnt.

1.1 Problemstellung

Um Cloud Computing zu verstehen, braucht es ein klares umdenken der Menschen. IT ist noch immer eine Technologie und kein Service. In der IT muss sich der Anwender immer nach der zur Verfügung stehenden Technologie richten.

³ [Buyya2008]

Betrachtet man diese Technologie aus Sicht der Elektrizitätsversorgung, bedeutet das, dass der Anwender die benötigten Ressourcen über das Internet bezieht, ebenso wie den Strom aus der Steckdose. Dieser Aspekt ist auf Grid Computing zurückzuführen, aber nur ein Teil des neuen Modebegriffs Cloud Computing. Allein die Bereitstellung von Rechenkapazität über das Internet, wurde schon früher unter dem Begriff Grid Computing geprägt.

Grid-Computing ist genau wie Cloud-Computing eine Technologie für die Integration und gemeinsame Nutzung computergestützter und wissenschaftlicher Ressourcen über das Internet. Eine aussagekräftige Definition liefert Ian Foster über Grid-Computing:

*„the Grid concept is coordinated resource sharing and problem solving in dynamic, multi-institutional virtual organizations“.*⁴

Generell lässt sich daraus ableiten, dass sich Grid Computing hauptsächlich an verteiltem Rechnen orientiert. Cloud Computing verfolgt mehr den Ansatz skalierbare IT über das Internet bereitzustellen.

Herr Prof. Dr. Bernd Freisleben berichtet in einem Jahresbericht, dass zunehmend über verschiedene Bezahlmodelle im Grid Computing diskutiert wird. Daraus resultierend, keine klaren Grenzen mehr zwischen Grid- und Cloud Computing bestehen.⁵

Ein Szenario für Cloud Computing in der Informations-Technologie könnte beispielsweise eine webbasierte Anwendung auf Cloud-Datenbankdienste eines Plattformanbieters zurückgreifen und auf virtuellen Servern eines Infrastrukturanbieters laufen. Durch das hohe Maß an Flexibilität erkennt man, dass zu Cloud Computing weit mehr gehört als nur das Bereitstellen von Ressourcen.

⁴ [IanF2010]

⁵ [CloudGrid2009]

In Cloud Computing Systemen sind die Daten ausgelagert und ständig in Bewegung, da Anbieter von Cloud-Ressourcen zur Optimierung ihrer Infrastrukturkapazität und Sicherstellung der Performanz die Daten auf von ihnen ausgewählten Rechnern speichern können und diese Daten auch kopieren dürfen. Diese Prozesse liegen außerhalb der Einflussmöglichkeiten des Anwenders und können zu Vertraulichkeitsproblemen führen. Die Probleme können unter anderem dann vorliegen, wenn die Daten auf unsicheren Systemen gespeichert werden oder Landesgrenzen überschreiten.⁶

Zudem wird in vielen Unternehmen immer mehr Rechenkapazität und Speicher benötigt. Aber im Gegenzug stehen immer kleiner werdende Budgets, die für IT Ressourcen eingeplant werden, zur Verfügung.⁷ Daraus ergibt sich, dass für mittelständische Unternehmen der Betrieb einer eigenen Serverfarm kaum zu bewerkstelligen ist. Unternehmen die diese Technologie verwenden, müssen über eigene Server verfügen oder anmieten sowie die Stromversorgung und die Infrastruktur bereitstellen. Zudem kommen personelle Kosten um die Server zu administrieren. Aus diesen Gründen ist ein deutlicher Wandel in der IT zu spüren. Auch Green IT hat in diesem Zusammenhang einen großen Einfluss.⁸

1.2 Zielsetzung

Cloud Computing wirkt auf viele Anwender sehr attraktiv, weil die Komplexität der IT vor dem Verbraucher verborgen wird. Daraus resultierend administrative Fertigkeiten weitestgehend minimiert werden sollen.

In den folgenden Kapiteln werden verschiedene Technologien, interessante Ideen und Ansätze auf denen Cloud Computing basiert, vermittelt.

⁶ [Baun2010] S.90

⁷ [Stru2010]

⁸ [Green2009] S.4

Durch verschiedene Analogien in Bezug auf ursprüngliche Serverinfrastrukturen sollen die Vorteile aber auch Probleme im Umgang mit einer Cloud erläutert werden. Relevant sind unter Anderem die folgenden Fragen. Welche Schlussfolgerung ergeben sich für Unternehmen, welche speziell im Hosting-Bereich tätig sind? Lohnt sich ein kompletter Umstieg auf Cloud Angebote oder sollten Unternehmen lieber bei ihren IT-Infrastrukturen bleiben oder ist es empfehlenswert zweigleisig zu fahren, dass heißt das Unternehmen einige ihrer Dienste selber betreiben und weitere Dienste aus der Cloud beziehen? Gerade Unternehmen im E-Commerce müssen flexibel auf Lastspitzen reagieren können.

Durch den Betrieb eigener Serverinfrastrukturen können Unternehmen nur schwer oder gar nicht solche Lastspitzen abfangen, da die Serverhardware nur über eine größere Zeitverzögerung erweitert werden kann. In diesem Zusammenhang soll überprüft werden, ob und wie viel Kosten durch den Einsatz von Cloud Angeboten eingespart werden kann.

Diese und noch weitere Aspekte wie Funktionsgarantien, juristische Aspekte und Sicherheit sollen im Umgang mit der Cloud beschrieben werden. Zudem soll in einem Praxistest die Funktionalität eines Cloud Systems im Zusammenhang mit einem Magento Online Shop getestet und die Ergebnisse dem physischen Clustersystem gegenübergestellt werden.

2 Ausgangssituation und Evolution

2.1 Analogiemodell

Um hochverfügbare Systeme bereitstellen zu können, werden in der Informationstechnologie Clustersysteme eingesetzt. Clustersysteme sind eine größere Anzahl an vernetzten Computern die zur Erhöhung der Rechenkapazität oder der Verfügbarkeit gegenüber einem einzelnen Computer beitragen.⁹ Bei Cluster-Systemen werden wichtige Komponenten des Systems redundant gehalten. Bei Störungen sorgen verschiedene Programme für ein Umschalten, dadurch kommt es nur zu kurzen Ausfallzeiten beziehungsweise zum Verlust einer offenen Transaktion. Um den reibungslosen und effizienten Betrieb von Systemen zu gewährleisten, bietet das Unternehmen dotSource GmbH¹⁰ einen umfassenden Hosting- und Support-Service an. Das Hosting von Systemen erfolgt auf dem in einem externen Rechenzentrum existierenden Cluster-System. Das Cluster-System der dotSource GmbH, siehe Anhang A, dient als Analogiemodell in Bezug auf die Cloud Computing Services. Das momentan bereitgestellte Clustersystem besteht aus mehreren Applikations-Servern, aus zwei Datenbankservern, zwei Servern die die Lastverteilung übernehmen, einen NAS System (*Network Attached Storage*) und einem Backup-Server. Die physikalischen Server werden aus finanziellen Gründen nicht von dem Unternehmen dotSource bereitgestellt, sondern sind im Rechenzentrum von „Manitu“¹¹ angemietet. Der Betreiber des Rechenzentrums stellt in dem Zusammenhang nur die physikalischen Geräte zur Verfügung und ist für Supportanfragen zuständig. Die Administration der Applikations-Server, erfolgt durch den Administrator der dotSource GmbH.

Der Aufbau der Applikations-Server stellt sich wie folgt dar. Diese sind mit einer CPU von *AMD-Phenom(tm)-2-x4-920* ausgestattet. Die CPU besitzt 4 Kerne mit

⁹ [Bookman2010] S. 4

¹⁰ <http://www.dotsource.de>

¹¹ <http://www.manitu.de/webhosting/>

jeweils 2805,895 MHz. Die Arbeitsspeichergröße beträgt 8 GB. Auf den Applikationsservern ist jeweils ein Apache2 Webserver und das PHP5 Modul, um in PHP geschriebene Software zu interpretieren, installiert. Zudem sind noch weitere Programme wie zum Beispiel Software zur Serverüberwachung installiert, welche aber an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt werden sollen. Die Projekte die von der Firma dotSource vertrieben werden, sind auf jeden Applikations-Server verteilt und in dem Verzeichnis `/var/www` auf dem Server abgelegt. Dadurch, dass die Lastverteilung durch zwei Loadbalancer übernommen wird und für den Nutzer das Routing transparent ist, muss gewährleistet werden, dass auf jeden Applikations-Server der Datenbestand konsistent ist. Diesen Prozess übernimmt ein automatisches „Deployment“, welches auf jeden Applikations-Server die Projekte synchronisiert. Eine Besonderheit bildet das *Media* Verzeichnis, welches in jedem Projekt mit enthalten ist. Darin werden Nutzerbilder und Produktbilder gespeichert. Um für den Media Ordner eine konsistente Datenhaltung zu gewährleisten, wurde ein NFS – Network File System auf einem NAS – Network Attached Storage implementiert. Auf dem NAS Server, wird das zu jeden Projekt gehörige Media Verzeichnis abgelegt und auf dem Applikations-Server in das zugehörige Projekt Media Verzeichnis gemountet. Durch die Verwendung des NAS ist gewährleistet das jedes Projekt auf die gleichen Datenressourcen zugreift, somit sind umständliche Synchronisationsverfahren zwischen den einzelnen Applikationsservern nicht notwendig. Die Datenverwaltung übernehmen zwei Datenbankserver die durch ein zusätzliches Kernelmodul DRBD gespiegelt werden um bessere Verfügbarkeit zu gewährleisten. Auf den Datenbankservern ist das relationale Datenbankverwaltungssystem MySQL installiert. Für die Verwendung der Onlineshop Software Magento, wird zudem das Speichersubsystem InnoDB benötigt, welches zusätzlich für Transaktionssicherheit sorgt. Eine genaue Kostenanalyse für die Server und die zugehörigen Administrationskosten erfolgen im Kapitel 5.

3 Cloud Computing

3.1 Definition

Für den Begriff Cloud Computing gibt es noch keine standardisierte, einheitliche Definition. Das „*National Institute of Standards and Technology*“ beschreibt Cloud Computing wie folgt.

Cloud Computing ist ein Modell mit dem der Anwender mittels Netzwerkzugriff On-Demand auf einen gemeinsamen Pool von konfigurierbaren Computing-Ressourcen zugreifen kann. Die Ressourcen sind skalierbar und können schnell bereitgestellt und veröffentlicht werden. Der Aufwand an Management sinkt somit auf einen vernachlässigbaren Anteil.¹²

Das Grundkonzept von Cloud Computing nutzt dabei Virtualisierung, um Ressourcen unterschiedlichster Art elektronisch als Dienste bereitzustellen. Die Virtualisierung ist die Grundlage für die Cloud Architektur. Die zusammengefassten Ressourcen aus dem Ressourcenpool können nach Bedarf unterschiedliche Anforderungen lösen. Dabei werden die Ressourcen dynamisch so angepasst, dass genau diese benutzt werden um die Aufgabe zu erfüllen.

3.2 Cloud-Architektur

Die Betrachtung der Cloud-Architektur differiert aus technischer Sicht in den verschiedenen Zielsetzungen, Architekturen und Diensten. Es werden generell drei Kategorien unterschieden, welche durch ihre Komponenten und Funktionen sich unterscheiden siehe dazu Abbildung 2: Cloud Architektur.

¹² [NIST2010]

Abbildung 2: Cloud Architektur



Quelle: [Experton2010]

3.2.1 SaaS – Software as a Service

Zu *Software as a Service* zählen Anwendungen, die aus der Cloud betrieben werden können. Bei dem Nutzer bleibt durch den Cloud-Betrieb eine lokale Installation aus, weil die erforderlichen Ressourcen über das Internet bezogen werden.¹³

Abbildung 3: SaaS - Software als Service



Quelle: [Vel2009]

Der Anbieter der Cloud-Software stellt zu der Software auch den Speicherplatz für anfallende Daten bereit. Damit ergibt sich beim Anbieter eine hohe Verantwortung bezüglich Verfügbarkeit und Datensicherheit. Für dieses Modell gibt es generell zwei Abrechnungsmodelle. Der Nutzer zahlt entweder einen Fixbetrag pro Zeiteinheit oder einen Betrag welcher dem Grad der Nutzung entspricht. Eine sehr bekannte Anwendung stammt von salesforce.com.¹⁴ Die Anwendung bietet Geschäftslösungen

¹³ [Baun2010] S.35

¹⁴ <http://www.salesforce.com/de/>

für Kunden als Dienst über das Internet an. Dazu zählt unter anderen die CRM Lösung (Kundenbeziehungsmanagementsoftware).¹⁵

Ein weiteres Anwendungsbeispiel sind die weit verbreiteten E-Mail Services. Populäre Services wie von Microsoft, Gmail, yahoo, web oder gmx sind Beispiele was SaaS hauptsächlich darstellt. Der Endnutzer greift über das World Wide Web mit einem Webbrowser auf diesen Dienst zu. Der Standard Aspekt ist dabei, dass der Nutzer von überall auf der Welt über das Internet auf diesen Service zugreifen kann. Und meist keine zusätzlichen Installationen benötigt um diesen Dienst zu nutzen.¹⁶

Tabelle 3: Anbieter von SaaS - Anwendungen im Überblick

Organisation	Cloud Service	Beschreibung	Referenz
Salesforce	Salesforce.com	CRM-System	[REF1]
Microsoft	Office Live	Online Office Variante	[REF2]
Google	Google Docs	Online Office Variante	[REF3]
Google	Google Maps Api	Application Service zur Integration von Landkarten und geographischen Informationen API	[REF4]
OpenID	OpenID	Verteiltes System zur Verwaltung systemübergreifender Benutzeridentitäten	[REF5]

Quelle: [Baun2010] S.36

3.2.2 PaaS – Plattform as a Service

Die Schicht *Plattform as a Service* richtet sich nicht, wie SaaS an Endkunden, sondern ist auf Entwickler ausgerichtet. Die Entwickler bekommen bei PaaS eine Entwicklungsumgebung sowie eine Ausführungsumgebung angeboten. Um die Hardware und Installation bzw. die Administration von z.B. Betriebssystem muss sich der Entwickler dabei nicht kümmern. Mit diesen Umgebungen ist es dem

¹⁵ [iX 2/2010]

¹⁶ [SaaS2009]

Entwickler gestattet eigene Programme in einer bestimmten Programmiersprache zu entwickeln und auszuführen. In diesem Gebiet ist die Google App Engine¹⁷ ein bekannter Vertreter. Die *App Engine* gestattet es dem Nutzer lediglich, Python oder Java basierte Programme zu entwickeln und auf den Servern von Google zu betreiben.

PaaS bietet somit ein kosteneffizientes Modell für Applikations-Entwickler über das Internet. Weil Nutzer des PaaS Modells nur für die Leistung bezahlen die sie auch wirklich nutzen.¹⁸

Tabelle 4: Anbieter von PaaS im Überblick

Organisation	Cloud Service	Beschreibung	Referenz
Facebook	Facebook	Werkzeug und Umgebung für Software im sozialen Netzwerk	[REF6]
Google	App Engine	Skalierbare Ausführungsumgebung für Webapplikationen	[REF7]
Microsoft	Azure	Entwicklungs- und Ausführungsumgebung für Microsoft Applikationen	[REF8]
Salesforce	Force.com	Entwicklung von Erweiterung für Salesforce CRM	[REF9]
Sun	Project Caroline	Entwicklung und Betrieb von verteilten Web Applikationen	[REF10]

Quelle: [Baun2010] S.33

3.2.3 IaaS – Infrastruktur as a Service

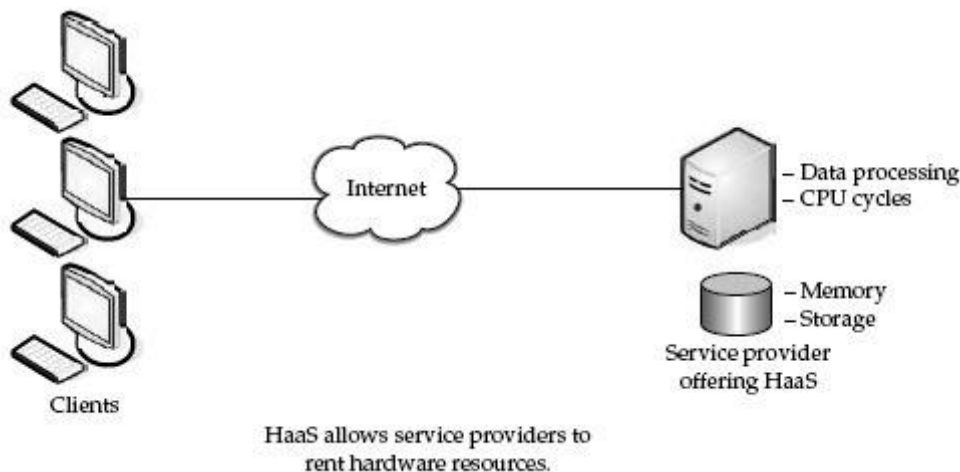
In der IaaS Schicht werden dem Benutzer IT Infrastrukturen d.h. Rechner, Massenspeicher und Netzwerke als Service angeboten. Die Angebote eines IaaS - Anbieters beinhalten:

¹⁷ [REF7]

¹⁸ [Ritting2009] S.48

- Computer Hardware
- Rechner Netzwerke
- Internet Verbindung
- Virtualisierte Plattform Umgebungen
- Service Level
- Einfache Rechnungsverwaltung

Abbildung 4: IaaS - Infrastruktur als Service



Quelle: [Vel2009] S.15

In der Abbildung wurde der Begriff HaaS verwendet. HaaS steht für *Hardware as a Service* und wird häufig als Synonym für den Begriff IaaS genutzt.

Kunden von IaaS - Angeboten mieten diese Ressourcen, welche komplett ausgelagert sind. Für gewöhnlich erfolgt die monatliche Abrechnung. Wie bereits bei den zuvor erwähnten Services, erfolgt auch bei IaaS eine Abrechnung nur anhand der genutzten Ressourcen.

Für die Verwaltung der Ressourcen wird dem Nutzer eine Benutzerschnittstelle zur Verfügung gestellt. Typische Funktionen über die Schnittstelle ist das Anlegen und Terminieren von Betriebssystemabbildern, die Skalierung von Kapazitäten und das Einrichtung von Netzwerk-Topologien. Darüber hinaus können die erforderlichen Funktionalitäten wie das Starten und Stoppen der Instanzen ausgeführt werden. Eine IaaS Anwendung ist die Amazon Elastic Compute Cloud kurz EC2.¹⁹

¹⁹ [Ritting2009] S. 34

Tabelle 5: IaaS Anbieter im Überblick

Organisation	Cloud Service	Beschreibung	Referenz
Amazon	EC2	Virtuelle Server	[REF11]
FlexiScale	FlexiScale Cloud Computing	Virtuelle Server	[REF12]
GoGrid	Cloud Hosting	Virtuelle Server	[REF13]
Bluelock	Virtual Cloud Computing	Virtuelle Server	[REF14]
Rackspace	Mosso Cloud Servers	Virtuelle Server	[REF15]

Quelle: [Baun2010] S.31

3.3 Detaillierte Beschreibung von Anbietern von Cloud Services

Anbieter für Cloud Computing gibt es zahlreich am Markt siehe Übersichtstabellen zum Thema Cloud-Architektur. Das Marktangebot in Deutschland hingegen wirkt noch sehr überschaubar. Die meisten Anbieter kommen nach Analyse des Autors aus dem amerikanischen Raum.

Entschließen sich Deutsche Unternehmen für solch einen Cloud Anbieter, kommt es automatisch zu dem Problem, dass wichtige Unternehmensdaten außer Landes auf fremden Speicherressourcen abgelegt werden. Die deutschen Anbieter wie z.B. Deutsche Telekom, Nionex und Pironet NDH Datacenter können dadurch ihren Standortvorteil ausspielen. Die großen Anbieter wie Amazon, Google, Salesforce oder IBM sind bestrebt ihren Marktanteil in Deutschland zu sichern. Aus diesen Gründen richtete Amazon Ende 2008 bereits, in Europa Cloud-Dienste ein um ihren Marktanteil in Deutschland zu sichern. Der Markt in Deutschland wirkt dennoch sehr übersichtlich.

Der steigende Wettbewerb und das Aussieben kleinerer Anbieter, wird nach Angaben der Experton Group, zu einem innovativen und preiseffizienten Markt führen. Anwender sollten genau überprüfen ob bei den offerierten IaaS-Anbietern, die gewünschte Skalierungsfähigkeit und die Abrechnungsmodelle dem entsprechen was Anbieter als Marketingversprechen abgeben.²⁰

²⁰ [Experton2010]

Für einige Cloud Services wird das folgende Kapitel einen Überblick geben, und deren Funktionsumfang vermitteln. Die Auswahl fiel auf die genannten Angebote, weil sie eine hohe Präsenz genießen, wie bereits durch den *Cloud Vendor Benchmark* untersucht wurde. An dieser Stelle ist auch zu erwähnen, dass das Feld Cloud Computing bei weitem nicht nur aus den folgenden Anbietern besteht.

3.3.1 Amazon Webservices

Seit Anfang 2006 wird von Amazon die Amazon Web Services kurz AWS angeboten. Amazon Webservices ist der Sammelbegriff für alle Cloud-Angebote der Firma Amazon. AWS präsentiert Unternehmen aller Größenordnungen eine Cloud-basierte Plattform für Infrastruktur Web-Services. Das Cloud-Engagement des Unternehmens, das vorrangig als Online-Shop bekannt ist, lässt sich einfach begründen. Amazon muss IT-Infrastruktur vorhalten, der sich am saisonalen Spitzenaufkommen z.B. zur Weihnachtszeit orientiert. Im restlichen Jahresabschnitt liegen diese Ressourcen jedoch brach. Daraus resultierte die Geschäftsidee, die freien Ressourcen gegen Entgelt, Dritten zur Verfügung zu stellen.

Mit AWS können Rechenleistung, Speicherkapazität, Datenbankservices und der Zugriff auf eine Reihe elastischer IT-Infrastruktur-Dienstleistungen ganz nach Bedarf für das Unternehmen gebucht werden.

AWS ist sehr flexibel in der Auswahl, wenn es um die passende Entwicklungsplattform, das Betriebssystem, die verschiedenen Instanz-Typen oder das Programmiermodell geht. Über die Steuerung mittels Webservice-API kann die Anwendung selbstständig an die Anforderung skaliert werden.

Die Zahlung für diesen Service erfolgt nur nach wirklich benutzten Ressourcen. Die Rechenkapazität kann wahlweise durch verschiedene Instanz-Typen angepasst werden. Somit ist der Webservice von Amazon gerade im E-Commerce, wo stets unterschiedliche Nachfrage und daraus resultierende Lastspitzen auf dem Server bestehen, einfach skalierbar.

Für neue Startup Unternehmen, welche nicht die finanziellen Möglichkeiten für eigene Infrastrukturen besitzen, ist der Webservice komfortabel und ein guter

Einstieg in die Wirtschaft. Die Startup Unternehmen profitieren vor allem von der „Pay-per-Use“ Abrechnung.

Die Amazon EC2 Dienste werden in der Netzwerkinfrastruktur und den Rechenzentren von Amazon betrieben. Die Amazon EC2-Dienstgütevereinbarung bestätigt dem Endanwender eine 99,95 prozentige Verfügbarkeit. Unter Umständen steht auch eine Verfügbarkeit von 99,99% dem Nutzer zur Auswahl. Die bessere Zuverlässigkeit ist nur durch zusätzliche Investitionen möglich.²¹

3.3.2 Nionex

Nionex ist ein deutschen Anbieter von On-Demand IT Infrastruktur. Mit Nionex bekommt der Anwender ein flexibles „hosting on demand“ Paket. Damit können Anwendungen kurzfristig auf passenden Serverstrukturen gehostet werden. Nionex verspricht das Hosting Angebote nur auf Deutsche Serverstandorte bezogen werden. Damit ist das Problem, dass Unternehmen landesübergreifende Speicherressourcen nutzen nicht ausschlaggebend. Die virtuellen Server von Nionex können jederzeit flexibel an die Anforderung angepasst werden. Je nach Anforderung können die Ausstattungen, die Netzwerkverbindung oder das Storagevolumen geändert werden.

Um Applikationen hochperformant zu betreiben, können Instanzen von Nionex speziell als hochverfügbar ausgelegt werden. Das bedeutet, dass im Falle eines Hardwareausfalles, die Instanz auf einer anderen Umgebung automatisch neu gestartet wird. Die Hochverfügbarkeit muss aber als extra Service gebucht werden.

Werden die vereinbarten Verfügbarkeiten nicht erreicht so kann der Anwender den Vertrag mit Nionex problemlos widerrufen. Nach einer Rückfrage bei Nionex wurde bestätigt, dass die Standardverfügbarkeit für eine virtuelle Instanz mit 99 % beziffert wird. Wenn die Instanz hochverfügbar ausgelegt wird garantiert Nionex eine Verfügbarkeit von 99,9 Prozent. Die Verfügbarkeit bezieht sich auf die virtuelle

²¹ [REF11]

Instanz ohne Berücksichtigung der Applikation auf der Instanz, da vom Anbieter kein Einfluss auf die Applikation genommen werden kann.²²

3.3.3 Flexiant

Flexiant ist ein weiterer Anbieter für flexible Computing Clouds. Der Unternehmenssitz befindet sich in Livingston UK. Infolgedessen ergibt sich eine gesonderte Rechtslage für die gespeicherten Daten. Das Konzept von Flexiant ist ähnlich des Amazon Web Service Elastic Computing Cloud. Auch hier wird nur für die IT-Infrastruktur bezahlt, welche auch tatsächlich benutzt wird. Bei Flexiant werden virtuelle Serverinstanzen mit CPUs die ein, zwei, drei oder 4 Kernen besitzen, zur Verfügung gestellt. Der Arbeitsspeicher reicht von 0,5 GB bis zu 8 GB. Über eine webbasierte Oberfläche kann der Anwender die erstellten virtuellen Server administrieren.²³

3.3.4 GoGrid Geschäftsbereich der ServePath

GoGrid ist ein Cloud Infrastruktur Anbieter dessen Niederlassung in San Fransico sich befindet. Für komplexe Onlineprojekte bietet GoGrid verschiedene Preis-Pakete an. Zum Beispiel gibt es das Business Cloud Paket mit monatlichen Kosten von 999\$. Für diese Gebühr bekommt man einen bestimmten Umfang an Leistung zur Verfügung gestellt. GoGrid liefert zudem ein 24 stündigen kostenfreien Support.

Die Server gibt es bei GoGrid ebenfalls in verschiedenen Ausführungen. Extra Kosten fallen an, wenn sich der Anwender für zusätzlichen Cloud Storages entscheidet. Standardmäßig hat der Anwender 10 GB Speicherplatz frei. Dieser Anbieter verkauft auch Hybrid-Lösungen, weil manche Anwendungen auf dedizierten Server besser laufen. Laut GoGrid funktionieren Datenbanken auf diesen Servern besser als auf Servern in der Cloud und auch aus Sicherheitsaspekten sind solche Hybrid Lösungen besser für Unternehmen geeignet.²⁴

²² [REF16]

²³ [REF12]

²⁴ [REF13]

In einem Artikel aus der Networkworld wurde berichtet, dass GoGrid sich zu einen der größten Konkurrenten zu Amazon etabliert hat.²⁵

3.3.5 Salesforce

Salesforce.com ist ein Cloud-Anbieter für Software zur Kundenverwaltung meistens als CRM-System (Customer Relationship Management) bezeichnet. Somit ist Salesforce ein SaaS-Angebot. Salesforce wurde um eine Plattform as a Service ergänzt. Auf dieser Plattform können SaaS Lösungen entwickelt werden. Im Mittelpunkt steht natürlich die CRM SaaS Lösung für den Marketing Bereich. Die erweiterte Plattform as a Service wird unter dem Namen force.com betrieben. Diese erlaubt Entwicklern eigene Geschäftsanwendung zu schaffen und auf salesforce.de Infrastruktur zu betreiben. Die Plattform stellt dem Entwickler automatisch die Entwicklungswerkzeuge bereit. Die Logik muss durch die Programmiersprache Apex umgesetzt werden.²⁶

3.3.6 Windows Azure

An dieser Stelle sei noch das Cloud Angebot von Microsoft erwähnt. Das Angebot des Konzerns Microsoft basiert auf einer Plattform mit dem Namen „Windows Azure“. Kunden können bei Microsoft Anwendungen als Service mieten. Microsofts Deutschland-Geschäftsführer Achim Berg verkündet in einem Interview, dass das kommende Office 14 ebenfalls als Cloud Service betrieben werden kann.²⁷

Google hatte Microsoft mit den Online Diensten *Google Docs* oder *Spreadsheet* Konkurrenz gemacht. Die Strategie von Microsoft ist allerdings, dass die Kernanwendung durch Webdienste erweitert werden soll, aber nicht wie Google-Dienste, vollkommen im Browser abläuft. Microsoft bezeichnet es selbst als Software + Service.²⁸

Windows Azure verfügt aber noch über weitere Einsatzszenarien. So ist es ebenfalls, für Webagenturen die ihre eigene Webpräsenz und ein eigenes Shop-System

²⁵ [NetworkWorld2010]

²⁶ [REF1]

²⁷ [ComW2010B]

²⁸ [REF8]

betreiben geeignet. Windows Azure dient in diesem Fall wieder als Plattform auf der SQL Abfragen, die Lastverteilung und die eigentliche Anwendung läuft. Durch den Service Bus der Windows Azure Plattform AppFabric können personenbezogene Daten auch außerhalb der Cloud gespeichert werden.²⁹

3.3.7 Eucalyptus

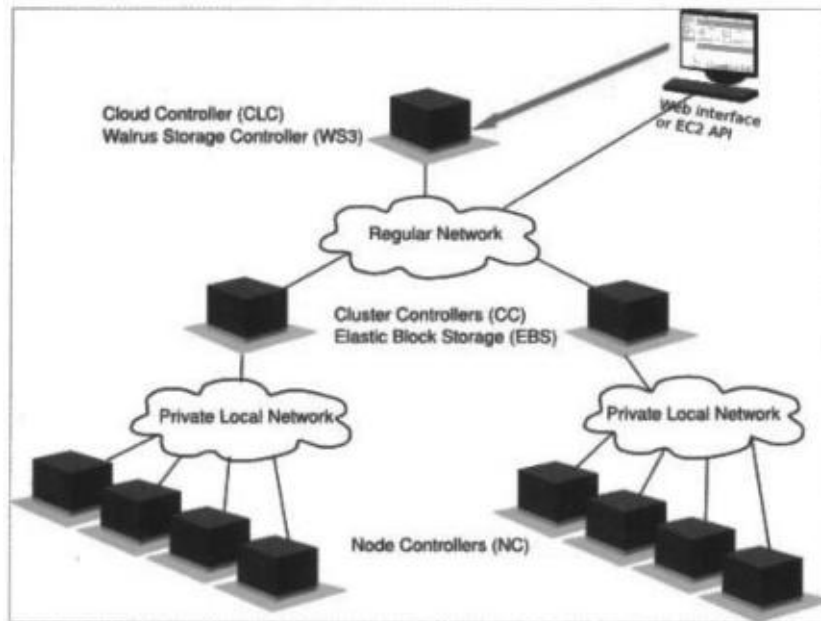
Eucalyptus ist eine Abkürzung für "Elastic Utility Computing Architecture for Linking Your Programs To Useful Systems". Eucalyptus ist durch eine Ausgründung der University of California in Santa Barbara entstanden. Eucalyptus Systems hat ein kommerzielles Produkt auf den Markt gebracht, welches private VMware Clouds unterstützt. Anwender werden damit unterstützt interne virtuelle Datenzentren, auch private Cloud Infrastrukturen genannt, zu implementieren. Die Motivation eine private Cloud zu erstellen liegt unter anderem in den Sicherheitsbedenken und Datenschutzregelungen. Eucalyptus-Anwendungen lassen sich kompatibel zu Amazons EC2 Service entwickeln. Dadurch ist es möglich einfach eine Hybrid-Cloud aufzubauen und zu betreiben. Bei Eucalyptus kommen nur frei verfügbare Open-Source-Programme zum Einsatz, mit denen sich der Nutzer eine eigene private Cloud-Infrastruktur aufbauen kann.³⁰

Die Eucalyptus-Architektur ist modular aufgebaut. Eine Cloud besteht dabei aus fünf Elementen siehe Abbildung 5: Architektur Eucalyptus, die skaliert werden können.

²⁹ [Red2009]

³⁰ [REF17]

Abbildung 5: Architektur Eucalyptus



Quelle: [Stru2010] S.91

Der Cloud Controller (CLC) ist das von außen sichtbare Element der Architektur. Auf diesem befindet sich das Interface mit dem der Nutzer interagiert. Die Kommunikation zu den Cluster Controllern (CC) wird ebenfalls über den CLC gesteuert. Der CC entscheidet, welcher Node Controller (NC) eine Instanz laufen lassen wird. Ebenfalls routet der CC über ein virtuelles Netz zu den laufenden Instanzen.

Mit Eucalyptus wird dem Anwender eine einfache Möglichkeit gegeben private Clouds zu betreiben. Die zuvor gezeigte Architektur ist nur ein kleiner Einblick in die Thematik „private Cloud“. Eine genauere Ausführung lässt der Umfang dieser Arbeit leider nicht zu.³¹

3.3.8 Google App Engine

Die Google App Engine ist ein Plattform as a Service Angebot mit integrierter Programmierumgebung. Damit lassen sich Web-Applikationen für skalierbare Infrastruktur von Google entwickeln. Durch die App Engine können sich Entwickler auf ihr Projekt und dessen Anwendungsfunktionalität konzentrieren und müssen sich keine Gedanken um die Administration von Servern machen. Google bietet

³¹ [Stru2010] S.91

verschiedene App Engine Umgebungen für unterschiedliche Programmiersprachen wie Python oder Java. Von Google wird für diese Sprachen eine Laufzeitumgebung bereitgestellt, die die Entwickler während der Umsetzungsphase probeweise ausführen können, um ihre Anwendung zu testen. Nach der Entwicklungsphase kann die Anwendung auf die Google Infrastruktur übertragen werden.

Die Anwendung profitiert somit von der Zuverlässigkeit und der Skalierungstechnologie, wie es auch bei Googles Suchmaschine zum Einsatz kommt. Bei den Preisen orientiert sich Google an den Entwicklern. Es gibt zum Beispiel ein kostenloses Freikontingent pro Entwickler. Das beinhaltet ein gewisses Maß an CPU-Auslastung, Speicherbenutzung und Datentransfer. Das Freikontingent wird tagesweise abgerechnet und reicht in der Regel für die Entwicklungsumgebung und kleinere Webanwendung aus. Alles was über das Freikontingent hinweg geht muss kostenpflichtig erworben werden.³²

3.4 Cloud-Infrastruktur

Die Betrachtung der Cloud Infrastruktur im folgenden Kapitel erfolgt aus organisatorischer Sicht. Diese unterscheidet nach einer Trennung der organisatorischen Einheiten von Benutzern und Anbietern.

3.4.1 Public, Private und Hybrid Clouds

Als Public Cloud bezeichnet man alle Cloud-Angebote bei der Anbieter und Benutzer nicht der gleichen Organisation angehören.³³ Die Anbieter machen ihre Cloud öffentlich zugänglich und bieten meist eine Web-Schnittstelle an, mit der die Benutzer selbst die Leistung anpassen können. Dieses Cloud Modell liegt immer ein kommerzielles Geschäftsmodell zu Grunde. Das bedeutet, dass dem Nutzer nur die von ihm verbrauchten Ressourcen in Abrechnung gestellt werden. Ein besonderes Risiko besteht darin, dass sensible Daten die Organisation verlassen. Dadurch entsteht ein sogenannter Lock-In. Darunter versteht man einen Zustand, bei dem der Kunde an einen Hersteller in diesem Fall Anbieter gebunden wird. Und nur mit

³² [REF7]

³³ [Baun2010] S.26

erheblichen Aufwand aus dieser Situation wieder herauskommt.³⁴ Will die Organisation beispielsweise den Anbieter wechseln, ist dies nur sehr schwer bzw. unmöglich. Daraus resultiert das bei einer Insolvenz oder Preiserhöhungen die Benutzer keine Alternative besitzen um Ihre Daten neu zu organisieren.

Abhilfe schafft die Nutzung von Private Clouds. Damit lassen sich kompatible Alternativen zu Public Clouds erstellen. Private Clouds werden in der gleichen Organisation betrieben, welcher auch die Benutzer angehören. Als Hauptargument für den Einsatz dieser Clouds werden meist Sicherheitsaspekte angeführt.³⁵ Bekannte Softwarelösungen für Private Clouds sind Eucalyptus siehe Kapitel 3.3.7. In der privaten Cloud bleibt die Kontrolle über die eigenen Daten beim Unternehmen. Somit können sensible Daten z.B. Kundendaten im eCommerce besser geschützt werden. Der Nachteil an einer Private Cloud ist, dass dafür eigene IT-Ressourcen zur Verfügung gestellt werden müssen. Durch eine enge Anbindung der Werkzeuge an die der Public Cloud soll es ermöglichen, dass diese intuitiv benutzt werden können. Zudem sind z.B. die Entwickler von Eucalyptus bestrebt sich an das Cloud System von Amazon zu halten, um Private Clouds eventuell später in eine Public Cloud zu skalieren.³⁶

Es ist auch möglich Private- und Public Clouds zu kombinieren. In diesem Szenario spricht man von Hybrid-Clouds. In solch einem Szenario können Lastspitzen mit Ressourcen, in einer oder mehrerer Public-Clouds abgedeckt werden. Der Regelbetrieb erfolgt über die privaten Ressourcen. Aus Sicht der Sicherheit sollte man allerdings abwägen, dass nur unkritische Daten ausgelagert werden dürfen.³⁷

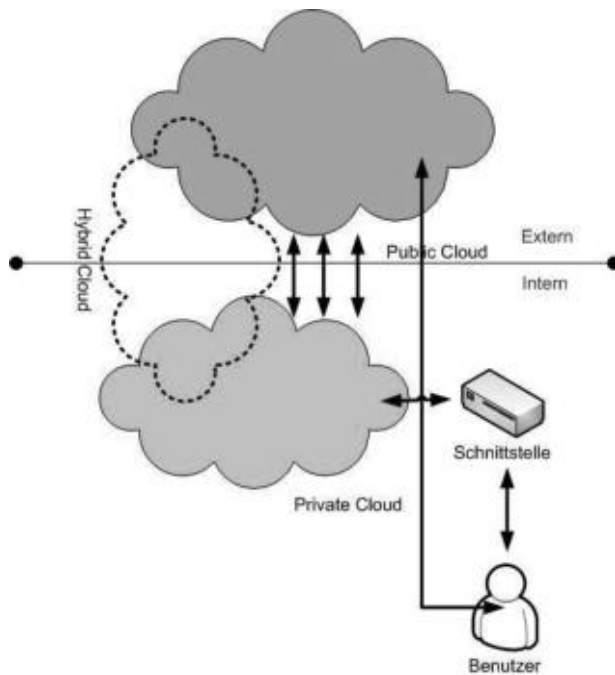
In der folgenden Abbildung ist das Zusammenspiel zwischen den gerade genannten Cloud Infrastrukturen grafisch dargestellt.

³⁴ [Teia2010]

³⁵ [Baun2010] S.25

³⁶ [REF17]

³⁷ [Baun2010] S.27



Quelle: Eigene Abbildung

Von Amazon wird für die Nutzung solcher Hybrid-Clouds, eine sichere nahtlose Brücke zwischen vorhandener IT-Infrastruktur und Amazon Cloud bereitgestellt. Die Amazon Virtual Privat Cloud (VPC) garantiert eine sichere Verbindung vorhandener interner IT-Ressourcen mit den Rechenressourcen von AWS über ein Virtuelles privates Netzwerk (kurz. VPN). Die Weiterleitung des gesamten Netzwerkverkehrs zwischen VPC und dem eigenen Rechenzentrum erfolgt durch eine verschlüsselte IPsec-VPN-Verbindung nach Industriestandard.³⁸ Die Verwendung eines solchen Tunnels zwischen den eigenen Ressourcen und denen Instanzen der Amazon Cloud bietet einige Vorteile. Zum Beispiel wenn es sich um die Speicherung von sensible Daten handelt. Die Speicherung der Daten könnte der Nutzer auf einen privaten zusätzlichen geschützten Datenbank Server vorhalten. Die übertragenen Daten werden durch die VPN-Verbindung geleitet, wodurch die Vertraulichkeit und Integrität der übertragenen Daten gewährleistet wird. Die Abfrage und Manipulation der Daten übernehmen verschiedene Applikations-Server aus der Cloud. Diese können von der am eigenen Standort eingerichteten Sicherheitsinfrastruktur überprüft werden. Unter anderem durch Netzwerk-Firewalls. Durch diese Konstellation können zusätzliche Ebenen zum Schutz, zur

³⁸ [AWS_VPC2010]

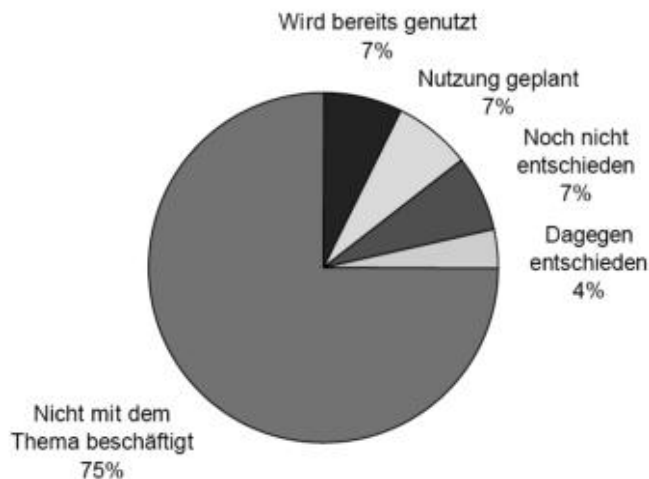
Datenisolierung und zur Durchsetzung von Richtlinien geschaffen werden. Jedoch besteht dadurch ein sehr großer Nachteil.

Der gesamte Verkehr zwischen VPC und der Datenbank im eigenen Rechenzentrum erfolgt durch eine verschlüsselte IPsec-VPN-Verbindung. Amazon schränkt den VPN-Durchsatz zwar in keiner Weise ein dennoch entsteht ein sogenannter Flaschenhals. Den Durchsatz beeinflussen können zum Beispiel kryptografische Fähigkeiten des Kunden-Gateways, Kapazität der Internetverbindung, durchschnittliche Paketgröße, verwendetes Protokoll (TCP oder UDP) und Verzögerungszeit im Netzwerk zwischen dem Kunden-Gateway und dem VPN-Gateway.³⁹ Der Amazon VPC ist allerdings derzeit nur in einer einzigen Verfügbarkeitszone in der Region Amazon EC2 US-East-1 verfügbar.

3.5 Marktentwicklung für Cloud Services

Im Rahmen einer IDC Umfrage im März 2009 zum Thema Cloud Computing in Deutschland, wurden 805 Unternehmen mit mehr als 100 Mitarbeitern befragt.

Abbildung 6: Nutzungsverhältnis Cloud Computing



Quelle: [IDC2010]

Das Ergebnis der Umfrage zeigt das Diagramm in Abbildung 6: Nutzungsverhältnis Cloud Computing. Der Großteil aller befragten Unternehmen, hat sich noch nie mit dem Thema beschäftigt. Nach Meinung des Autors, schlussfolgernd durch die verspätete Integration von Cloud Computing in Deutschland und der noch nicht

³⁹ [AWS_FAQ2010]

ausreichenden Sicherheits- und Datenschutzbestimmungen. Auf der anderen Seite nutzen sieben Prozent der Unternehmen bereits Cloud Angebote und weitere sieben Prozent, haben sich bereits damit auseinander gesetzt und sind bereit in Cloud Services zu investieren.

In einer weiteren Analyse von IDC wurden auch die Antriebsfaktoren für Cloud Computing untersucht.

Abbildung 7: Antriebsfaktoren für Cloud Computing



Quelle: [IDC2010]

Als wichtigsten Faktor, sehen die befragten Personen das Potenzial zur Kostensenkung. Weitere wichtige Aspekte sind:

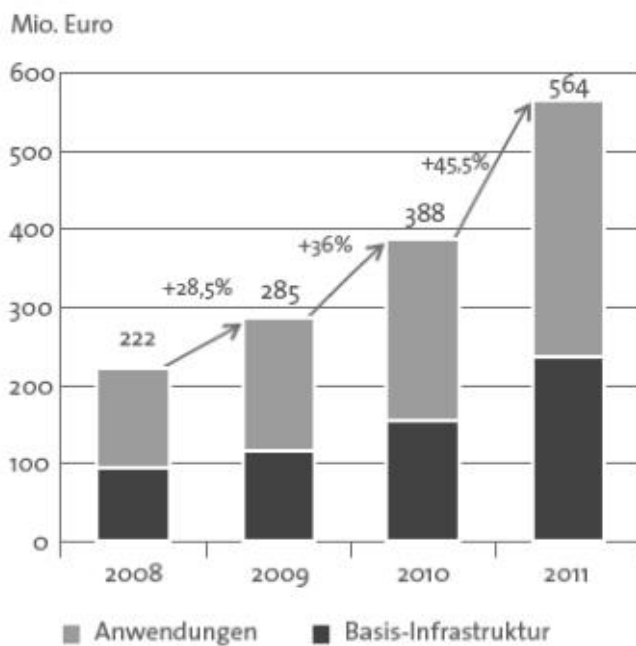
- das Hohe Maß an Skalierbarkeit und Flexibilität
- Konzentration auf das Kerngeschäft
- Umsetzung ohne spezielles Fachwissen
- Schnelle Realisierung

Nach den Untersuchungen ist IDC zu der Erkenntnis gekommen das sich vor allem sehr große Unternehmen d.h. über 5000 Mitarbeiter zu Cloud Computing bekennen. Wiederum viele Mittelständische Unternehmen sich gegen den Einsatz von Cloud Computing entschieden haben. Diese machen einen Anteil von vier Prozent der

untersuchten Unternehmen aus. Die Hauptgründe dafür sind Sicherheitsbedenken und die noch fehlenden gesetzlichen Richtlinien.⁴⁰

Die Mehrzahl jedoch geht davon aus, dass sich Cloud Computing in den kommenden Jahren etablieren wird und eine Ergänzung zur IT darstellt. Analysten des Bundesverbandes Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V kurz Bitkom stellten in ihren Leitfaden zu Cloud Computing erste Analysen vor. Die Analysten prognostizieren das Volumen des Cloud Computing Marktes 2008 im B2B Bereich auf 222 Mio. Für das Jahr 2010 wurde eine Schätzung von 388 Mio. abgegeben, was einen Anstieg von 36% ergibt. Für die folgenden Jahre prognostizieren sie ebenfalls einem weiteren Anstieg⁴¹ siehe Abbildung.

Abbildung 8: Marktentwicklung Cloud Computing



Quelle: [Bitkom2010]

⁴⁰ [IDC2010]

⁴¹ [Bitkom2010]

3.6 Veränderungen durch Cloud Computing

Mit Cloud Computing wird das Potenzial verbunden, individuelle Nutzung und Bereitstellung von Ressourcen nachhaltig zu verändern. Zeitersparnis, die Minimierung von Hindernissen bei der Einführung neuer Anwendung und Kostenersparnis sind die wesentlichen Vorteile des Cloud Computing.

Grundsätzlich sind Cloud Angebote nicht auf Anwendungen beschränkt. Es lässt sich generell jede Applikation in einer Cloud ausführen. Die Nutzung kann variieren. Zum einem können Cloud Angebote einmalig für bestimmte Bedürfnisse benutzt werden. Zum Beispiel die gigantische Aufgabe der New York Times, welche in 24 Stunden elf Millionen Artikel aus historischen Archiven in ein weltweit lesbares Format umwandeln lies. Mit den eigenen Rechnern wäre dies sicherlich an einem Tag nicht zu schaffen gewesen. Deshalb hat die New York Times auf die Rechenleistung aus der Cloud vertraut.⁴² Zum Anderen sind das Abfangen von Lastspitzen oder das Überbrücken von wenig Nutzeraufkommen weitere Nutzungsgebiete von Cloud Services. Hier wird das Lastverhalten durch Monitoring Anwendungen überwacht und durch vorgehaltene virtuelle Server-Instanzen gegebenenfalls beeinflusst. Durch diese dynamische Anpassung der Ressourcen können Fixkosten reduziert werden. Dies steht im Gegensatz zu Anschaffungs- bzw. Mietkosten, wo Ressourcen gekauft oder über einen Zeitraum gemietet werden. Durch die nutzungsabhängige Verwendung ergibt sich ein hoher Grad an Elastizität und die Risikominimierung nicht ausreichend zur Verfügung stehender Hardware. Aus eigenen Erfahrungen ist in der Praxis eine optimale Auslastung in Rechenzentren im Regelfall nicht möglich. Ein unerwarteter Bedarf an Ressourcen kann meist nicht schnell unterstützt werden. Hinzu kommt das Ressourcenbedarf nicht vorhersehbar ist. Davon sind viele Anwendungen im eCommerce stark betroffen. Zum einen gibt es den saisonalen Trend und zum anderem die temporären Ereignisse, ausgelöst durch zum Beispiel spezielle Sonderangebote.

⁴² [Sued2010]

Für die Bewertung können Kostenmodelle genutzt werden. Das bedeutet, dass die Kosten der tatsächlichen Nutzung von Cloud Services den Kosten eines Rechenzentrums gegenübergestellt werden. Zu beachten ist das die Kapazität eines eigenen Rechenzentrums fest steht bzw. nur mit erheblichen Aufwand nach oben skaliert werden kann, wo gegen Cloud Angebote eine dynamisch Kapazität aufweisen. Auf solch ein Kostenmodell wird im Kapitel 5 genauer eingegangen.

Aus ökologischer Sicht betrachtet, können durch Virtualisierung und Konsolidierungen von Hardware-Servern in virtuelle Server, Energiekosten signifikant gesenkt werden. War bisher die reine Rechenleistung das primäre Augenmerk, so hat bereits 2007 ein Wandels stattgefunden, wo mehr und mehr auf ökologischere Ressourcen geachtet wurde.⁴³

Eine weitere große Änderung könnte sich ebenfalls bei Softwareanbietern ergeben. Diese müssen sich generell neu orientieren und von der herkömmlichen Software hin zu Software as a Service arbeiten. Auch die Installation lokaler Software wird sich in den nächsten Jahren ändern, weil zunehmend die Software ins Internet verlagert wird. Via Bitkom, werden sich auch Software-Entwickler umstellen müssen. Einige Aufgaben werden durch das Angebot Plattform as a Service dem Entwickler abgenommen. Einen weiteren Wandel wird es bei IT Consulting geben. Die Geschäfte werden zentralisiert und somit entfallen die Beratungsleistungen beim Kunden. Die Berater werden sich im Bereich Cloud Computing spezialisieren müssen oder ggf. als Cloud Computing Anbieter auftreten.

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Aspekt ist der Einfluss auf die Hardware Hersteller. Durch die zunehmende Auslagerung entfallen die typischen Geschäftsbereiche. Um den Einfluss nicht zu versiegen, müssen die Hersteller rechtzeitig reagieren. So könnte ein mögliches Szenario sein das Hardware Hersteller zukünftig ebenfalls als IT-Dienstleister auftreten. Oder eine weitere Möglichkeit wäre vorhandene IT-Dienstleister bei der Virtualisierung zu unterstützen.⁴⁴

⁴³ [Green2009]

⁴⁴ [BITKOM2010]

Einen weiteren Überblick über die Auswirkung von Cloud Computing auf die Marktsegmente liefert die folgende Tabelle.

Tabelle 6: Auswirkung von Cloud Computing auf Marktsegmente

Marktsegment	Tendenz
Server und Speichersysteme	Fallend
Netzwerk-Infrastruktur	Gleich bleibend
Sicherheit und WAN Infrastruktur	Steigend
PCs u. Peripherie	Gleich bleibend
Hardware Service	fallend
Software Lizenzen	Fallend
Consulting im bereich Datenschutz u. Sicherheit	Steigend
Software Lösungen	Steigend
Auslagerung u. Service Verwaltung	Steigend

Quelle: [Bitkom2010]

Cloud Computing ist ein junges dynamisches Gebiet, welches das Verständnis über die Bereitstellung und die Nutzung von IT grundlegend ändern könnte. Cloud Computing bietet wie zuvor erwähnt viele Vorteile, birgt aber auch Gefahren. Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, sind die größten Bedenken die Sicherheit und der Datenschutz. Hinzu kommen noch einige weitere Herausforderungen die im Vorfeld gründlich recherchiert werden müssen. Die Bedenken über die Sicherheit und den Datenschutz sind generell nicht unbegründet, denn die Speicherung und Verarbeitung von Geschäfts- und/oder Kundendaten erfolgt nicht im eigenen Unternehmen. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass wenn die Daten außerhalb des eigenen Unternehmens verarbeitet werden, sich auch die gesetzlichen Regelungen an der externen Stelle orientieren. Weiterhin sollte man sich Bewusst sein, dass die Daten nur über das Internet erreichbar sind. Für die Anbindung muss dementsprechend eine ausreichende Bandbreite für den Zugriff auf die externen

Dienste gewährleistet werden. Dem gegenüber steht natürlich der Offline-Betrieb. Was geschieht wenn der externe Dienst ausfällt oder wenn das Netzwerk offline ist? Prinzipiell besteht dann für den Anwender keine Möglichkeit an die eigenen Daten zu gelangen. Die Webservices von Amazon gewähren für solche extremen Situationen einen prozentualen Rabatt auf Betriebskosten.⁴⁵

3.7 Sicherheit und Juristische Betrachtungsweisen

Das Thema Sicherheit beinhaltet sowohl den sicheren Zugriff auf die Ressourcen sowie die Berücksichtigung zum Thema Datenschutz. Prinzipiell gelten dieselben Regeln, wie sie auch beim Betrieb von Diensten in einem lokalen Rechenzentrum üblich sind.

Die verschiedenen Cloud Architekturen besitzen dabei bedingt durch die Offenheit des Ansatzes verschiedene Charakteristiken. Das IAAS Angebot bietet die größte Flexibilität, daraus resultiert das die Verantwortung für die Sicherheit hauptsächlich beim Kunden bleibt. Durch die mittlere Flexibilität von PAAS Angeboten ergibt sich eine Verantwortung sowohl beim Kunden als auch beim Anbieter. Zum Schluss bleibt noch das SaaS Angebot mit seiner minimalsten Flexibilität, welches sich dadurch auszeichnet das die Verantwortung für die Sicherheit signifikant vom Anbieter übernommen wird.⁴⁶

Das zentrale Problem des Cloud Computing besteht trotz allem darin, die Integrität und Vertraulichkeit bei der Verarbeitung von Daten des Nutzers zu gewährleisten. Dies betrifft die Verarbeitung personenbezogener Daten, sowie alle Daten, bei denen Vertraulichkeit und Integrität unverzichtlich ist. Das Grundprinzip ist das Unterbinden unberechtigter und schädigender Zugriffe Dritter. Vertraulichkeit bedeutet, dass Informationen nur berechtigten Personen bekannt gegeben werden. Durch Integrität soll gewährleistet werden, dass Informationen

⁴⁵ [AWS_Sec2010]

⁴⁶ [Baun2010]

vollständig, richtig und aktuell sind. Sollte dies nicht der Fall sein, muss deutlich zu erkennen sein, dass die Daten manipuliert wurden sind.

Die Hersteller der Virtualisierungs-Software behaupten das ihre Software, hier sei vor allem der *Hypervisor* in der Verwaltungsschicht gemeint, so sicher sind das verschiedene Systeme mit unterschiedlichen Sicherheits-Level auf einen physischen Host zusammen laufen können. Das können beispielsweise Virtuelle Maschinen seien vom Shop der Kreditkarten akzeptiert bis hin zu privaten Webservern, wobei beide Maschinen über den virtuellen Switch verbunden sind. Ein möglicher Angriff auf eine virtuelle Maschine könnte in zwei Schritten ablaufen. Zum Einem das Ausbrechen aus der eigenen Virtuellen Maschine auf den Hypervisor im Super-User Modus. Der zweite Schritt ist das Eindringen vom Hypervisor in eine andere Virtuelle Maschine. Dadurch erhält man Zugriffe auf Speicher und andere Prozesse des fremden Betriebssystems. Virtualisierung wird zwar in der Hardwareebene unterstützt dennoch müssen Treiber von der Virtualisierungssoftware für Ein- und Ausgabegeräte zur Verfügung gestellt werden. Kommt es in solch einem Treiber zu Fehlfunktionen, kann man aus dem Gastsystem ausbrechen und in den Speicher des Hostes Daten schreiben. Ein bekanntes Fallbeispiel gab es bei den Produkten bei VmWare.⁴⁷ Stellt man sich nun vor das ein normaler Kunde und ein Angreifer sich einen physischen Host teilen, kann der Angreifer durchaus ohne Umstände die Kreditkartendaten des Shops auf der benachbarten Virtuellen Maschine ausspähen. In dieser Hinsicht werden die Sicherheitsrisiken noch von vielen unterschätzt. Man sollte also nicht auf einem physischen Rechner mehrere Virtuelle Maschinen betreiben die unterschiedliche Sicherheitsstufen besitzen. Die Sicherheitsstufe richtet sich stets nach dem schwächsten Glied.⁴⁸

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Aspekt ist die Verfügbarkeit. Informationen sollten für Berechtigte immer und überall zugänglich sein, wo sie benötigt werden.

⁴⁷ [heise2010]

⁴⁸ [iX 2/2010]

Aus haftungsrechtlichen Gründen ist es natürlich von Bedeutung, dass die Verantwortlichkeit für charakteristische Sicherheitsmaßnahmen eindeutig zugewiesen wird. Sicherheitsregelungen werden bei Cloud-Anbietern meist über Security-Service-Level-Agreements (SSLA) deklariert. Clouds sind tendenziell grenzüberschreitend, das bedeutet dass es keine technischen Gründe zur Berücksichtigung territorialer Grenzen gibt. Aus diesem Grund müssen für die Archivierung von Daten in der Cloud spezielle Regelungen getroffen werden. Das Unabhängige Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein verweist auf den § 146 Abs. 2 S. 1 AO. Dieser schreibt vor dass Daten prinzipiell im Inland zu führen und aufzubewahren sind ggf. in einen Mitgliedstaat der Europäischen Union (EU).⁴⁹ Ist eine verantwortliche Stelle nicht in einem Mitgliedstaat der Europäischen Union so kann ein im Inland ansässiger Vertreter benannt werden, dem gegenüber das anwendbare nationale Datenschutzrecht geltend gemacht werden kann.⁵⁰

Für die Vertraulichkeit gelten verschieden Datenschutzrichtlinien. Wenn also personenbezogene Daten verarbeitet werden, kommt in erster Linie § 3 Abs. 1 BDSG zum Tragen.

„Personenbezogene Daten sind Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbaren natürlichen Person“⁵¹

Wenn die Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse nicht mehr oder nur mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand an Zeit, Kosten und Arbeitskraft einer bestimmten oder bestimmbaren natürlichen Person zugeordnet werden können ist die Anwendung des Datenschutz nicht gegeben.⁵² In erster Linie ist der Cloud Nutzer für die Sicherstellung der Vertraulichkeit und Integrität der Daten verantwortlich. Dieser Regelung kann der Cloud-Nutzer aufgrund der Cloud-Strukturen im Allgemeinen nicht gerecht werden, wenn keine Auskunft über Art und Ort der Verarbeitung preisgegeben werden. Die generellen Vorschriften für die

⁴⁹ [DAT2010]

⁵⁰ vgl. § 1 Abs. 5 [BDSG]

⁵¹ [BDSG]

⁵² vgl. § 3 Abs. 6 [BDSG]

Verarbeitung oder Nutzung personenbezogener Daten im Auftrag werden im § 11 BDSG geregelt.

Ein weiteres Risiko besteht darin, dass über die Cloud völlig neue Angriffsmöglichkeiten von Cyberkriminellen eröffnet werden. Diese können die schwächste Sicherheitsstelle der Cloud nutzen, um in diese unerlaubt einzudringen. Deshalb sollten Cloud-Service Anbieter auf die technischen Maßnahmen wie in § 9 BDSG beschrieben, eingehen. Die gesetzliche Verpflichtung besteht aber nur für Cloud-Anbieter im EU-Raum.

Anbietern von Cloud-Angeboten ist die Notwendigkeit von Vertraulichkeit und Integrität durchaus bewusst. Allerdings herrscht aus Gründen des Grundrechtsschutzes ein erheblicher Nachholbedarf. Der Auszug an vorhergehenden juristischen Aspekten ist nur ein erster Grundstein für die richtige Richtung. Im internationalen Cloud Umfeld hat sich dafür die US-dominierte Cloud Security Alliance (CSA) herausgebildet. Diese haben bereits einen Sicherheitskatalog für die kritischen Bereiche in der Cloud herausgearbeitet.⁵³ Im deutschen Marktsegment besteht seit Februar 2010 der *EuroCloud Deutschland_eco* Verband. Dieser setzt sich für Akzeptanz und bedarfsgerechte Bereitstellung von Cloud Services am deutschen Markt ein und legt besonderen Fokus auf die rechtlichen Rahmenbedingungen.⁵⁴

Da die spätere Implementation innerhalb der Amazon Elastic Cloud erfolgen soll, folgen in den nächsten Abschnitt die Sicherheitsprozesse, welche von Amazon eigens für die Cloud entworfen wurden. Für die Betriebsleistung und die Sicherheit bei der Aufbewahrung von Kundendaten hat sich Amazon extra einer SAS70-Prüfung unterzogen. Durch diese Prüfung wurde zertifiziert, dass Amazon umfassend auf seine Kontrollabläufe hin geprüft wurde.

Durch jahrelange Erfahrung beim Betrieb von großen Rechenzentren, konnte Amazon viele Erfahrungen auf die AWS-Plattform und -Infrastruktur übertragen.

⁵³ [Sec2010]

⁵⁴ [REF18]

Die physische Sicherheit der Rechenzentren ist durch spezialisiertes Sicherheitspersonal, Videoüberwachung und spezielle Autorisierungsverfahren geregelt.

Für die Netzwerksicherheit bietet Amazon ebenso Schutz vor traditionellen Netzwerk-Sicherheitsproblemen. Hinzu kommt das der Nutzer des Cloud-Angebots selbst zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen implementieren kann. Im Sicherheits-Whitepaper führt Amazon eine Reihe von Beispielen auf, vor denen der Nutzer geschützt werden soll. Unter anderem zählen dazu: Distributed Denial Of Service-(DDoS-)Angriffe, Man-In-the-Middle-(MITM-)Angriffe, IP-Spoofing, Port-Scanning und Packet-Sniffing.

Die Sicherheit für Amazon Instanzen werden auf mehreren Ebenen gewährleistet. Zum Einem durch das Betriebssystem des Hostsystems, zum Anderem durch das Betriebssystem der Instanz. Hinzu kommt noch die spezielle Firewall und eigens signierte API Anfragen. Damit will Amazon erreichen, dass die in Amazon EC2 enthaltenen Daten nicht von unautorisierten Systemen oder Benutzern abgefangen werden können, und dass die Amazon EC2-Instanzen so sicher wie möglich sind.

Natürlich ist es in der Amazon Cloud möglich, dass mehrere unterschiedliche Instanzen, auf demselben physischen Server ausgeführt werden. Die unterschiedlichen Instanzen müssen strikt voneinander isoliert werden. Dieses Geschehen über nimmt der eingesetzte XEN-Hypervisor⁵⁵.

Als letzten Punkt soll die Sicherheit der Amazon Relationalen Datenbank betrachtet werden. Der Zugriff auf die Amazon RDS-Datenbankinstanz kann nur über Datenbanksicherheitsgruppen gesteuert werden. Standardmäßig befindet sich eine Datenbank in einen gesperrten Zugriffsmodus. Netzwerkzugriff müssen speziell autorisiert werden. Für Sicherungskopien und die Ausfallsicherung sowie die Datenbanksoftware ist Amazon verantwortlich.⁵⁶

⁵⁵ [XEN2010]

⁵⁶ [AWS_Sec2010]

3.8 Erfolgsfaktoren

Die Akzeptanz von neuen Modellen in diesem Fall Cloud Computing, setzt immer voraus das sich Projekte am Markt beweisen. Als entscheidender Erfolgsfaktor für das Cloud Computing wird dessen wirtschaftliche Bedeutung angeführt. Damit wird das Potenzial verbunden, IT-Ressourcen individuell zu nutzen und die IT-Industrie in der Gesamtheit nachhaltig zu verändern.⁵⁷ Die wesentlichen Erfolgsfaktoren für

Abbildung 9: Erfolgsfaktoren

Cloud Computing sind:

- a) Sicherheit
- b) Integrationsfähigkeit
- c) Verfügbarkeit
- d) Standardisierung
- e) Abrechnungsmodelle

Erfolgsfaktoren	% der CIO
Sicherheit	45
Integration mit vorhandenen Systemen	26
Verlust der Kontrolle über die Daten	26
Verfügbarkeit	25
Performanz	24
IT Governance	19
Regulierung/Compliance	19
Unzufriedenheit mit Service-Angeboten und Preisen	12
Rückführbarkeit	11
Individualisierung (Anpassung auf spezifische Nutzeranforderungen)	11
Messung des Nutzens	11
andere	6

Quelle. [Bitkom2010]

Beim Thema Sicherheit geht es vorrangig um die Sicherheit von Unternehmensdaten. Dazu zählen die Aufbewahrung sowie der sichere Datentransfer. Von Cloud Computing Anbietern erwartet der Nutzer, dass die Datenhaltung durch aktuelle Technologien gewährleistet wird. Anbieter die Kundendaten gegen unbefugte Zugriffe und physische bzw. logische Fehler schützen, entwickeln bei den Kunden ein hohes Vertrauen.

Für viele Unternehmen steht an zweiter Stelle die Integrationsfähigkeit. Wünschenswert für den Geschäftsablauf ist, ob und wie sich Cloud Angebote in bestehende IT-Systeme integrieren lassen. Der gesamte Geschäftsprozess sollte dabei

⁵⁷ [Baun2010] S.87

nicht beeinträchtigt werden. Für die Integrationen müssen dafür Standardschnittstellen zur Verfügung gestellt werden.

Nach den bereits erwähnten Faktoren, spielt auch die Bereitschaft des Services eine entscheidende Rolle. Um eine hervorragende Akzeptanz zu erreichen müssen sich Cloud Anbieter an der Verfügbarkeit, lokaler Rechenzentren messen. Zu diesem Thema werden meist Service Level Agreements vom Anbieter herausgegeben. Zu der Verfügbarkeit zählen die Kunden auch die Performance der virtuellen Instanzen. Die Nutzer sollten die Verfügbarkeit des Service selbst nachvollziehen und an dem vereinbarten Qualitätsniveau wiedergeben ob dieser für eigene Anwendung ausreichend ist.

Eng verknüpft mit der Integrationsfähigkeit ist die Interoperabilität zwischen den Cloud Computing Angeboten. Für die Migration sind deshalb standardisierte Schnittstellen wünschenswert. Dadurch, dass mit Schnittstellen grundlegend die Steuerung und die Abrechnung erfolgt, sind diese meist nicht anwenderübergreifend spezifiziert sondern nur anbieterspezifisch. Damit ist ein Wechsel für den Anwender sehr schwierig gestaltet. Den Schnittstellen kommt somit eine große Bedeutung zu, da sie maßgeblich für die Nutzung einer Cloud sind und effektiv die Zugangsbarrieren absenken.

Die letzte wesentliche Anwenderanforderung, besteht in der Transparenz der Kostenabrechnung. Ausreichend Überwachungsmöglichkeiten sollten dazu beitragen erhebliche Kostenträger und effektive Einsparpotenziale zu identifizieren. Die Abrechnung von Cloud-Services erfolgt in der Regel in Abhängigkeit der Nutzung. Weitere Formen wie das klassische Mietmodell sind mitunter auch noch gebräuchlich. Wesentliche Kostenbestandteile sind virtuelle Instanzen, Speicherplatz und Datennetzwerkverkehr. Die Bestandteile werden in der Regel stündlich dem Nutzer in Rechnung gestellt.

Generell sind bei den meisten Cloud Anbieter ausreichend dokumentierte Kostenkalkulationsmodelle vorhanden, welche dem Nutzer ermöglichen Kosten transparent zu halten. Erheblicher Nachholbedarf besteht hinsichtlich der

Sicherheitsoperationen in der Cloud. Cloud Anbieter sind beim Markteintritt meist kommerziell ausgerichtet und wollen den vollen Profit herausschlagen, spezifische Sicherheitsregelungen werden erst später implementiert.

3.9 Cloud-fähige Geschäftsmodelle

Der Umfang möglicher Einsatzszenarien für Cloud Computing ist breit gefächert. Es sind eine Vielzahl neuer Geschäftsfelder zu beobachten, die je nach Service Angebot variieren. Im Kern spielt die Dynamik des Internets, als eine sich veränderte Technologieplattform die zentrale Rolle.

Ein Szenario ist die sich bietende Flexibilität. Cloud Computing wird anfänglich meist als Ergänzung zur ursprünglichen IT verwendet. Dem Anwender stehen flexible Verfügbarkeiten der Ressourcen sowie dynamische Skalierbarkeit zur Verfügung. Durch die dynamische Skalierung entfällt das Vorhalten von Ressourcen. Interessant gestaltet sich diese Flexibilität für Startup-Unternehmen, die noch nicht über eigene Infrastruktur verfügen. Somit wird das Geschäftsrisiko minimiert und der Einstieg in neue Unternehmensfelder wird wesentlich erleichtert. Weiterhin kann durch den Einsatz von Servern aus der Cloud die Sicherheitsbedenken minimiert werden, weil Kunden auf die Sicherheitsmechanismen von Cloud aufsetzen.

Die Minimierung von Entwicklungszeiten durch die Nutzung von Plattformen als Service Angeboten ist ebenso ein Argument zum Beitritt in die Cloud. Entwickler bleibt das umfangreiche Einrichten eigener Entwicklungsumgebungen erspart. Und durch die nahezu unbegrenzten Ressourcen können schneller Produkte entwickelt werden, was die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens erhöht.

Auch für große Unternehmen kann Cloud Computing ein wichtiges Thema sein. Zwar besitzen große Unternehmen meistens eine etablierte IT-Abteilung, dennoch ist der Einsatz bzw. das Angebot denkbar. Den großen Unternehmen kommt es im Umgang mit ihren Daten mehr auf Sicherheitsaspekte an, als auf die dynamische

Skalierung der Ressourcen. Durch langjähriges aufgebautes Fachwissen des Unternehmens stehen meist sowieso ausreichend Ressourcen zur Verfügung. Die bestehende IT-Infrastruktur die gerade nicht benutzt wird, kann auch für fremde Unternehmen angeboten werden. Damit ergibt sich eine bessere Auslastung der Ressourcen und eine zunehmende Wertschöpfung.⁵⁸

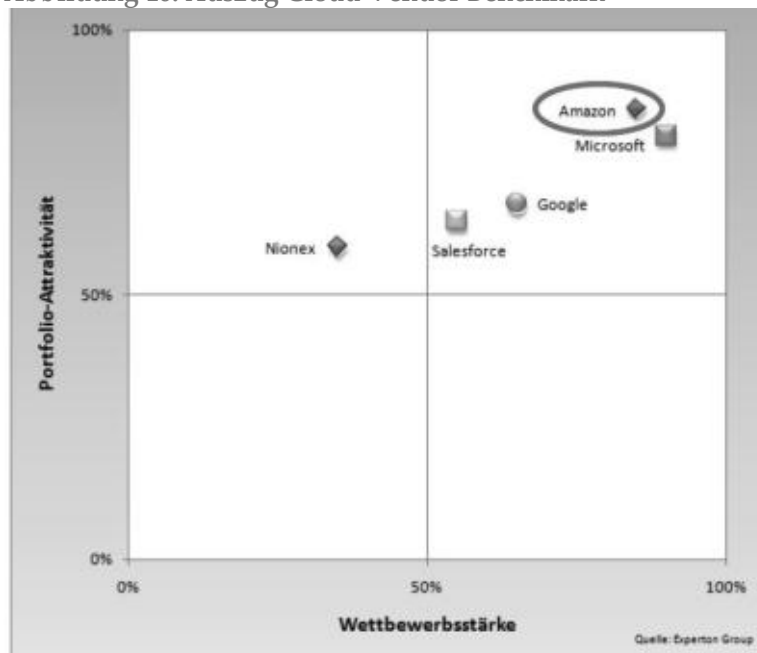
Im SaaS Bereich finden sich Geschäftsmodelle, die durch einzelne Anbieter geprägt sind. Software und Service Strategien, wie beispielsweise durch Microsoft verfolgt, verbinden das klassische Software Geschäft mit der Flexibilität und den Vorteilen von Cloud Computing Diensten. So lassen sich Software-Produkte um Dienste aus dem Internet ergänzen, oder auch ganzheitlich durch nutzungsbasierte Lösungen ersetzen.

⁵⁸ [iX2010]

4 Magento Implementation in Amazon Elastic Compute Cloud

Amazon EC2 ist eine rein virtuelle Rechenumgebung. Mit einer Web-Service Oberfläche oder den zur Verfügung gestellten Schnittstellen Anwendungen, werden Instanzen in die Cloud integriert. Die verschiedenen Cloud Services lassen sich bei der Auswahl des Providers nur schwer vergleichen. Zudem gibt es für IaaS und SaaS ein sehr breit gefächertes Spektrum von Cloud Diensten. Hinzu kommen viele rechtliche Unsicherheiten im Bereich von nationalen Vorschriften und internationalen Anbietern. Die Empfehlungen der Experton Group helfen bei der Auswahl für die richtige Nutzung in der Cloud. Nach einem aktuellen Anbieter Vergleich der Experton Group hat sich unter den Infrastruktur as a Service Angeboten, das Produktangebot von Amazon als Attraktivstes und mit als Wettbewerbs Stärkstes heraus kristallisiert siehe Abbildung 10: Auszug Cloud Vendor Benchmark.

Abbildung 10: Auszug Cloud Vendor Benchmark



Quelle: [Experton2010]

Desweiteren gibt es verschiedene Anregungen bezüglich der Cloud Computing Nutzung. Bei vielen IT-Firmen gehen bis zu 80 % des IT Budgets in die Erhaltung der

bestehenden Systeme, für größere Innovation bleibt da kaum Spielraum. Desto attraktiver erheben sich dadurch die Cloud Angebote.⁵⁹

Weiterhin wurden bereits Cloud Computing Services in die neuen Betriebssysteme von Ubuntu integriert. Ubuntu vertraut in Amazon und bezeichnet den Service als einen der Führenden.⁶⁰

Aus diesen Grund und der umfangreichen Dokumentation sowie den offen gelegten Abrechnungsmodellen, wurde sich im Praxistest auf das IaaS-Angebot von Amazon bezogen. Das folgende Kapitel beschreibt die unterschiedlichen Instanz-Arten, wie Instanzen erzeugt werden, wie diese verwaltet werden und die Integration des Magento-Onlineshops in das von Amazon bereitgestellte IaaS-Angebot. Die Architektur die in der Cloud erzeugt werden soll, bezieht sich vorerst auf die des Analogiemodells aus Kapitel 2 Abbildung 11: Clusterarchitektur Amazon AWS.

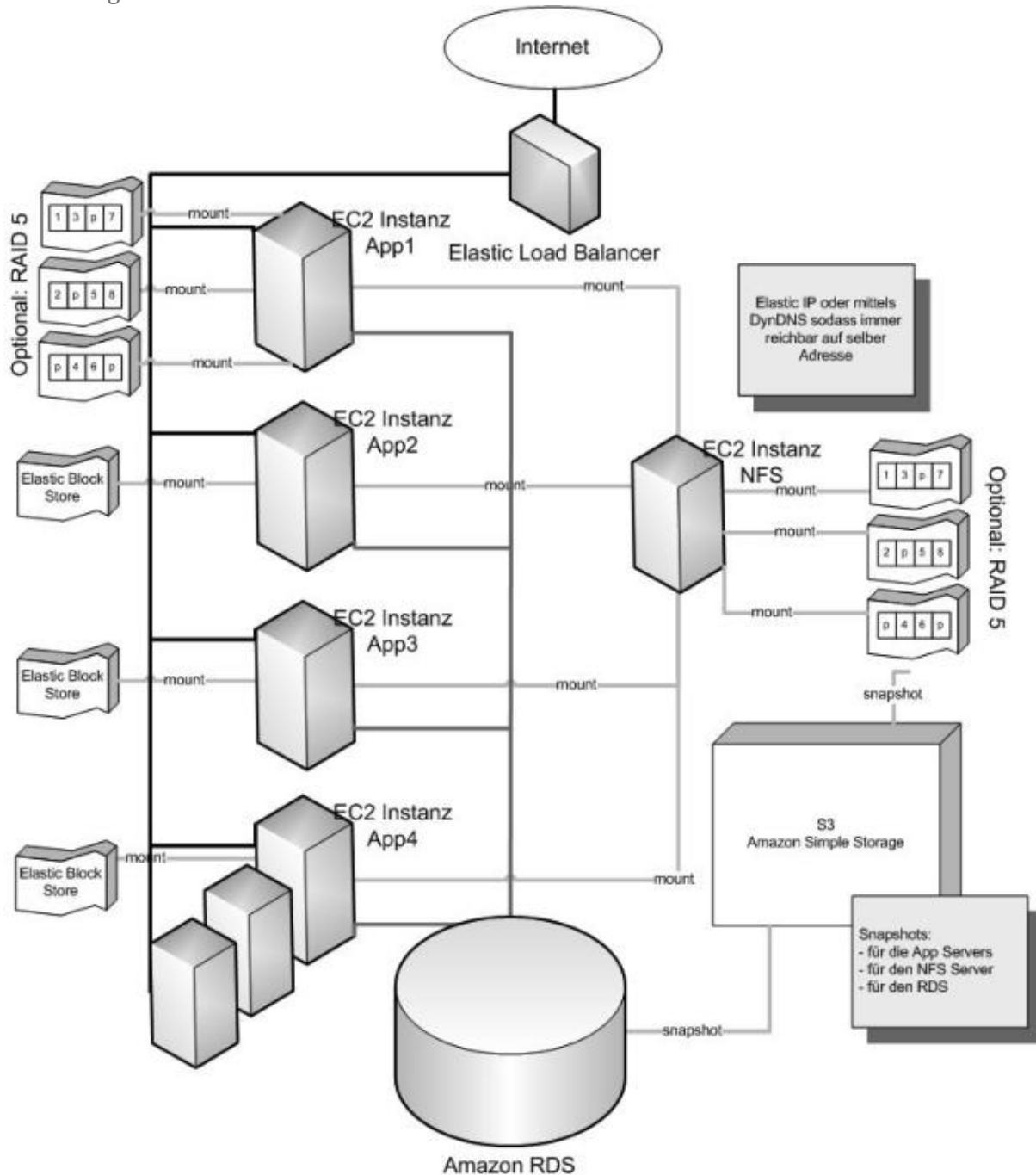
Eine weitere Option wäre, die NFS Instanz weg zulassen und stattdessen den Verweis, im Backoffice von Magento, auf das Media Verzeichnis, auf eine normale Instanz ohne NFS Server zu verweisen. Damit ein konsistenter Datenbestand der Mediadateien zwischen mehreren Instanzen besteht.

Für die Implementation kommt hinzu, die Anbindung über einen Loadbalancer und die Verwaltung der Datenbank.

⁵⁹ [iX2010]

⁶⁰ [Ubu2010]

Abbildung 11: Clusterarchitektur Amazon AWS



Quelle: Eigene Abbildung

Bei Amazon Web Services wird nur für Ressourcen bezahlt, die auch tatsächlich genutzt werden, ohne Vorkosten oder Vertragsbindungen. Das bedeutet das nur Kosten entstehen wenn eine Instanz ausgeführt wird. Die Information die sich auf einer Instanz befinden, gehen verloren, wenn diese beendet wird. Wenn man die implementierten Instanz-Daten beibehalten möchte, sollte man die Instanz mit ein

Boot Laufwerk, auf ein von Amazon bereitgestellten Speicherressource, verwenden. Genauere Details folgen in dem nächsten Kapitel.

4.1 Amazon Webservice Vorbereitung

Um die Amazon Web Services (AWS) nutzen zu können benötigt man nur eine Kreditkarte zur Abrechnung. Die Anmeldung für die Amazon Web Services erfolgt über die Webseite von Amazons Webservices⁶¹. Besitzer eines Amazon-Benutzerkontos können dieses Konto auch für die Amazon Web Services verwenden. Nach der Registrierung oder Anmeldung bei Amazons Webservices, muss sich der Anwender für den Dienst "Amazon Elastic Compute Cloud" (Amazon EC2) registrieren. Durch EC2 werden die virtuellen Server zur Verfügung gestellt. Diesen Vorgang bestätigt man mit einem Klick auf den "Sign Up"-Schalter.

Auf der folgenden Seite erhalten die Nutzer eine Kostenübersicht, an deren Ende der Nutzer die Kreditkartendaten eintragen und bestätigen muss. Im nächsten Schritt ist eine Rechnungsadresse erforderlich. Die Anmeldung für den Dienst Amazon EC2 gilt gleichzeitig auch als Registrierung für den "Amazon Simple Storage Service" (Amazon S3).

Daraufhin meldet sich der Nutzer mit dem Benutzerkonto an und sollte gleich ein X.509-Zertifikat und ein dazugehörigen privaten Schlüssel erzeugen. Dieses Zertifikat und der Sicherheitsschlüssel werden später benötigt, um ein Abbild eines Servers zu erstellen und auf Amazon S3 zu speichern und zu registrieren.

Nachdem das Zertifikat und der private Schlüssel generiert wurden, muss der Anwender die Dateien für das Zertifikat und den Schlüssel auf den lokalen Rechner speichern. Damit unterschieden werden kann, welche Datei welche Funktion hat, lautet der Dateiname des privaten Schlüssel "*pk-<ID>.pem*", wohingegen das Zertifikat den Namen "*cert-<ID>.pem*" trägt.

⁶¹ [REF11]

Für den späteren Zugriff auf die virtuelle Serverinstanz benötigt der Nutzer ein SSH-Programm. Das am weitesten verbreitete Programm ist Putty wenn man lokal mit einer Windows-Maschine arbeitet. Wenn sich der Anwender für die Verwendung von Putty entscheidet, benötigt man zusätzlich noch das Programm PuTTYgen. Dies ist zum Bearbeiten der zugehörigen SSH-Schlüssel.

Von Amazon werden zusätzlich noch die Amazon EC2 API-Tools zur Verfügung gestellt. Mit denen kann der Anwender die virtuellen Server verwalten und speichern. Die Amazon EC2 API-Tools sind eine Sammlung von Kommandozeilenprogrammen, die eine funktionierende Java Laufzeitumgebung voraussetzen. Es ist für Amazon EC2 API-Tools zwingend notwendig, eine funktionierende Java Runtime Enviroment (JRE) auf dem lokalen Computer installiert zu haben.

Damit die Amazon EC2 API-Tools verwendet werden können, müssen unter Windows mehrere Umgebungsvariable eingetragen werden. Um sofort mit einen Kommandozeilenfenster und den passenden Umgebungsvariablen zu arbeiten, wurde deshalb die folgende Batch Datei erstellt.

```
set JAVA_HOME=C:\Program Files\Java\jdk1.6.0_20
set PATH=%PATH%;%JAVA_HOME%\bin
set EC2_HOME=D:\ec2tools
set PATH=%PATH%;%EC2_HOME%\bin
set AWS_CREDENTIAL_FILE=D:\ec2tools\credential-file-dotsource.template
set EC2_PRIVATE_KEY=%EC2_HOME%\ec2\pk-MCFCU7A23NEKWOAV4YLDZTV36JSX7NZO.pem
set EC2_CERT=%EC2_HOME%\ec2\cert-MCFCU7A23NEKWOAV4YLDZTV36JSX7NZO.pem
set EC2_URL=https://eu-west-1.ec2.amazonaws.com
set EC2_REGION=eu-west-1
cls
cmd
```

Die ersten zwei Zeilen der Batch-Datei bestimmen den Speicherort der Java Runtime Enviroment und erweitern die Umgebungsvariable um den angegebenen Wert. In Zeile drei und vier, wird das Verzeichnis in dem sich die EC2-API-Anwendung befindet, deklariert. Und ebenfalls an die Umgebungsvariable angefügt.

In Zeile fünf wurde der Pfad zu der Berechtigungsdatei festgelegt. Darin befinden sich der Zugriffsschlüssel sowie ein Sicherheitsschlüssel. Diese beiden Schlüssel erhält der Nutzer auf der Webseite des Amazon Webservices Kontos unter dem Menüpunkt Sicherheitsberechtigungen. Ebenfalls ist auf der Kontoseite, das Sicherheitszertifikat und das Schlüsselpaar zu finden. Diese zwei Dateien müssen, wie in Zeile sechs und sieben, deklariert werden. Die beiden SET-Befehle zum Schluss sind nicht zwingend erforderlich. Damit wird die Verfügbarkeitszone für virtuelle Instanzen definiert. Dies kann und sollte trotz der Definition bei Befehlen mit angegeben werden. Um zu gewährleisten, dass virtuelle Server Instanzen in der richtigen Region erstellt werden.

4.2 Virtuelle Server-Instanz

Eine Virtuelle Server Instanz beschreibt einen Virtuellen Server. Diese bilden das Herzstück der Amazon Webservices. Für die Virtuelle Instanz erhält der Nutzer einen root Zugriff, somit ist es möglich wie mit jedem physischen Rechner zu interagieren. Amazon bietet drei unterschiedliche Instanz-Typen. Dadurch ergeben sich unterschiedliche finanzielle Gegebenheiten.

Die gebräuchlichste ist die „On-Demand Instanz“. Bei dieser erfolgt die Abrechnung nach Rechenkapazität pro Stunde. Das bedeutet, dass der Anwender nur zahlt wenn die Instanz auch wirklich in Betrieb ist. Wurde die Instanz heruntergefahren so entstehen keine weiteren Kosten. Wie bereits erwähnt ist aber zu beachten, dass alle Daten verloren gehen, wenn die Instanz beendet wird.

Eine zweite Variante bietet die „Reserved Instanz“. Um eine „Reserved Instanz“ zu erwerben muss der Anwender eine geringe einmalige Zahlung leisten. Diese Instanz kann wahlweise für ein oder drei Jahre reserviert werden. Im Gegenzug erhält man einen beachtlichen Rabatt auf die Nutzungsgebühr pro Stunde. In funktioneller Hinsicht ist die „Reserved Instanz“ gleich der „On-Demand Instanz“. Der Unterschied besteht lediglich im Abrechnungsmodell für die jeweilige Instanz.

Folgende Kalkulation zeigt den Stand von Juni 2010 und soll den Unterschied zwischen einer „On-Demand Instanz“ und einer „Reserved Instanz“ verdeutlichen.

Tabelle 7: Abrechnung OnDemand Instanz

Instanz	Betriebssystem	Instanz-Typ	Benutzung
1 On-Demand Instanz	Linux/Open Solaris	Large	100 % / pro Monat
		Kosten für die Instanz / Monat	248,88 \$
Jahreskosten			<u>248,88 \$ * 12</u> = 2986,56 \$

Tabelle 8: Abrechnung Reserved Instanz

Instanz	Betriebssystem	Instanz-Typ	Benutzung
1 Reserved Instanz für ein Jahr	Linux/Open Solaris	Large	100 % pro Monat
		Kosten für die Instanz / Monat	87,84 \$
		Einmalige Gebühr für ein Jahr	910,00 \$
		Jahreskosten	910,00 <u>+ 87,84 \$ * 12</u> = 1964,08 \$
Ersparnis zur On-Demand Instanz			34,24 %

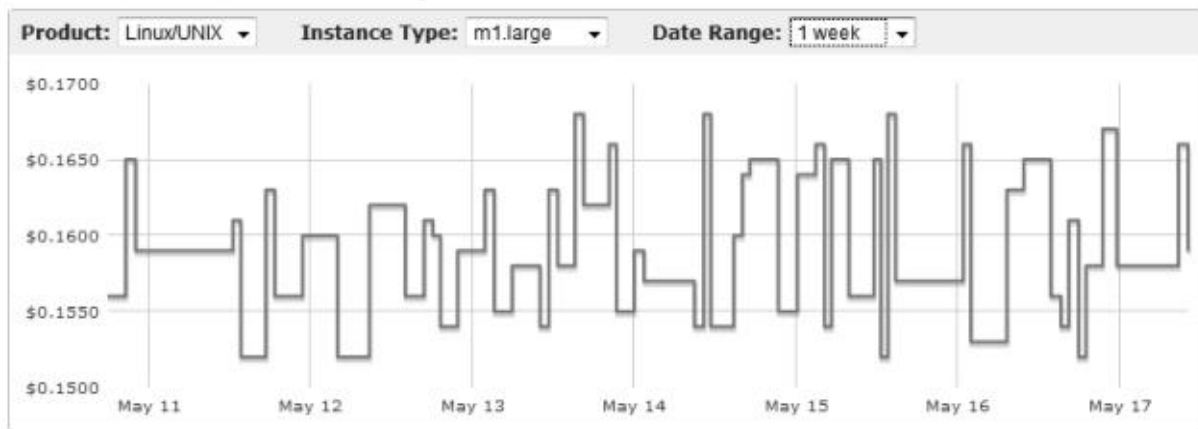
Quelle: [AWS_Calc2010] abgerufen am 04.06.2010

Alle Angaben aus dieser Kalkulation beziehen sich auf die Instanz ohne weitere Gebühren für Daten-Transfer.

Als drittes Instanz-Modell hat Amazon die Spot-Instanz eingeführt. Bei Spot-Instanzen wird nicht genutzte Rechenkapazität verwendet. Dazu muss der Anwender ein Angebot abgeben. Die Instanz läuft dann maximal solange wie das Höchstgebot über dem Spot-Preis liegt. Der Spot-Preis ändert sich stets nach Angebot und Nachfrage. Vor der Erstellung einer solchen Instanz kann der Anwender sich

den Preisverlauf anschauen um sein Angebot genauestens zu kalkulieren siehe folgende Grafik.

Abbildung 12: Angebotsstatistik Spot-Instanz



Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Amazon Spot-Instanz Daten zwischen 11.05.2010 und 17.05.2010

Eine Spot-Instanz ist aber nur für Anwender deren Applikation zeitlich flexibel gestaltet sind. Wenn der eigene Höchstpreis über dem Spot-Preis liegt wird der Auftrag erfüllt und die Instanz ausgeführt. Übersteigt aber der Spot-Preis den aktuell gebotenen Höchstpreis so wird die Instanz beendet. Daher muss die Anwendung anpassungsfähig sein.⁶² Entscheidet man sich beispielsweise für eine Large Spot Instanz in der Region EU West schaut man sich zunächst die Preisverlaufsliste an. Angenommen der Preis schwankt zwischen 0,17 \$ und 0,15\$ und der aktuelle Preis liegt bei 0,165 \$. Der Anwender entscheidet sich für ein Maximalgebot von 0,1575 \$. Die Instanz kann über die AWS Management Konsole angefordert werden, da aber das Höchstgebot unter dem aktuellen Spot-Preis liegt, wird die Instanz nicht gestartet.

Angenommen der Preis fällt nach ein paar Stunden auf 0,1575 \$. Das bedeutet, dass der Spot-Preis identisch dem eigenen Höchstgebot ist. In diesem Fall ist es abhängig der Nachfrage ob eine Instanz verfügbar wird. Würde wiederum der Preis erneut fallen beispielsweise auf 0,1525 \$, sodass, dass eigene Höchstgebot über dem Spot-Preis liegt, würde eine Instanz für den Anwender bereitgestellt. Der Anwender

⁶² [AWS_EC22010]

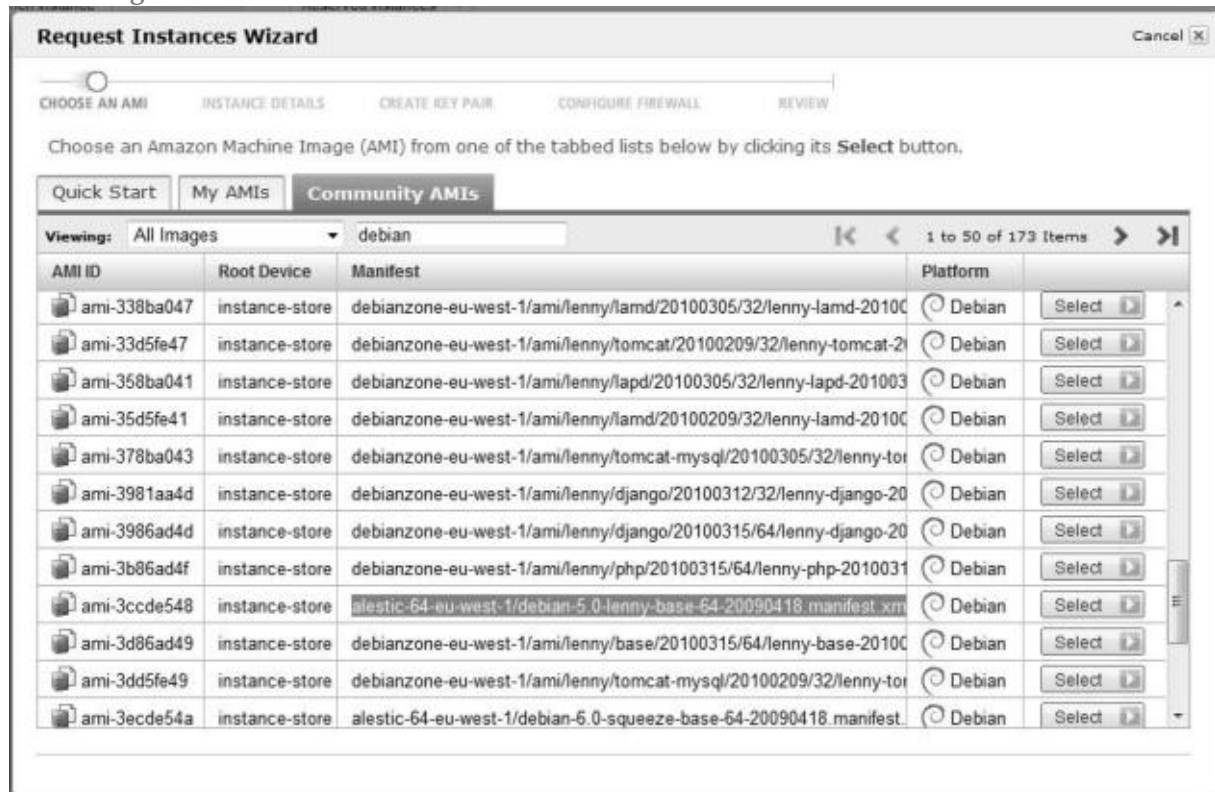
würde auch nur für die erste Instanz-Stunde den aktuellen Preis von 0,1525 \$ bezahlen.

4.3 Erstellen einer On-Demand Instanz

Für die Generierung einer Instanz gibt es generell zwei Möglichkeiten. Zum einen können Instanzen über die grafische Weboberfläche von Amazon AWS erstellt werden. Zum Anderen wird von Amazon für Linux oder Windows Betriebssystem das bereits erwähnte Schnittstellen-Werkzeug angeboten. Damit werden Instanzen über verschiedene Konsolenbefehle erstellt. Nachfolgend werden die nötigen Schritte zur Erstellung einer Instanz anhand der Weboberfläche erläutert.

Amazon Instanzen können nur anhand von sogenannten Amazon Maschine Images kurz AMI erstellt werden. Ein AMI ist ein Abbild eines zuvor erstellten virtuellen Servers. Amazon stellt hierfür vorgefertigte Images zur Verfügung, die sich in ihrem Betriebssystem und in den darauf installierten Software-Paketen unterscheiden. AMIs von Amazon gibt es zum Beispiel für verschieden Unix-Derivate und auch für Windows Betriebssysteme mit unterschiedlichen installierten Umgebungen z.B. Web-Applikationen. Neben Amazon stellt auch eine Reihe Drittanbieter wie z.B. IBM oder Oracle, AMIs mit eigenen Softwarepaketen zur Verfügung. Auch die Endbenutzer können eigene Images zur späteren Verwendung anfertigen. Es ist möglich, diese AMIs zu Veröffentlichen und zu vermarkten. Um eine exakte Evaluierung zwischen Cloud Cluster und physischen Cluster durchzuführen, wurde deshalb ein Gemeinschafts-AMI mit dem Betriebssystem Debian Lenny in der Version 5.0 für eine 64-bit-Plattform benutzt.

Abbildung 13: Gemeinschafts-AMI



Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Amazon AWS Webplattform

Nach der Entscheidung für die richtige Plattform, müssen die Instanz-Details spezifiziert werden. Zunächst muss der Nutzer sich für die Anzahl der Instanzen entscheiden. Da die erste Instanz nur als Grundlage dient, wurde zunächst nur eine Instanz erstellt.

Als zweites Instanz-Detail muss die Verfügbarkeitszone ausgewählt werden. Zur Verfügung stehen: US East, US West, EU West und eine Asian Pacific Region. Für die zu erstellende Instanz, wurde die Region EU West ausgewählt. Die Region EU West ist wiederum in zwei Unterregionen sogenannte Verfügbarkeitszonen eingeteilt. Die Verfügbarkeitszonen sind insofern voneinander unabhängig, dass sie sich keine kritischen Komponenten teilen und dadurch aus denselben Grund ausfallen. Die Zonen sind vorerst nicht relevant, man sollte jedoch bei der späteren Volumenzuweisung auf die selbe Region achten, da es sonst zu Konflikten kommen kann, weil die Daten über zwei Region kommunizieren müssen.

Die letzte Option umfasst die Ressourcenkonfiguration für die zu erstellende Instanz. Amazon stellt die folgenden Instanz-Typen zur Verfügung:

- Standard Instanzen
 - Small (S) Instance (Vorgabe) 1,7 GB Arbeitsspeicher, 1 EC2 Compute Unit (1 virtueller Kern mit 1 EC2 Compute Unit), 160 GB lokaler Instanz-Speicher, 32-Bit-Plattform
 - Large (L) Instance 7,5 GB Arbeitsspeicher, 4 EC2-Recheneinheiten (2 virtuelle Kerne mit jeweils 2 EC2 Compute Units), 850 GB lokaler Instanz-Speicher, 64-Bit-Plattform
 - Extra Large (XL) Instance 15 GB Arbeitsspeicher, 8 EC2 Compute Units (4 virtuelle Kerne mit jeweils 2 EC2 Compute Units), 1.690 GB lokaler Instanz-Speicher, 64-Bit-Plattform
- High Memory Instanz
 - High-Memory Extra Large (XL) Instance 17,1 GB Arbeitsspeicher, 6,5 EC2 Compute Units (2 virtuelle Kerne mit jeweils 3,25 EC2 Compute Units), 420 GB lokaler Instanz-Speicher, 64-Bit-Plattform
 - High-Memory Double Extra Large (Zweifach XL) Instance 34,2 GB Arbeitsspeicher, 13 EC2 Compute Units (4 virtuelle Kerne mit jeweils 3,25 EC2 Compute Units), 850 GB lokaler Instanz-Speicher, 64-Bit-Plattform
 - High-Memory Quadruple Extra Large (Vierfach XL) Instance 68,4 GB Arbeitsspeicher, 26 EC2 Compute Units (8 virtuelle Kerne mit jeweils 3,25 EC2 Compute Units), 1.690 GB lokaler Instanz-Speicher, 64-Bit-Plattform
- High Cpu Instanz
 - High-CPU Medium (M) Instance 1,7 GB Arbeitsspeicher, 5 EC2 Compute Units (2 virtuelle Kerne mit jeweils 2,5 EC2 Compute Units), 350 GB lokaler Instanz-Speicher, 32-Bit-Plattform
 - High-CPU Extra Large (XL) Instance 7 GB Arbeitsspeicher, 20 EC2 Compute Units (8 virtuelle Kerne mit jeweils 2,5 EC2 Compute Units), 1.690 GB lokaler Instanz-Speicher, 64-Bit-Plattform ⁶³

Eine EC2 Compute Unit ist eine von Amazon eingeführte Größe, welche die Menge einer bestimmten Instanz zugewiesenen CPU-Kapazität ausdrückt. Eine EC2 Compute Unit entspricht in etwa einer CPU Kapazität von 1,0 - 1,2 GHz.

⁶³ [AWS_EC22010B]

Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, besaßen die Applikationsserver des physischen Clusters der dotSource GmbH eine CPU mit 4 Kernen a 2,8 GHz. Für den Vergleich wurde deshalb die Standardinstanz Extra Large ausgewählt.

In wie weit sich der Unterschied zwischen 1 extra large Instanz und der Verteilung über mehrere Small-Instanzen bemerkbar macht, wurde bei der Vorüberlegung zur richtigen Ressourcengröße zunächst außer Acht gelassen.

Abbildung 14: Instanz-Typenauswahl

Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Amazon AWS Webplattform

Im dritten Schritt muss der Anwender ein Schlüsselpaar erzeugen. Dieses wird für den späteren Zugriff auf die virtuelle Serverinstanz benötigt.

Aus Sicherheitsgründen sind neue Instanzen nach ihrer Entstehung nicht unmittelbar aus dem Internet zu erreichen. Vielmehr müssen Sicherheitsgruppen eingerichtet werden, der die Instanz angehört. Für solch eine Gruppe lässt sich beispielsweise der Zugang mittels Secure Shell auf dem entsprechenden Port 22 freischalten. Initial wurde die Gruppe „SSH & Http“ erstellt. Für diese Gruppe wurde die Verbindungsmethode SSH mit dem Protokoll TCP auf Port 22 freigeschaltet. Des Weiteren wurde für HTTP Verbindungen der Port 80 und für HTTPS der Port 443 geöffnet.

Abbildung 15: Instanz Firewall Einstellungen

Group Name: SSH & HTTP

Description: Allow ssh and http connections

Allowed Connections:

Connection Method	Protocol	From Port	To Port	Source (IP or group)	Actions
SSH	tcp	22	22	0.0.0.0/0	Remove
HTTPS	tcp	443	443	0.0.0.0/0	Remove
HTTP	tcp	80	80	0.0.0.0/0	Remove
Custom...	--				Save

Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Amazon AWS Webplattform

Zum Abschluss der Initialisierung bekommt der Anwender eine detaillierte Übersicht angeboten. In dieser Darstellung können die vorgenommenen Einstellungen überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

Abbildung 16: Instanz Detailübersicht

Request Instances Wizard

CHOOSE AN AMI INSTANCE DETAILS CREATE KEY PAIR CONFIGURE FIREWALL **REVIEW**

Please review the information below, then click **Launch**.

AMI: Debian AMI ID ami-3ccde548 (x86_64) [Edit AMI](#)

Number of Instances:

Availability Zone:

Monitoring: Enabled

Instance Type: Extra Large (m1.xlarge)

Instance Class: On Demand [Edit Instance Details](#)

Kernel ID: Use Default

Ramdisk ID: Use Default

User Data: [Edit Advanced Details](#)

Key Pair Name: mma_key [Edit Key Pair](#)

Security Group(s): SSH & HTTP [Edit Firewall](#)

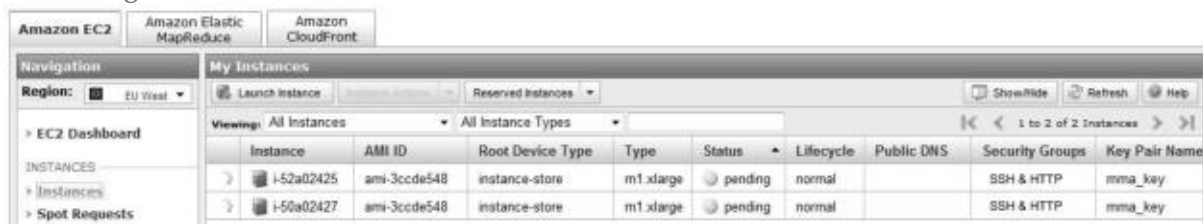
[< Back](#) [Launch >](#)

Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Amazon AWS Webplattform

Sind die Einstellungen korrekt kann die erstellte Instanz durch einen Klick auf den Button „Launch“ gestartet werden. Die virtuelle Server Instanz ist nach einer kurzen Wartezeit von ca. zwei Minuten einsatzbereit.

Im Hauptmenü der Weboberfläche kann der Anwender den Status der erstellten Instanzen verfolgen. Befindet sich die Instanz im Zustand *pending* wird sie noch für den Gebrauch vorbereitet. Im Status aktiv ist die Instanz betriebsbereit. Die Detailliste der Instanz erweitert sich automatisch um den Public DNS Eintrag wenn die Instanz verfügbar ist. Der Public DNS Eintrag, ist der Zugang zur der erstellten Instanz.

Abbildung 17: Instanz Übersicht



Instance	AMI ID	Root Device Type	Type	Status	Lifecycle	Public DNS	Security Groups	Key Pair Name
i-52a02425	ami-3c0de548	instance-store	m1.xlarge	pending	normal		SSH & HTTP	mima_key
i-50a02427	ami-3c0de548	instance-store	m1.xlarge	pending	normal		SSH & HTTP	mima_key

Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Amazon AWS Webplattform

Die Benutzer identifizieren sich gegenüber den genutzten Amazon EC2 Instanzen über ein Public-Key- Verfahren auf den Server. Vor einer Erstbenutzung muss man folglich ein paar aus öffentlichen und privaten Schlüsseln generieren. Der öffentliche Schlüssel wird mit dem auch für die Abrechnung erforderlichen Amazon Benutzerkonto assoziiert und der private Schlüssel verbleibt in der Arbeitsumgebung des Benutzers. Für die Verbindung zur erstellten Instanz wurde das SSH-Programm Putty benutzt. Bevor man sich auf der erstellten Instanz einloggen kann, muss der Schlüssel in ein für Putty lesbares Format generiert konvertiert werden. Dazu benutzt man das Programm Puttygen. In diesem Programm lädt man sich den von Amazon erhaltenen Schlüssel, und konvertiert diesen in ein Putty konformes Format. Danach öffnet man das Programm Putty und trägt als Hostname die Public DNS Adresse der Amazon Instanz ein. Zur Authentifizierung muss der zuvor konvertierte Schlüssel zugewiesen werden. Dazu wechselt man im Putty links die Kategorie SSH und trägt unter Auth den konvertierten Schlüssel ein.

Um den Verbindungsaufbau zu Starten wechselt man wieder zurück in das Session Register und startet eine neue Session. Daraufhin öffnet Putty selbstständig ein

Kommandozeilenfenster, indem man sich als Superuser root an der Amazon Instanz anmelden kann.

4.4 Virtuelle Server-Instanz anpassen und AMI erstellen

Das im vorherigen Kapitel erstellte Debian Image dient nur als ein Grundsystem ohne weitere installierte Komponenten. Bevor jedoch ein eigenes Amazon Image erstellt werden kann, müssen für die spätere Verwendung des Magento Onlineshops weitere Software-Pakete installiert werden. Um den Magento-Shop zu implementieren wird auf der Instanz ein Apache Webserver benötigt.

Dieser wurde über die Konsole durch das Kommando „apt-get install apache2“ auf der Instanz installiert. Nach erfolgreicher Installation kann durch Eingabe des Public DNS Eintrags im Browser überprüft werden, ob der Apache ordnungsgemäß funktioniert. Im diesem Fall öffnet sich ein Fenster mit dem Text „it works!“.

Der Magento-Shop ist in der Skriptsprache PHP geschrieben, daraus resultierend, musste das Paket php5 installiert werden. Dies wurde mit dem Befehl „apt-get install php5“ erledigt.

Zur Überprüfung ist es hilfreich im Dokumenten Root des Apache Servers /var/www/ eine index.php mit folgendem Inhalt zu erstellen.

```
<?PHP
    phpinfo ();
?>
```

Damit kann man sich sehr viele Informationen über die momentane Konfiguration von PHP anzeigen lassen.

Sollte der Aufruf über Public DNS Eintrag \index.php kein Ergebnis liefern, müssen ggf. die Apache und PHP Einstellungen auf den Server geändert werden.

Nach Beendigung der Konfiguration kann der Nutzer mit dem Erstellen des personalisierten Images beginnen. Hierzu benötigt man eine bestehende SSH-Verbindung inklusive root-Zugriff auf den virtuellen Server sowie die bereits erwähnten EC2-API-Tools auf dem lokalen Computer das X.509-Zertifikat und den

dazugehörigen privaten Schlüssel, die wie in der Vorbereitungsphase erwähnt nach der Anmeldung bei Amazon EC2 heruntergeladen wurden.

Im ersten Schritt muss der Nutzer das Zertifikat und den privaten Schlüssel auf den virtuellen Server in das Verzeichnis /mnt kopieren. Windows Betriebssystem Benutzer können hier auf die Funktion von WinScp zurückgreifen. Weiterhin benötigt man die zwölfstellige Kundennummer, die auf der AWS-Webseite unter "Your Account -> Account Activity" zu finden ist.

Im nächsten Schritt startet man auf dem Server den Befehl:

```
ec2-bundle-tool -d /mnt -k /mnt/pk-<ID>.pem -c /mnt/cert-<ID>.pem -u <Account Number> -r x86_64 -p <servername> 64
```

Die Platzhalter <ID>, <Account Number> sowie <servername> müssen entsprechend mit der ID der eigenen Zertifikate ersetzt werden. Der Servername kann frei gewählt werden.

In den darauffolgenden Minuten wird das Image generiert. Nach Beendigung des Vorgangs, befindet sich im Verzeichnis /mnt das soeben erstellte Server-Image.

Für die spätere Verwendung muss dieses Image allerdings erst verfügbar gemacht werden. Um ein eigenes Server-Image bereitzustellen und zu nutzen kann es auf Amazons eigenem Speicherplatz S3 in einem sogenannten S3-Bucket gespeichert werden, das automatisch mit dem eigenen Konto verknüpft wird. Dazu muss auf dem Server der Befehl:

```
ec2-upload-bundle -b <s3-bucket> -m /mnt/servername.manifest.xml -a <aws-access-key> -s <aws-secret-access-key> --location EU 65
```

ausgeführt werden.

Der Name für das S3-Bucket kann frei gewählt werden. Dies ist das Verzeichnis indem die Daten des Serverimages im Speicher von Amazon abgelegt werden.

Für die Platzhalter aws-access-key und aws-secret-access-key muss man die entsprechenden Zeichenfolgen des Amazon Kontos eintragen. Beide Zeichenfolgen erhält man auf den AWS-Webseiten unter Access Identifiers. Die Angabe des

⁶⁴ [AWS_EC22010]

⁶⁵ [AWS_EC22010]

Servernamen muss identisch, mit dem im vorherigen Schritt angegebenen, sein. Die Angabe der Region ist zwar nicht zwingend erforderlich, sollte dennoch gesetzt werden, weil die Standardregion von Amazon stets US ist. In diesem Zusammenhang würde dies bedeutet das eigene Images nicht in Europa gespeichert werden.

Um ein AMI zu registrieren und für späteren Zugriff vorzubereiten bedarf es noch eines letzten Arbeitsschrittes. Hierfür werden die EC2-API-Tools benötigt, die wie bereits erwähnt nur dann Funktionieren, wenn bestimmte Umgebungsvariablen gesetzt wurden. Dazu startet man auf dem lokalen Computer die beschriebene Batch Datei. Nach dem Start des Kommandozeilenfensters gibt man den folgenden Befehl ein:

```
ec2-register <s3-bucket>/servername.manifest.xml66
```

ein.

Hier muss natürlich auch der Name des S3-Bucket und der Servername angepasst werden. Als Rückmeldung erhält man eine eindeutige AMI-ID des erstellten Images. Nach diesem Arbeitsschritt steht das Image auch in der AWS Management Konsole unter dem Menüpunkt "AMIs" zur Verfügung. Nun kann der Nutzer eine virtuelle Instanz, anhand seines eigenen Images, erzeugen.

Speicherung von Zuständen und Log-Files einer laufenden Instanz während des Betriebes sind nicht beständig. Bei Beendigung der Instanz gehen alle Änderungen bezüglich des Ausgangszustandes verloren.

Um auch über die Laufzeit eines virtuellen Servers hinaus Zustandsänderungen persistent zu speichern, kommt der Amazon Elastic Block Store zum Einsatz. Elastic Block Store bietet beständigen Speicher für Amazon EC2-Instanzen. Amazon EBS-Datenträger ermöglichen die Speicherung außerhalb der Instanz, die unabhängig vom Status einer Instanz besteht.⁶⁷ Aus Sicht der EC2 Instanz lässt sich EBS wie ein externes Speichermedium benutzen. Mit dem Befehlssatz von EBS lassen sich

⁶⁶ [AWS_EC22010]

⁶⁷ [AWS_EC22010B]

Speichervolumen anlegen, mit EC2-Instanzen verknüpfen, dort als Laufwerk anhängen und dann wie gewohnt benutzen. Die Instanz und der EBS Datenträger müssen sich aber in der gleichen Verfügbarkeitszone befinden. Nach dem geregelten Schließen und Abhängen des Volumens, z.B. beim Herunterfahren der Instanz, kann es wieder anderen neuen EC2- Instanzen zur Verfügung stehen. Des Weiteren ist durch die Benutzung eines EBS-Volumens das Starten und Stoppen einer Instanz gestattet. Dazu muss der Anwender das EBS-Volume auf die Root Partition der Instanz mounten. Normale Instanzen ohne EBS-Volume können in der Regel nur terminiert werden. Die gleichzeitige Nutzung eines EBS-Volumens durch mehrere Instanzen ist jedoch nicht möglich. Eine besonders praktische Eigenschaft der Kombination von Amazon EBS und EC2 ist zudem die Möglichkeit, nach Bedarf Momentaufnahmen des EBS-Zustandes zu erstellen und diese auf Amazon S3 zu sichern.

Natürlich ist es auch möglich ein AMI mit integrierten EBS-Volumen zu registrieren. Dazu muss zunächst ein EBS-Volumen erstellt werden. Zum Erstellen des EBS-Volumens wurde wieder die Weboberfläche verwendet.

Abbildung 18: EBS Volume

Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Amazon AWS Webplattform

Im Register Volumes kann ein Datenträger erstellt werden. Wahlweise können Datenträger mit einer Speicherkapazität von 1 GB bis 1 TB verwendet werden. Standardmäßig werden lokale Instanz-Speicher, je nach Instanz-Art, mit einer Speichergröße von 160 GB bis zu 1.690 GB ausgestattet.

Durch die Speicherkapazität von bis zu 1 TB kann auch die Partition einer Small Instanz dadurch erweitert werden. Für die Verwendung einer Instanz als EBS Boot AMI wurde ein Volumen mit einer Speicherkapazität von 10 GB erstellt. An dieser Stelle muss der Nutzer unbedingt sicherstellen, dass die Verfügbarkeitszone des EBS identisch der Instanz ist.

Für den weiteren Schritt muss sichergestellt werden, dass das Volumen auch ordnungsgemäß an die Instanz angehängen wurde. Den Status dazu erhält man auf der Weboberfläche.

Für die weiteren Schritte wie das Erstellen des Dateisystems auf den EBS-Datenträger das Mounten auf die Root Partition das Löschen von älteren Log-Dateien wurde ein Shell Script, welches von Rodney Quillo⁶⁸ zur Verfügung gestellt wurde, verwendet. Zum Abschluss muss der Nutzer das Volumen wieder von der Instanz aushängen. Ist dieser Schritt erfolgt, wird ein Abbild (engl. Snapshot) mit Hilfe der Weboberfläche erzeugt. Mit diesem Abbild des EBS-Datenträgers wird das EBS-Boot-AMI registriert. Dies geschieht mit den EC2 Api Tools und den folgenden Befehl.

```
ec2-register --snapshot snap-<<ID>> --kernel aki-XXXXXXX --ramdisk ari-XXXXXXX --description "EBS Debian Lenny" --name "ebs-debian-lenny-x86_64-server-20100526" --architecture x86_64 --root-device-name /dev/sda1 --region eu-west-1 69
```

Die Snapshot ID sowie die Kernel- und RamDisk-Nummern müssen selbstverständlich angepasst werden. Die nötigen Informationen bekommt man entweder über die AWS-Homepage oder mittels Mozilla Firefox Addon Elasticfox. Dieser stellt bestimmte Teilmengen der Schnittstelle zu AWS auf komfortable Weise zur Verfügung.⁷⁰ Als Beschreibung und Name sollten sprechende Namen verwendet werden, um die Verwaltung von AMIs später zu vereinfachen. Nach erfolgreicher Erstellung eines EBS-Boot-AMIs sollte dieses getestet werden. Mittels Weboberfläche kann eine neue Instanz auf Basis des soeben erstellten AMIs angefordert werden. In

⁶⁸ [Qui2010]

⁶⁹ [AWS_EC2010]

⁷⁰ [AWS_Dev2010]

der Beschreibung der Instanz sollte als Root Device Typ nun EBS stehen und das EBS Volumen sollte automatisch auf die Root Partition `/dev/sda1` gemountet sein. Des Weiteren befindet sich unter dem Reiter Volumen die erstellte Festplatte mit einer Kapazität von 10 GB und den Anhang Informationen zur soeben erstellten Instanz.

4.5 Anbindung an ein Datenbank-Service

Seit Ende Oktober betreibt Amazon den Amazon Relational Database Service (Amazon RDS). Dies ist ein Webservice zum Betreiben einer relationalen Datenbank im Bereich des Cloud Computing. Amazon RDS ist ein mächtiges Datenbanksystem, welches kosteneffiziente und skalierbare Kapazitäten bereitstellt. Durch diesen Service sollen sich Anwender mehr auf ihre Anwendung konzentrieren.⁷¹ Die kompletten Verwaltungsaufgaben, wie zum Beispiel Backupstrategien, liegen in der Hand von Amazon. Der Nutzer von Amazon RDS erhält den vollen Funktionsumfang einer herkömmlichen MySQL Datenbank. Das bedeutet, dass Code, Anwendungen und Programme die bereits an eine MySQL Datenbank angebunden sind, nahtlos in Amazon RDS integriert werden können. Für den Anwender entfallen, dass einspeisen von Patches sowie das Generieren von Sicherheitskopien. Diese beiden Aufgaben werden von Amazon übernommen. Für Sicherheitskopien kann der Anwender frei entscheiden für welchen Zeitraum diese aufbewahrt werden sollen. Amazon RDS wird dann im festgelegten Zeitfenster automatisch Backups der Datenbank erstellen. Wie bereits bei den virtuellen Serverinstanzen ist auch hier der große Vorteil die Thematik Skalierbarkeit von Ressourcen. Bei einer Skalierung der zugeteilten Speicherkapazität bleibt die Datenbank Instanz sogar weiterhin verfügbar. Im Gegenzug ist die Datenbank bei einer Skalierung der Rechenressourcen vorübergehend nicht verfügbar. Durch das Analyse Programm Amazon Cloud-Watch werden die Auslastung der Rechen- und Speicherkapazität der relationalen Datenbank überwacht. Durch die zur Verfügung gestellten Schnittstellen Werkzeuge kann der Anwender durch absetzen eines Befehls die Datenbank bequem nach oben bzw. auch nach unten skalieren. Die

⁷¹ [AWS_RDS2010]

Bezahlung der Datenbank Instanz erfolgt wieder nach stündlichen Verbrauch und des genutzten Speicherbedarfs und hinzu kommt noch das übertragene Datenvolumen.

Amazon bietet die folgenden Datenbank Instanzen an:

- Small DB Instance 0,11 USD
- Large DB Instance 0,44 USD
- Extra Large DB Instance 0,88 USD
- Double Extra Large DB Instance 1,55 USD
- Quadruple Extra Large DB Instance 3,10 USD ⁷²

Weitere Preise wie zum Beispiel für bereitgestellten Datenbankspeicher, Backup Speicher und die Datenübertragung findet der Anwender bequem auf der Homepage von Amazon RDS.

Von Amazon Webservices gibt es für Entwickler auch weitere Datenbankalternativen. So steht es dem Entwickler offen auch EC2 AMIs für den Betrieb einer relationalen Datenbank zu nutzen. Entwickler sollten also vorher genau ermitteln, welche Alternative für ihren Anwendungsfall am besten geeignet ist. Entscheidend für die Verwendung einer Datenbank als EC2 AMI, ist die vollständige Kontrolle über Verwaltung und Abstimmung bei der Ausführung. Um bei der Datenverwaltung Zeit zu sparen, wird Amazon RDS allgemeine administrative Aufgaben automatisieren. Damit können Abläufe vereinfacht und Kosten minimiert werden.

Da für dieses Praxisbeispiel ein nativer Zugang zu einer relationalen Datenbank von MYSQL benötigt wird, die einzelnen Dienste wie Infrastruktur- und Datenbankverwaltung jedoch als Service genutzt werden sollen, wurde die Entscheidung auf Amazon RDS gelegt. Die Systemvoraussetzungen für die Magento eCommerce Plattform benötigen eine MySQL Datenbank mindestens in der Version 4.1.20 sowie die zusätzliche Storage Engine InnoDB. InnoDB gewährleistet zusätzlich Transaktionssicherheit und referenzielle Integrität über Fremdschlüssel. Amazon

⁷² [AWS_RDS2010B]

RDS unterstützt MySQL mit der Storage Engine InnoDB, dass bedeutet das die Systemvoraussetzung zur Implementation mit Magento erfüllt sind.

Während der Testphase wurden von Amazon nur die Kommandozeilen Werkzeuge bereitgestellt, deshalb erfolgt die folgende Installation über die Konsolenparameter. Nach einem Update Ende Mai 2010 wurde die Amazon Weboberfläche um den Service Amazon RDS erweitert. Dem Nutzer stehen somit die meisten Funktionen von Amazon RDS über die Weboberfläche zur Verfügung.

Um die Kommandozeilen Werkzeuge zu nutzen, benötigt man das von Amazon bereitgestellte Schnittstellen Paket. Wie bereits bei den Virtuellen Server Instanzen, müssen für Amazon RDS ebenso verschieden Umgebungs-Variablen im System integriert werden. Dazu wurde erneut eine Batch-Datei mit folgendem Inhalt verwendet.

```
set JAVA_HOME=C:\Program Files\Java\jdk1.6.0_20
set PATH=%PATH%;%JAVA_HOME%\bin
set EC2_HOME=D:\ec2tools
set PATH=%PATH%;%EC2_HOME%\bin
set AWS_RDS_HOME=D:\ec2tools\RDSCli
set PATH=%PATH%;%AWS_RDS_HOME%\bin
set AWS_CREDENTIAL_FILE=D:\ec2tools\credential-file-dotsource.template
set EC2_PRIVATE_KEY=%EC2_HOME%\ec2\pk-MCFCU7A23NEKWOAV4YLDZTV36JSX7NZO.pem
set EC2_CERT=%EC2_HOME%\ec2\cert-MCFCU7A23NEKWOAV4YLDZTV36JSX7NZO.pem
set EC2_URL=https://eu-west-1.ec2.amazonaws.com
set EC2_REGION=eu-west-1
cls
cmd
```

Der Aufbau der Datei gleicht den der Batch Datei für virtuelle Server Instanzen. Die Datei wurde um einen Eintrag des AWS RDS Home Pfades erweitert.

Durch den Start der Batch-Datei bekommt der Nutzer ein Kommandozeilenfenster mit den benötigten Umgebungsvariablen. Zum Generieren einer Datenbank Instanz muss der Nutzer den folgenden Befehl über die Konsole absenden.

```
rds-create-db-instance dotsourcedb -s 5 -c db.m1.small -e MySQL5.1 -u root  
-p XXXXXXXXXX --backup-retention-period 5 --region eu-west-173
```

Für eine einfache Evaluierung wurde zunächst eine kleine Datenbank Instanz (db.m1.small) mit dem Namen *dotsourcedb* erzeugt. Beim Anlegen der Datenbank muss der Nutzer sich bereits für die Backup Strategie entscheiden. Ein wichtiger Aspekt ist die Region. Bei der Speicherung von sensiblen Daten in der Datenbank kommt es natürlich darauf an, wo diese sich befinden und wie die gesetzlichen Regelungen sind. Deshalb sollte man aus Deutschland, darauf achten das die Region EU-West deklariert wird. Die Datenbank Größe beziffert Amazon mit einer Größe zwischen 5 und 1024 GB. Übersteigen die Daten der Datenbank die Kapazitätsgrenze von 1024 GB, so können Datenbanken auch partitioniert werden.

Ein Initiale-Datenbank ist so konfiguriert das diese generell gegen Zugriffe gesperrt ist. Um für die ausgeführte Datenbank Instanz Netzwerkanfragen zu ermöglichen, muss der Zugriff autorisiert werden.⁷⁴ Die Autorisierung erfolgt über Datenbank Sicherheitsgruppen. Für diese Gruppen wird das Classless Inter-Domain Routing (CIDR) verwendet, um eine spezielle IP oder einen Adressbereich zu autorisieren. Um Autorisierte Zugriffe von EC2 Instanzen zu ermöglichen kann der Entwickler Netzwerkanfragen über die EC2 Sicherheitsgruppe erlauben.

Eine Datenbank Sicherheitsgruppe anzulegen, dazu benötigt man zunächst einen Namen eine Beschreibung und den Namen der Datenbank Engine.

```
rds-create-db-security-group dotsourcegroup -e MySQL5.1 -d „Security Group  
dotSource GmbH“75
```

Das Kommando `rds-describe-db-security-groups` sollte folgendes Ergebnis liefern.

⁷³ [AWS_RDS2010]

⁷⁴ [AWS_RDS2010]

⁷⁵ [AWS_RDS2010]

```
SECGROUP default default
SECGROUP dotsourcegroup Security Group dotSource GmbH 76
```

Zu diesem Zeitpunkt bestehen zwei Sicherheitsgruppen. Im nächsten Schritt soll der Zugriff über den lokalen Computer gestattet werden. Dazu ist zwingend die eigene lokale IP-Adresse erforderlich.

```
rds-authorize-db-security-group-ingress dotsourcegroup --cidr-ip
xxx.xxx.xxx.xxx/32
```

Durch die CIDR Notation mit dem Suffix 32, wird nur der einzelne Host mit der angegebenen IP-Adresse der Netzwerkzugriff genehmigt. Wenn Rechner aus einen Klasse C Subnetz autorisierten Zugriff bekommen sollen, muss der Suffix beispielsweise auf /24 geändert werden. Dies würde einer Netzmaske von 255.255.255.0 entsprechen.⁷⁷

Um den Zugriff auf die Datenbank-Instanz für vorhandenen EC2 Instanzen zu gewährleisten, muss der Anwender vorhandene EC2 Sicherheitsgruppen der Datenbank Sicherheitsgruppe hinzufügen. EC2 Sicherheitsgruppen wurden bereits in Kapitel 4.3 Erstellen einer On-Demand Instanz erläutert. Im speziellen Fall wurde die EC2 Sicherheitsgruppe *ssh & http* der soeben erstellten Datenbank Sicherheitsgruppe *dotsourcegroup* hinzugefügt.

```
rds-authorize-db-security-group-ingress dotsourcegroup --ec2-security-
group-name ssh & http --ec2-security-group-owner-id xxxx-xxxx-xxxx 78
```

Aus Sicherheitsgründen wurde die Benutzerkennnummer unkenntlich gemacht. Diese ist auf der Webseite des Amazon Webservices zu finden.

Nach einer kurzen Authentifizierungsphase kann der Entwickler mit dem Befehl `rds-describe-db-security-groups` überprüfen, ob die von ihm angegebene IP – Adresse sowie EC2 Sicherheitsgruppe autorisiert wurde.

⁷⁶ [AWS_RDS2010]

⁷⁷ [NetP2010]

⁷⁸ [AWS_RDS2010]

```
SECGROUP dotsourcegroup Security Group dotSource GmbH
IP-RANGE xxx.xxx.xxx.xxx/32 authorized
EC2-SECGROUP ssh und http xxxxxxxxxxxx authorized79
```

Nach dem Erstellen der Sicherheits-Regelungen kann die MySQL Datenbank in gewohnter Art und Weise verwendet werden. Für die Installation des Magento Online-Shops wird eine bereits angelegte Datenbank benötigt. Diese kann durch ein eigens ausgewähltes Datenbankprogramm oder über die Kommandozeile angelegt werden.

4.6 Lastverteilung mittels Loadbalancer

Der Elastic Load-Balancer der von Amazon bereitgestellt wird, verteilt automatisch den eingehenden Netzwerkverkehr, auf die ihm zur Verfügung stehenden EC2-Instanzen. Die Lastverteilung wird somit an den Anwendungsverkehr angepasst.

Die EC2-Instanzen werden automatisch vom Loadbalancer auf Fehlerfreiheit überprüft. Fehlerhafte EC2-Instanzen werden vom Loadbalancer erkannt und von der Lastverteilung ausgeschlossen. Der Loadbalancer kann ebenso über verschiedene Verfügbarkeitszonen den anstehenden Verkehr verteilen. Durch die Verteilung über mehrere Verfügbarkeitszonen bringt ein erhöhtes Maß an Verfügbarkeit. Zudem erhält der Nutzer eine verbesserte Fehlertoleranz, wenn die EC2-Instanzen hinter einen Loadbalancer eingeordnet sind.⁸⁰ Die Erstellung eines Loadbalancer erfolgt in den folgenden Schritten anhand des Webinterfaces von Amazon. Mit den Schnittstellen Werkzeugen ist die Generierung eine Loadbalancer ebenfalls möglich.

Der Loadbalancer unterscheidet beim eingehenden Netzwerkverkehr zwischen verschiedenen Verbindungstypen. Die speziellen Ports für die jeweilige Verbindung können im ersten Initialisierungsschrittes des Loadbalancer definiert werden. Für den Praxistest wurde eine „Apache HTTP Verbindung“ auf Port 80 und eine sichere http Verbindung auf Port 443 zugelassen siehe Abbildung 19: Port Einstellung Loadbalancer.

⁷⁹ [AWS_RDS2010]

⁸⁰ [AWS_ELB2010]

Abbildung 19: Port Einstellung Loadbalancer

Load Balancer Name: my-load-balancer

Listener Configuration:

Common Applications	Protocol	Load Balancer Port	EC2 Instance Port	Actions
Apache HTTP Server	HTTP	80	80	<button>Remove</button>
Secure HTTP Server ▼	TCP ▼	443	443	<button>Save</button>

Continue

Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Amazon AWS Webplattform

Für die verbesserte Fehlertoleranz muss der Loadbalancer in regelmäßigen Abständen den Zustand der EC2 Instanzen abfragen. Die Zustandsabfrage erfolgt über ein spezielles Protokoll, welches im zweiten Schritt definiert werden kann. Im Fall des http-Protokolls muss dem Loadbalancer der Zugriffsport mitgeteilt werden. Der Loadbalancer verbindet sich in einem festgelegten Intervall auf die EC2-Instanz und überprüft das Vorhandensein einer deklarierten Datei. Standardmäßig ist für den Gesundheitscheck die index.html Datei im Webverzeichnis angegeben.

Abbildung 20: Konfiguration Loadbalancer

Configuration Options:

Ping Protocol: HTTP ▼

Ping Port: 80

Ping Path: /index.html

Advanced Options:

Response Timeout: 5 Seconds

Health Check Interval: 0.5 Minutes

Unhealthy Threshold: 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Healthy Threshold: 2 3 4 5 6 7 8 9 10

< Back Continue

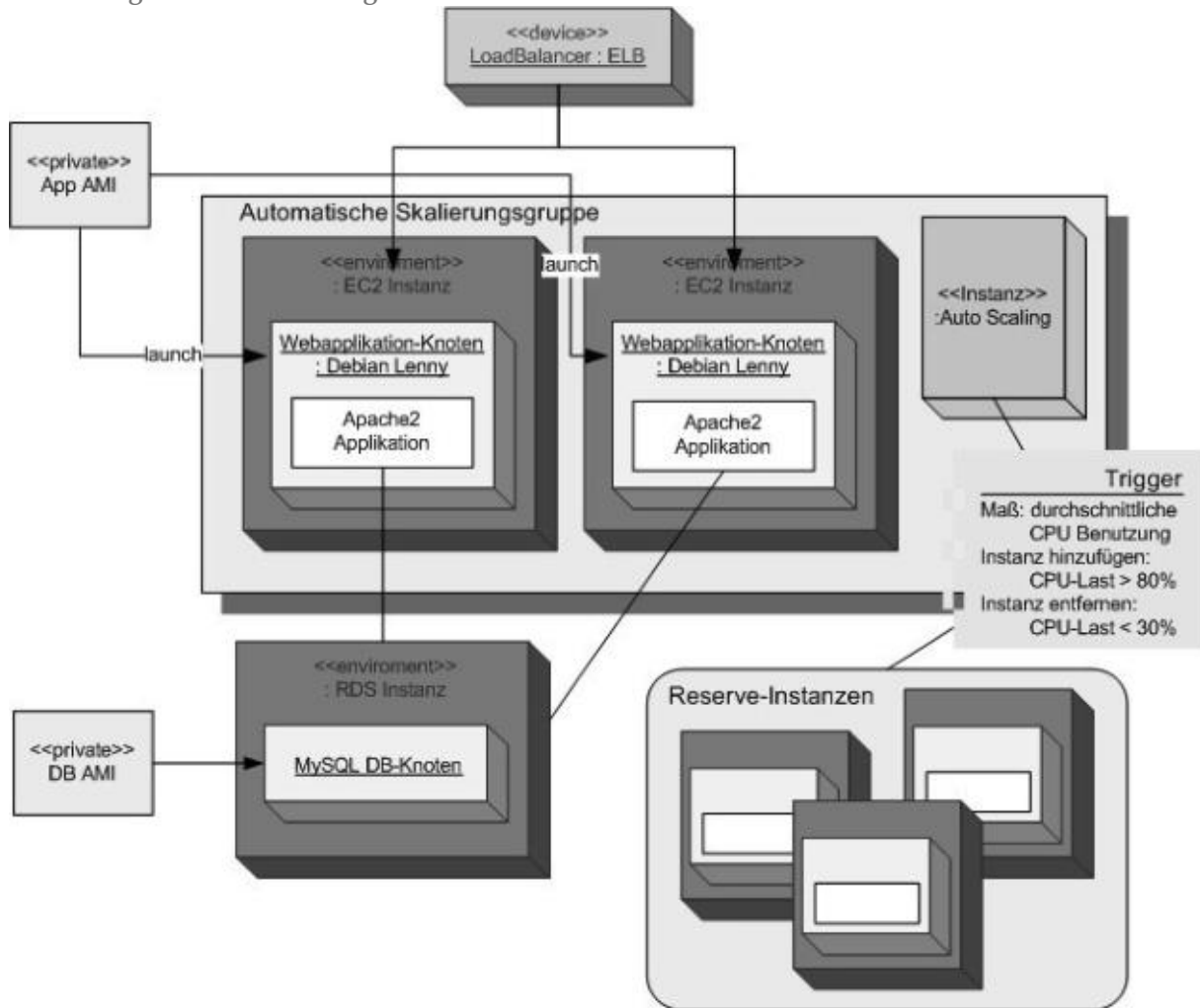
Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Amazon AWS Webplattform

Im unteren Abschnitt siehe Abbildung 20: Konfiguration Loadbalancer kann der Anwender weitere Parameter des Load-Balancers definieren. Zur Verfügung steht die Antwortzeit, welche beschreibt wie lange der Loadbalancer auf eine Antwort wartet. Das Intervall wie oft der Loadbalancer die EC2-Instanzen überprüft. „Unhealthy treshold“ ist die Anzahl an fehlgeschlagenen Überprüfungen bis der Loadbalancer die EC2-Instanz als fehlerhaft deklariert. Als letztes stehen dem Anwender die „healty thresholds“ zur Verfügung. Dies ist die Anzahl an Kontrollen die ein Loadbalancer durchführt, bevor er eine Instanz wird in den Zustand fehlerfrei versetzt. Im nächsten Schritt werden verfügbare EC2-Instanzen zur Verfügung gestellt, die dem Loadbalancer zugeordnet werden können. Die Instanzen müssen sich für die Zuordnung im Betriebsstatus befinden, außer es handelt sich um eine EBS-Boot Instanz.

4.7 Automatische Skalierung von EC2-Instanzen

Mit der automatischen Skalierung können EC2-Instanzen anhand festgelegter Bedingungen skaliert werden. Damit ist garantiert, dass bei Lastspitzen EC2-Instanzen automatisch an die aktuellen Bedingungen angepasst werden und daraus resultierend Kosten minimiert werden. Die automatische Skalierung kann nur in Verbindung mit Amazon Cloud Watch verwendet werden. Cloud Watch ist ein Programm zur Überwachung der Instanzen, welches zusätzlich gebucht und abgerechnet werden muss. Für die automatische Skalierung fallen aber keine weiteren Kosten an. Die automatische Skalierung bietet den Vorteil, dass bei schwacher Auslastung ungenutzte Instanzen deaktiviert werden können, um Kosten einzusparen. Beispielsweise könnte der Anwender festlegen, dass höchstens zwei fehlerfreie EC2-Instanzen hinter einem Loadbalancer ausgeführt werden siehe Abbildung 21: Autoskalierung.

Abbildung 21: Autoskalierung



Quelle: Eigene Aufzeichnung Vgl. [AWS_AS2010]

Zu Hauptlastzeiten skaliert sich das Cluster anhand des eingerichteten Triggers automatisch. Der Trigger agiert ebenfalls bei nicht Erreichbarkeit einer Instanz. In diesem Fall werden neue Instanzen aus dem Vorbehalt geladen. Dadurch ergibt sich natürlich ein vollkommen neues Abrechnungsmodell, welches Cloud Computing für die Kostenkalkulation attraktiv gestaltet.

Für die Einrichtung der automatischen Skalierung wird zunächst ein Loadbalancer vorausgesetzt. Die Skalierung erfolgt über deklarierte Instanz-Typen, die beim Auslösen des Triggers gestartet bzw. beendet werden. Die Definition einer sogenannten „launch configuration“ kann momentan nur über die bereitgestellten Schnittstellen Werkzeuge erfolgen.

Mit dem Befehl:

```
as-create-launch-config dotsourcelaunchConfig --image-id ami-7f341e0b --  
instance-type m1.large --key mma_key --group SSH und HTTP(S)81
```

wurde eine „launch configuration“ mit dem Namen `dotsourcelaunchConfig` erstellt. Der Image-Identifikator entspricht der eindeutigen ID eines Amazon Images. Mit der zusätzlichen Angabe des Instanz-Typs wird definiert, welche Art von Instanz beim Auslösen des Triggers gestartet wird. Um die automatisch erstellte Instanz im weiteren Verlauf über die Konsole anzusprechen sollte zwingend die Angabe des Sicherheitsschlüssels definiert werden. Des Weiteren ist für die Erreichbarkeit die Sicherheitsgruppe zu deklarieren. Würde diese Angabe fehlen, würde zwar eine Instanz beim Auslösen des Triggers erstellt, jedoch wäre der Zugriff auf allen Ports gesperrt.

Die weiteren Schritte erfordern die Definition einer automatischen Skalierungsgruppe. Diese Gruppe wird definiert um auf Trigger Events zu reagieren. Die Skalierungsgruppe besteht standardmäßig aus EC2-Instanzen die den eingehenden Netzwerkverkehr entgegen nehmen. Und durch die Triggerfunktion skaliert werden kann siehe Abbildung 21: Autoskalierung.

Durch das Absenden des folgenden Befehls wurde eine Skalierungsgruppe mit dem Namen `dotsourceAutoScaling` erstellt.

```
as-create-auto-scaling-group dotsourceAutoScaling --launch-configuration  
dotsourcelaunchConfig --availability-zones eu-west-1a --min-size 1 --max-  
size 5 --load-balancers dotsource-load-balancer82
```

Die `dotsourceAutoScaling` Gruppe ist somit mit der zuvor angelegten „launch configuration“ verknüpft. Das bedeutet, dass wenn es zu Engpässen in der `dotsourceAutoScaling` Gruppe kommt, automatisch neue Instanzen der „launch configuration“ hinzugefügt werden. Handelt es sich dabei um eine Cloud die von

⁸¹ [AWS_AS2010]

⁸² [AWS_AS2010]

einem Loadbalancer, wie im Praxisbeispiel, bedient wird, muss dieser bei der Erstellung der Gruppe mit definiert werden. Dadurch das die Standardverfügbarkeitszone von Amazon auf us-west festgelegt ist, sollte man zwingend beachten das man bei Erstellen zusätzlich die Verfügbarkeitszone mit angibt.

Zum Abschluss muss der Nutzer die Bedingungen, den sogenannten Trigger für die automatische Skalierung definieren.

```
as-create-or-update-trigger      dotsourceTrigger      --auto-scaling-group
dotsourceAutoScaling --namespace "AWS/EC2" --measure CPUUtilization --
statistic Average --dimensions "AutoScalingGroupName=dotsourceAutoScaling"
--period 60 --lower-threshold 30 --upper-threshold 60 "--lower-breach-
increment=-1" "--upper-breach-increment=1" --breach-duration 36083
```

Der Trigger wird dazu eingesetzt, die Instanzen anhand von Amazon Cloud Watch zu überwachen. Wann der Trigger ausgelöst wird, kann durch verschiedene Aktionen wie CPU Last, Netzwerkverkehr oder Festplattenverkehr geschehen.⁸⁴ Im Praxisbeispiel wurde zunächst die CPU-Last dafür ausgewählt. Steigt die Arbeitslast der CPU über 60 % (upper-treshold) soll jeweils um eine Instanz erweitert werden. Im Gegenzug wird die Skalierungsgruppe um eine Instanz verringert, wenn die Last der CPU unter 30 % (lower-treshold) abfällt. Um ein ständiges pendeln im Grenzbereich zu vermeiden, sollte eine „breach duration“ festgelegt werden. Anhand der Zeitangabe wird evaluiert ob ein Trigger Event ausgelöst werden muss oder nicht.

4.8 Integration Magento und Spezielle Anpassungen

Nach der Einrichtung der virtuellen Server-Instanz muss der Nutzer sich mittels SSH-Client auf den Server verbinden um Magento zu implementieren. Nach der Verbindung, lädt man das Installationspaket von der Magento Webseite herunter und speichert es in einen beliebigen Ordner auf dem Server. Zur Vorbereitung der

⁸³ [AWS_AS2010]

⁸⁴ [AWS_AS2010] S.8

Installation, muss das zuvor herunter geladene Archiv in einen Ordner unter `/var/www` entpackt werden. Dies ist das standardmäßig eingestellte Webverzeichnis für den Apache Webserver. Wie der Apache Webserver eingestellt bzw. installiert wird und die Deklaration von virtuellen Hosts soll an dieser Stelle nicht aufgeführt werden.

Zur endgültigen Installation muss der Public DNS Eintrag in die Adresszeile des Browser eingegeben werden. Zusätzlich muss an den Eintrag der Ordnername des Installationsverzeichnisses angehängt werden. Die URL könnte zum Beispiel wie folgt lauten: `http://ec2-79-125-72-43.eu-west-1.compute.amazonaws.com/magento`.

Durch Aufrufen dieser URL startet der webbasierte Installationsprozess von Magento. Gegebenfalls müssen für die endgültige Installation noch verschiedene Dateirechte angepasst oder zusätzliche Pakete installiert werden. Dies wird dem Anwender aber benutzerfreundlich beim Installationsprozess mitgeteilt. Die weiteren Schritte können intuitiv anhand der Bildschirmausgaben befolgt werden.⁸⁵

Die Verwendung von Magento in einem verteilten System, setzt voraus, dass die Media Daten sich in einem konsistenten Zustand befinden. Da sich die Blockspeicher von Amazon nur an eine Instanz anhängen und nicht von mehreren benutzt werden kann, ist diese Option nicht für den Einsatz als gemeinsamen Ordner möglich. Um dieses Problem zu umgehen wurde eine neue Instanz erzeugt, auf der ein NFS-Server eingerichtet wird. Die Root-Partition des NFS Servers ist ebenfalls auf einem EBS-Volumen gemountet. Dadurch wird zusätzlich sichergestellt, dass keine Daten durch einen eventuellen Ausfall verloren gehen. Sollte es dennoch dazu kommen dass einmal der NFS-Server nicht verfügbar ist, würde dies durch Cloud-Watch erkannt und es würde automatisch eine neue Instanz initialisiert, die denselben Blockspeicher benutzt wie die vorherige. Wenn man allerdings nur ein NFS-Server betreibt, ist für den Moment der Neuinitialisierung nach einem Ausfall kein Schreiben auf den gemeinsamen Ordner möglich. Die Flexibilität gestattet es hier

⁸⁵ [MAG2010]

zwei identische NFS-Server einzusetzen. Dadurch werden die Daten auf beide Server redundant geschrieben. Kommt es zu einem Ausfall eines NFS-Servers kann dieser in Ruhe neuinitialisiert werden, weil der andere Server die komplette Aufgabe übernimmt.

Zum Erstellen eines NFS-Servers nutzt man am besten ein Standard AMI mit einer einfachen Debian Umgebung.

Die Installation des NFS-Servers erfolgt durch den Befehl:

```
apt-get install nfs-kernel-server nfs-common portmap
```

Für die Kommunikation zwischen NFS-Server und den Clints muss auf den jeweiligen Client ein NFS-Client installiert werden.

```
apt-get install nfs-common portmap
```

Für die Ablage der gemeinsam genutzten Dateien, muss der Anwender auf dem Server eine NFS-Freigabe anlegen.

Die Ordnerstruktur könnte beispielsweise wie folgt implementiert werden.

```
/nfs-shares/varwww/magento/media
```

Damit später NFS-Clients gemeinsam auf diesen Ordner zugreifen können, muss auf dem NFS-Server die Datei /etc/exports angepasst werden.

Generell werden alle, gekennzeichnet durch das Stern Attribut, ankommenden Zugriffe mit dem folgenden Befehl erlaubt.

```
/nfs-shares/varwww *(rw,no_subtree_check,no_root_squash)
```

Für die Nutzung des freigegebenen Verzeichnisses muss auf dem Client dieses Verzeichnis gemountet werden. Damit die NFS Freigabe sofort beim hochfahren der Server-Instanz automatisch eingehangen wird, muss man folgenden Eintrag in der Datei /etc/fstab hinzufügen.

```
Adresse des Servers:/nfs-shares/varwww/magento/media/  
/var/www/magento/media nfs defaults 0 0
```

Durch die Flexibilität der Amazon Services gestaltet sich die Angabe der NFS-Server Adresse etwas schwierig, weil diese dynamisch zugewiesen wird. Im Normalfall sollte diese sich nicht ändern solange der NFS-Server aktiv ist, dennoch kann es durch kurze Ausfälle dazu kommen, dass die Adresse sich ändert. Daraus resultierend würden die Client-Server nicht mehr auf diese NFS-Freigabe zugreifen können. Um sicherzustellen, dass der NFS-Server immer unter der gleichen IP-Adresse erreichbar ist, können die von Amazon bereitgestellten Elastischen IPs benutzt werden. Dem Anwender stehen bis zu fünf statische IPs auf seinem EC2-Konto zur Verfügung, mehrere sind nur auf Anfrage möglich. Solch eine elastische IP kann der Anwender bequem über die Weboberfläche an eine Instanz anknüpfen. Damit ist es einfach möglich eine ausgefallene Instanz durch eine neue Instanz zu ersetzen, die entweder zuvor parallel mitgelaufen ist oder erst neu hochgefahren wird ohne dass nach außen der Wechsel einer IP kommuniziert werden muss. Elastische IPs die an eine Instanz gebunden sind, verursachen keine Mehrkosten. Lediglich reservierte nicht genutzte Elastische IPs kosten derzeit pro Stunde 1 Cent um unnützes aufbewahren der knappen IPs vorzubeugen.

5 Evaluation Cloud Computing zu herkömmlichen Serverfarmen

Im folgenden Kapitel wird eine technische und wirtschaftliche Evaluierung dem Einsatz herkömmlicher Servercluster gegenübergestellt. Die Frage, ob sich Cloud Computing für ein Unternehmen bzw. für Anwendungen lohnt oder nicht, kann nicht pauschal eingeordnet werden. Dazu müssen Abhängigkeiten von Eigenschaften und Zielen einer Anwendung untersucht werden. Prinzipiell kann man die Thematik in zwei unterschiedliche Anwendungsklassen einordnen. Manche Unternehmen wollen nur eine einmaligen Job ausführen lassen zum Beispiel das konvertieren großer Videodateien. Oder es handelt sich um kontinuierliche Anwendungen, welche dynamisches Nachfrageverhalten aufweisen. Gründe für die Nutzung von Cloud Computing wurden bereits öfters aufgeführt unter anderem die Abwicklung von unvorhersehbaren Lastspitzen. Dennoch muss der Endnutzer die Fixkosten genau analysieren. Für die folgende Evaluierung wird der Bezug auf kontinuierliche Anwendungen betrachtet.

5.1 Technologischer Kontext

Die Technologie von Cloud Computing stellt natürlich hohe Ansprüche an bereits existierende Technologien. Effiziente Server sind der Schlüssel zur Kostenminimierung. Dabei spielen Speicherkapazität und Rechenleistung eine ausschlaggebende Rolle. Aber ein weiterer entscheidender Faktor ist die Bandbreite. Daten die in der Cloud verarbeitet werden, müssen stets das Internet passieren um an den richtigen Ort transferiert zu werden. Hinzu kommen die verarbeiteten Daten die schnell übermittelt werden müssen. Ein standardmäßiger Internetanschluss ist asynchron eingerichtet, das bedeutet das dem Download eine größere Bedeutung gegenüber dem Upload zukommt. Bisher übermittelten Nutzer nur wenige Daten ins Internet und luden stattdessen größere Datenbestände herunter. Für den Einsatz von Cloud Computing sollte diese Anbindung überarbeitet werden, so dass mehr

synchrone Verbindung d.h. gleiches Verhältnis zwischen Down- und Upstream eingesetzt werden.⁸⁶

Rechenleistungsangaben und Verfügbarkeiten werden in der Regel in „Service Level Agreements“ oder Dienstgütevereinbarungen beschrieben, um Kontrollmöglichkeiten für den Anwender transparent zu gestalten.⁸⁷

Die Zusicherung seitens Amazon beläuft sich hierbei auf eine durchschnittliche Verfügbarkeit einer EC2 Instanz auf 99,95 % pro Jahr. Fällt die Verfügbarkeit unter den angegebenen Wert bietet Amazon den Kunden eine Rückzahlung in Form einer Verrechnung an. Die Prozentangabe richtet sich auf die komplette Infrastruktur-Region. Das heißt, dass die Instanz 5 Minuten nicht erreichbar ist und auch nicht automatisch mit einer anderen ersetzt werden kann. Abhilfe schafft eine Vorhaltung von Instanzen in einer anderen Region, hier muss aber speziell auf Datenschutzaspekte geachtet werden.⁸⁸

Bei Betrachtung der Rechenleistung führte Amazon zum leichteren Verständnis die EC2 Compute Unit ein. Dies ist die Menge an CPU Kapazität die einer virtuellen Instanz zugewiesen wird. Im Durchschnitt soll dies einer Rechenleistung von ca. 1 - 1,2 GHz entsprechen.⁸⁹

Um die Rechenleistung genauer zu analysieren und zu vergleichen wurde die Kreiszahl PI einmal mit 5000 Stellen und mit 10000 Stellen nach dem Komma berechnet. Durch die Hardware-Voraussetzung des physischen Clusterservers mit einer CPU Leistung von 2805.895 MHz auf vier Kernen und 8 GB Arbeitsspeicher wurde zum Vergleich eine Amazon Instanz „Extra Large“ ausgewählt. Die Daten der „Extra Large“ Instanz werden wie folgt beziffert:

- 8 EC2 Compute Units (4 Kerne a 2 EC2 Recheneinheiten) entspricht ca. 8 - 8,8 GHz d.h. 4 Kerne mit je 2 GHz
- 15 GB Arbeitsspeicher

⁸⁶ [iX2010]

⁸⁷ [Baun2010]

⁸⁸ [AWS_SLA2010]

⁸⁹ [AWS_EC22010B]

Um einen weiteren Unterschied zwischen einzelnen Amazon Instanzen zu präsentieren wurde zudem noch eine normale „Large Instanz“ hinzugefügt. Die Daten der „Large Instanz“ belaufen sich auf die nachfolgenden Angaben:

- 4 EC2 Compute Units (2 Kerne a 2 EC2 Recheneinheiten) entspricht ca. 4 GHz d.h. 2 Kerne mit je 2 GHz
- 7,5 GB Arbeitsspeicher⁹⁰

Die Berechnung der Kreiszahl als CPU-Benchmark erfolgte mit dem folgenden Befehl auf der Kommandozeile des jeweiligen Servers.

```
time echo "scale=10000; 4*a(1)" | bc -l
```

Tabelle 9: Vergleich CPU Leistung mittels der Berechnung für Kreiszahl PI

	5.000 Stellen	10.000 Stellen
Physischer Server	0m31.200s	3m3.857s
Large Instanz	0m44.948s	4m24.715s
Extra Large Instanz	0m40.786s	4m0.698s

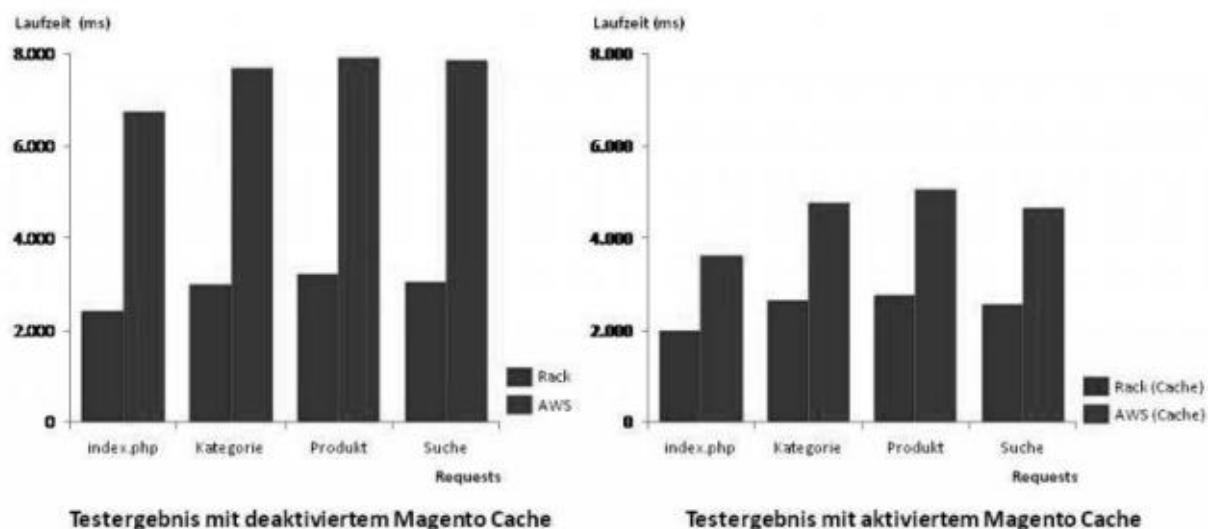
Die zuvor dargestellte Tabelle beweist eindeutig, dass trotz gleichwertiger Performanceleistung der physische Server am effektivsten die Aufgabe bewerkstelligt. Deshalb sollten die virtuellen Rechenleistungsangaben subjektiv betrachtet werden. Die Anwender die gleichbleibende Performance bevorzugen sollten also besser auf physische Systeme zurückgreifen, weil die Angaben der Cloud Computing Anbieter nicht hundertprozentig den wirklichen Werten entsprechen.

Das ausgereifte Shop System Magento stellt hohe Anforderungen an die Performance eines Servers sowie die Konfiguration verschiedenster Software. Durch verschiedene Lasttests findet man am besten heraus, welche Konfiguration für eine Implementation von Magento in die Cloud notwendig ist. Holger Baten analysierte durch verschiedene Lasttests die Antwortzeiten von Magento in der Amazon Cloud. Es wurde unter anderem festgestellt, dass ein standardmäßiges Magento durchaus auf einer Small Instanz lauffähig ist. Das Ziel dieser Tests war, dass die Ergebnisse benutzt werden sollten um zu entscheiden, welche der beiden ins Auge gefassten

⁹⁰ [AWS_EC22010B]

Hosting-Lösungen d.h. Cloud Computing oder Mieten in einem Rechenzentrum genutzt werden sollen. Da dies auch für die dotSource GmbH als Hosting Anbieter eine interessante Frage darstellt, werden im nächsten Abschnitt die Ergebnisse des Tests analysiert. Die Tests wurden so gestaltet, dass Anfragen gegen die Startseite, die Kategorien, die Produktseiten und die Suche gestellt wurden. Zum Vergleich der EC2 Instanz, wurde bei diesen Tests ein Server von „Rackspace managed Hosting“⁹¹ verwendet. Der Server besitzt eine Quad-Core CPU mit 4 X 2,67 GHz. Da dies dem ungefähren Wert der CPU-Leistung des Analogiemodells entspricht, ist dieser Test durch aus vergleichbar und wurde nicht eigens umgesetzt. In einem ersten Testfall wurde das Laufzeitverhalten einer Anfrage getestet. Zusätzlich wurde das Anfrageverhalten noch unterschieden zwischen eingeschalteten Magentocache und ohne Zwischenspeicherung geprüft. Dieser Test bezog sich nur auf eine Anfrage ohne mehrfaches Nutzeraufkommen und lieferte die folgenden Ergebnisse.

Abbildung 22: Anfrageverhalten Server vs. virtuelle Instanz



Quelle: Abbildung von Holger Baten⁹²

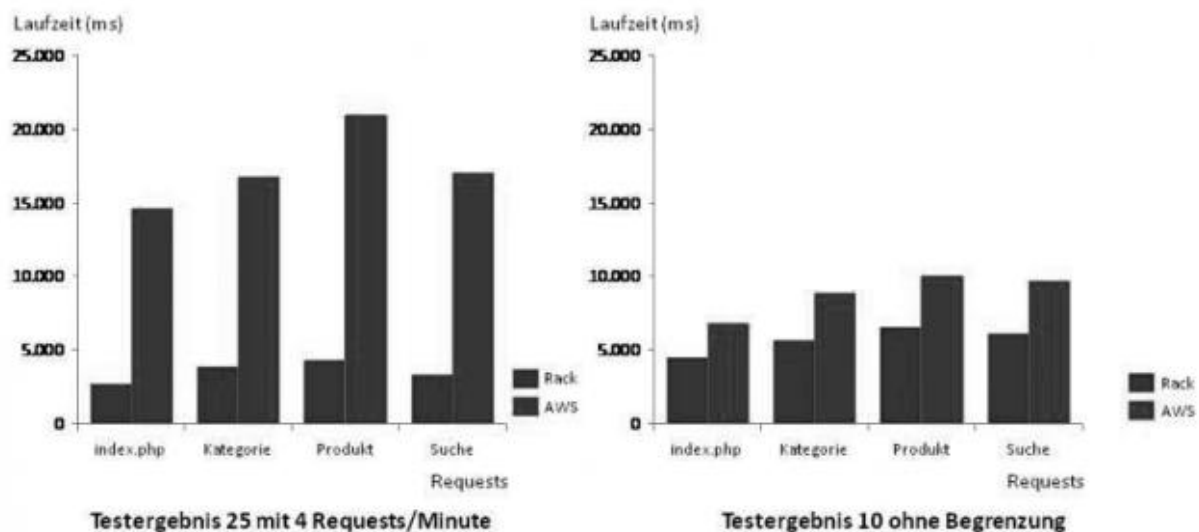
In der Grafik ist deutlich zu erkennen das Anfragen an die Amazon Instanz mehr als doppelt so lange benötigen, als der physische Server. Durch die Verwendung des Magento Caches kann zunehmend das Anfragenverhalten verbessert werden,

⁹¹ <http://rackspace.de/>

⁹² [Baten2010]

dennoch ist auch hier ein klarer Geschwindigkeitsvorteil auf seitens des physischen Servers. In einen weiteren Test wurden zum einem 10 parallele Nutzer simuliert, die jeweils, sofort nach einer geladenen Seite, die nächste Anfrage ausführen. Zum anderen wurde der Test noch mit 25 parallelen Nutzern durchgeführt, wobei die Anzahl der Anfragen je Nutzer zusätzlich auf 4 pro Minute begrenzt wurde. Was ein realistisches Nutzerverhalten nachbilden soll. Die Ergebnisse der Studie kennzeichnen sich wie folgt.

Abbildung 23: Anfrageverhalten durch mehrere Nutzer



Quelle: [Baten2010]

Auch in diesen Test wird deutlich, dass die virtuellen Server den physischen klar unterlegen sind. Die Anfrage an eine Produktdetailseite benötigte sogar 20 Sekunden. Dieser Wert ist im Onlinehandel unwirtschaftlich und unakzeptabel.

Mit diesen Tests wurde eindeutig bewiesen, dass eine AWS-Lösung dem Performance-Vergleich gegenüber physischen Servern aus einem Rechenzentrum nicht standhält.⁹³ Die Entwickler der Magento Plattform sind sich diesen Gesichtspunkten durchaus bewusst, wie ein Artikel auf der Webseite von Magento beweist.⁹⁴ Darin wird beschrieben, dass nach ausgiebigen Performance Tests eine ungenügende Leistung von Magento erreicht wurde, was auch die Tests von Holger

⁹³ [Baten2010]

⁹⁴ [Baten2010]

Baten prognostizierten. Die Entwickler reagierten auf die Ergebnisse ihrer Tests und veröffentlichten im März dieses Jahres eine Prozessliste zur Performance Optimierung von Magento in Amazon AWS.⁹⁵ Ob diese Prozesse zur Performance Optimierung von Herrn Baten umgesetzt wurden, konnte allerdings an dieser Stelle nicht recherchiert werden. Um sicherzustellen wie genau Magento sich nach den Performance-Optimierung verhält, müssten unter Berücksichtigung der Prozesse erneute Tests durchgeführt werden.

5.2 Finanzielle Abwägungen

Nutzungsabhängige Abrechnungsmodelle basieren auf der zeitverteilten, tatsächlichen Nutzung von Ressourcen. Auf der gegenüberliegenden Seite steht das Anschaffungs- bzw. Mietmodell. Beim Anschaffungs- bzw. Mietmodell werden Ressourcen auf Dauer gekauft oder über einen fixen Zeitraum in einem Rechenzentrum angemietet und abgerechnet. Die Abrechnung erfolgt unabhängig von der tatsächlichen Nutzung.

Die laufenden Kosten des Analogiemodells stellen sich wie folgt zusammen.

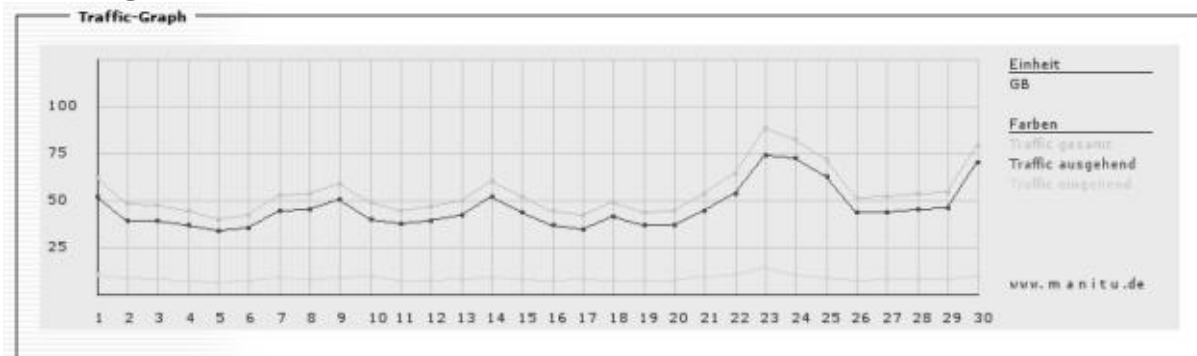
Tabelle 10: Fixkosten des Analogiemodells

Hardware	Anzahl	Kosten pro Monat	Summe
Applikationsserver	10	Pro App-Server 114,59 €	1.145,90 €
Datenbankserver	2	Pro DB-Server 119,88 €	239,76 €
Loadbalancer	2	Pro Loadbalancer 119,88 €	239,76 €
NAS Server	1	60,00 €	60,00 €
Backup Server	1	119,88 €	119,88 €
Reservierte Server	2	119,88 €	239,76 €
		Summe	1.805,30 €
Jahressumme			21.663,60 €

⁹⁵ [MAG2010]

Die Angaben basieren auf den aktuell geltenden Serverkosten von Manitu dem Serverhoster. Der anstehende durchschnittliche Netzwerkverkehr tangiert um die 50 GB pro Tag und beinhaltet eingehende und ausgehende Daten siehe Abbildung 24: Netzwerkverkehr Preisbock.de

Abbildung 24: Netzwerkverkehr Preisbock.de



Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Preisbock Daten

Daraus resultiert das gesamte Datenvolumen von ca. 1,5 TB im Monat. Durch das Freikontingent von 9 TB pro Monat, fallen keine weiteren Kosten für den Netzwerkverkehr an. Um spezielle Aufgaben zu erfüllen, unter anderem die Administration und Wartung der Server, Backup Strategien und das Verwalten von Updates muss ein System- und Netzwerkadministrator eingesetzt werden. Dessen monatliches Gehalt muss für die Kostenanalyse natürlich mit einberechnet werden. Das durchschnittliche Jahresgehalt eines System- und Netzwerkadministrators liegt nach Angaben der StepStone Deutschland AG⁹⁶ bei 41.253 €. Resultierend aus den Ergebnissen der Fixkosten des Analogiemodells und den durchschnittlichen Jahresgehalt eines Administrators ergibt sich eine Gesamtsumme von **62.916,60 €** pro Geschäftsjahr. Da es sich hierbei um Server eines Hostinganbieters handelt, sind Energiekosten im Mietpreis inbegriffen. Anhand der Daten lässt sich gut erkennen, dass eine Kostenanalyse für ein statisches Mietmodell berechenbar und transparent ist. Schwieriger gestaltet sich die Betrachtung der Kosten für ein Nutzungsabhängiges Abrechnungsmodell bei Cloud Computing. Um einen Vergleich zu gestalten wurde bei der Berechnung der Kosten für die Amazon AWS

⁹⁶ [ITTel2010]

Cloud zunächst mit einer Nutzungsdauer von 100 Prozent pro Instanz gerechnet. Für die Erstellung eines Cluster in der Cloud werden aber noch weitere Kostenfaktoren mit einberechnet. Hinzu kommen u.a. Kosten für Blockspeicher, Netzwerktraffic, Elastische IPs sowie die Amazon RDS Instanz. Die Summe aller Kostenfaktoren sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 11: Amazon AWS Kostenkalkulation

Service	Benutzung	Anzahl	Kosten Service	pro	Summe
EC2 On-Demand Instanz Extra Large	100 % / Monat	10	567,30 \$		5673,00 \$
EBS Volume 10GB	100 % / Monat	10	1,10 \$		11,00 \$
	IOPS	100	28,60 \$		286,00 \$
	Sicherheitsabbild	10 % täglichen Nutzung	3,86 \$		38,63 \$
Elastic IP		5			0,00 \$ (1)
AWS Daten Transfer	Transfer IN	300 GB / Monat	Frei bis November 2010		0,00 \$
	Transfer OUT	2 TB / Monat			307,05 \$
Elastic Load balancing	100 % / Monat	1	20,50 \$		20,50 \$
	2 TB Datentransfer		16,38 \$		16,38 \$
Amazon S3 Speicher		10 GB Monat	1,50 \$		1,50 \$
AWS RDS Instanz	100 % / Monat	1	710 ,04 \$		710,04 \$
	Speicher	20 GB	2,20 \$		2,20 \$
	Traffic IN	600 GB			3,30 \$
	Traffic OUT	600 GB			
			Summe		7.069,6 \$
					5.648,61 € (2)
Jahressumme					67.783,32 €

(1) Elastische IP Adressen werden nur berechnet wenn diese im Monat nicht genutzt werden. Damit will Amazon den verschwenderischen Umgang unterbinden.⁹⁷

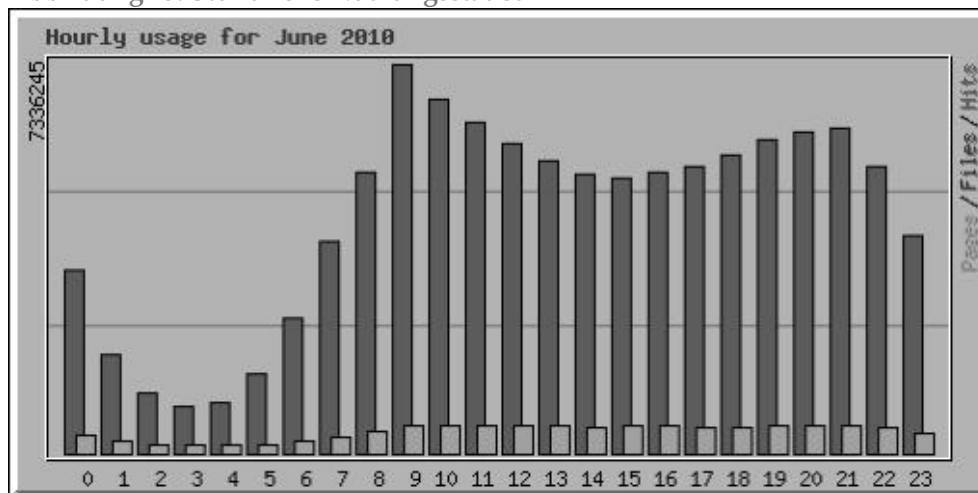
(2) Währungsrechner⁹⁸ Stand 02.07.2010

⁹⁷ [AWS_FAQ2010]

⁹⁸ [Euro2010]

Durch die 100 prozentige Nutzung der Instanzen ergibt sich ein erheblicher Nachteil für das nutzungsabhängige Abrechnungsmodell. Normalerweise liegt der Vorteil bei diesem Modell in der damit verbundenen Elastizität und der Reduzierung des Risikos, zu viele Ressourcen zur Verfügung zu haben und nicht die volle Leistung zu nutzen oder zu wenige Ressourcen zu besitzen und hohe Lastspitzen nicht abfangen zu können. Elastizität und Flexibilität erreicht man damit, wenn das von Amazon zur Verfügung gestellte *Auto Scaling* eingesetzt wird. So können in kurzen Zeitspannen Ressourcen hinzugefügt oder entfernt werden. Die Instanzen müssen also nicht stetig vorgehalten werden, wie es im normalen Clusterbetrieb üblich ist. Dadurch kann man den Anforderungen anhand der Anwendung gerecht werden. Die finanziellen Folgen sind dadurch nicht unerheblich. Das folgende Diagramm charakterisiert eine stündliche Nutzung (grünen Balken) bei der E-Commerce Anwendung Preisbock pro Tag.

Abbildung 25: Stündliche Nutzungsstatistik

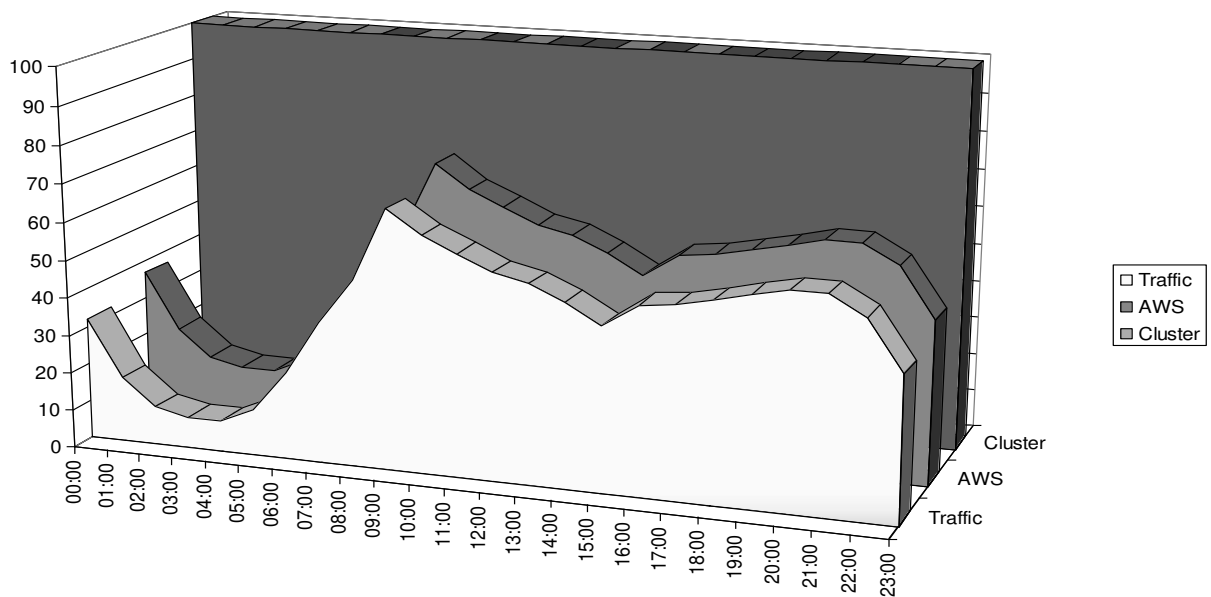


Quelle: Eigene Abbildung auf Basis der Preisbock Daten Stand Juni 2010

Durch das zugrunde liegende Geschäftsmodell der Preisbock GmbH resultiert, dass um 9 Uhr die meisten Rechen-Ressourcen benötigt werden. Gegensätzlich wird um 2 Uhr Nachts nur sehr wenige Rechenleistung benötigt.

In dem folgenden Diagramm sind die vorhandenen Clusterressourcen (blau) den benötigten Ressourcen (gelb) gegenübergestellt. Die Y-Achse beschreibt die maximale Verfügbarkeit der Ressourcen. Die benötigten Ressourcen richten sich anhand der Zugriffsstatistik vgl. Abbildung 25: Stündliche Nutzungsstatistik.

Abbildung 26: Vergleich physisches Cluster, AWS und Nutzeraufkommen



Quelle: Eigene Abbildung

Dieses Diagramm wurde auf die durchschnittliche Zugriffstatistik pro Stunde im Monat Juni zurückgeführt. In anderen Monaten können, bedingt durch den saisonalen Trend oder besondere Verkaufsangebote, unterschiedliche Anfrageaufkommen auftreten, deshalb muss das Cluster ausreichend Performance darbieten um unvorhergesehene Performancewandlungen abzufangen. Die durchgängige blaue Fläche der Cluster-Performance ergibt sich aus der stetigen Verfügbarkeit und der gleich bleibenden Leistung des Mietmodells. Ausfälle von physischen Servern wurden an dieser Stelle nicht mit berücksichtigt. Daraus ergibt sich bei normalen Nutzeraufkommen eine klare Überversorgung von Rechenleistung die nicht genutzt wird. Ein zusätzliches Problem bei physischen Clustersystemen besteht an der strikten Ressourcen-Grenze. Erhöht sich beispielsweise die Popularität eines Online-Shops, muss der Administrator sich rechtzeitig über eine Erweiterung des Clusters Gedanken machen. Dadurch entstehen zusätzliche Administratorkosten und Mietkosten. Eine wesentlich effizientere Variante bieten die Amazon Webservices (siehe rote Kennlinie im Diagramm). Wurden die virtuellen Server mittels Auto-Skalierung konfiguriert, resultiert daraus ein effizienteres Kosten- und Ressourcen Sparenderes-Modell, weil die Skalierung der Server anhand spezieller Überwachungsalgorithmen stattfindet. Dies kann beispielsweise zur Folge haben,

dass in frühen Morgenstunden nur eine geringe Anzahl an Server-Instanzen arbeitet und die Anzahl sich automatisch im weiteren Verlauf an den Anforderungen skaliert. Vergleicht man direkt das Clustersystem mit dem AWS-System anhand des zugrundeliegenden Netzwerkverkehrs, so ergibt sich eine Ersparnis von ca. 54 Prozent. Rechnet man diese Ersparnis von den 67.783,32 € was der 100 prozentigen Nutzung der AWS-Cloud Services entsprach, zurück, ergibt sich eine Jahresgesamtsumme von 31.180,32 €. Dazu muss ein gewisser Anteil an Administrationskosten hinzugerechnet werden. Aufgrund der Neuheit dieses Thema konnten die Administratorkosten noch nicht eingeschätzt werden und wurden zunächst ebenfalls mit 100 Prozent beziffert. In mehreren Foren ist zu lesen, dass der Administrationsaufwand nicht zu unterschätzen sei. Es kann sogar vorkommen, dass der Aufwand am Anfang den des physischen Clusters übersteigt, aber zum Ende abfällt. Rechnet man nun zu den 31.180,32 € die Administratorkosten von 41.253 € hinzu, belaufen sich die Kosten für den Betrieb eines Clusters in der Amazon Cloud auf **72.433,32 €**. Unter der Annahme, dass man den Ressourcenpool mit Reserved-Instanzen vorhält siehe 4.2 Virtuelle Server-Instanz, könnte man aus finanzieller Sicht eventuell weitere Kosten sparen, wurde aber nicht in Betracht gezogen. Generell ist es durch die Flexibilität auch möglich, Anwendungen auf mehrere kleine Instanzen zu verteilen. Wie man aus den Daten des CPU Benchmarks entnehmen konnte, ist der Unterschied zwischen Rechenleistung einer Large Instanz und Extra Large Instanz nicht wesentlich verschieden. Schaut man sich aber das Abrechnungsmodell zwischen Instanz-Typen an, erkennt man einen großen Unterschied. Somit könnte sich durch die Verwendung von Small bzw. Large Instanzen wiederum ein ganz neues Kostenmodell entwickeln. Bei dem dargestellten Kostenmodell ist die Cloud unter Berücksichtigung der Administrationskosten noch leicht teurer als das eingesetzte physische Clustersystem. Schlussfolgernd ist es zu dem jetzigen Stand noch nicht profitabel für größere Unternehmen.

6 Fazit

Im Rahmen dieser wirtschaftlichen Arbeit, wurde das Thema Cloud Computing genauer analysiert, um festzustellen ob sich der Einsatz gegenüber physischen Clustersystemen als rentabel erweist. Wann und für wen sich Cloud Computing lohnt ist pauschal nicht zu beantworten. Das Modell bringt viele Vorteile und auch nicht zu vernachlässigende Nachteile, wie in der Arbeit aufgeführt, mit sich.

Grundsätzlich lässt sich feststellen, das Cloud Infrastruktur eine gut Ergänzung zur eigenen Informationstechnologie darstellt. Besonders wirtschaftlich ist das Abrechnungsmodell, wobei für die IT-Ressourcen nur dann bezahlt wird, wenn sie im Betrieb sind. Somit entfallen teure Anschaffungskosten, was das Konzept für junge Unternehmen praktikabel macht. Aber nicht nur junge Unternehmen können diese Technologie verwenden, meist müssen in Software-Unternehmen Entwicklungen getestet werden. Für die Testumgebungen müssen wiederrum eigene Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. Da es in der Testphase nicht unbedingt auf schnelle Antwortzeiten ankommt sondern meist nur auf entwickelte Funktionen, können für die Testzwecke virtuelle Instanzen eingesetzt werden. Dadurch entfällt die Anschaffung privater Server für die Qualitätskontrolle. Zudem können die virtuellen Instanzen nur dann hochgefahren werden, wenn das Qualitätsmanagement aktiv ist, was eine erhebliche Kosteneinsparung gegenüber physischen Testsystemen bewirkt.

Im produktiven Betrieb, wo es auf schnelle Antwortzeiten und zuverlässige Rechenleistungsangaben ankommt, so sollten besser noch eigene Ressourcen bzw. die von Hosting-Anbietern genutzt werden. Die physischen Server sind beständiger und in Punkto Anfrageverhalten wesentlich effizienter. Die verschiedenen Tests haben gezeigt, dass die Rechenleistungsangaben eines virtuellen Servers noch deutlich von denen eines physischen Servers abweichen. Auch das Anfrageverhalten war nicht zufrieden stellend.

Für den produktiven Betrieb wäre eventuell auch denkbar, eine Hybrid-Lösung einzusetzen. Das bedeutet, dass der normale Geschäftsbetrieb über die eigenen Ressourcen abgewickelt wird und für eventuell auftretende Lastspitzen oder zusätzlich benötigte Leistung, Dienste aus der Cloud hinzugezogen werden. Wenn man sich für Amazon Webservices entscheidet, ist die Software *Eucalyptus*, die bereits unter Cloud Anbietern vorgestellt wurde, geeignet. An dieser Stelle müsste der Anwender nochmals genauer überprüfen, wie sich das Antwortverhalten über eine VPN-Verbindung verhält.

Alles in Allem sind insbesondere die bessere Skalierbarkeit und die höhere Flexibilität, die Senkung der Betriebs- und Investitionskosten sowie die Konzentration aufs Kerngeschäft die wesentlichen Vorteile, welche für den Einsatz von Cloud Computing sprechen.

Bei SaaS-Angeboten stellt sich dies etwas anders dar. Hier bietet es sich für viele Unternehmen an, fertige Software-Lösungen aus der Cloud zu nutzen. Dadurch kann man von den Kostenvorteilen und der Flexibilität profitieren. Abrechnungsmodelle können Unternehmen dadurch besser planen und flexibel dem tatsächlichen Bedarf anpassen.

Die meisten Anbieter von Cloud Computing bieten einen ausgereiften Service, dennoch durch den Erfolgsdrang geprägt entstehen viele neue unerfahrene Anbieter am Markt. Daher sollte der Anwender vor der Nutzung von Cloud Computing genau zwischen den unterschiedlichen Anbietern entscheiden.

Ebenso müssen sich Unternehmen über ihre zukünftigen Geschäftsmodelle Gedanken machen. Entwickler sollten bereits heutzutage so arbeiten, dass sie ihre Software als Service vermarkten können. Ein Vorreiter ist das Magento Enterprise SaaS-Angebot. Insgesamt betrachtet steht die Entwicklung noch ganz am Anfang. Vor allem bei den Ausprägungen und den Standards herrscht noch Uneinigkeit. Dominierende Anbieter versuchen eigene Standards durchzusetzen. Dabei würden herstellerübergreifende Standards, den Unternehmen helfen. Dennoch hat Cloud Computing ein sehr großes Potenzial, welches die IT nachhaltig verändern wird.

7 Literaturverzeichnis

Literatur

- [iX2010] (02 2010). *iX Special "Cloud, Grid, Virtualisierung"* .
- [Bookman2010] Bookman, C. (2003). *Linux clustering: building and maintaining Linux clusters*. Sams Publishing.
- [Baun2010] Christian Baun, M. K. (2009). *Cloud Computing: Web-basierte dynamische It-services*. Springer.
- [SaaS2009] Ivanka Menken, G. B. (2009). *SaaS and Web Applications Specialist Level Complete Certification Kit - Software as a Service Study Guide Book and Online Course*. Emereo Pty Limited.
- [Ritting2009] John Rittinghouse, J. F. (2009). *Cloud Computing: Implementation, Management, and Security*. CRC Press.
- [Green2009] Lampe, F. (2009). *Green-it, Virtualisierung und Thin Clients: Mit neuen IT-technologien Energieeffizienz erreichen, die Umwelt schonen und Kosten sparen*. Vieweg+Teubner Verlag.
- [SUED2010] Martin-Jung, H. Cloud Computing Schreibmaschinen mit Datenleitung. *sueddeutsche* .
- [Red2009] Redkar, T. (2009). *Pro Azure Services Platform*. Apress.
- [Stru2010] Strube, P. (12/2009 - 02/2010). Das Cloud-Computing-Universum. *t3n* Nr. 18: *Cloud Computing & SaaS* .
- [BDSG2010] Peter Gola, R. S. (2010). *BDSG- Bundesdatenschutzgesetz: Rechtsstand: November 2009*. Beck C. H.
- [Vel2009] Toby Velte, A. V. (2009). *Cloud Computing: A Practical Approach*. McGraw Hill Professional.
- [NIST2010] Grance, P. M. (10. 07 2009). *National Institute of Standards and Technology*. Abgerufen am 2. 06 2010 von <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-def-v15.doc>

- [IanF2010] Ian Foster, C. K. (10. 05 2001). The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. Von <http://www.globus.org/alliance/publications/papers/anatomy.pdf> abgerufen
- [Bitkom2010] Cloud Computing - Evolution in der Technik, Revolution im Business Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. Abgerufen am Juni 2010 von http://www.bitkom.org/de/themen/36129_61111.aspx

Online-Quellen

- [Teia2010] AG, T. *Teia Lehrbuch*. Abgerufen am 10. 05 2010 von <http://www.teialehrbuch.de/Kostenlose-Kurse/eCommerce/5927-Die-Situation-des-Lock-In.html>
- [Baten2010] Baten, H. (02. 06 2010). *baten.de*. Abgerufen am 12. 07 2010 von <http://www.baten.de/index.php/blog-reader/items/lasttest-von-magento-auf-aws-ec2.html>
- [NetworkWorld2010] Brodtkin, J. *Network World*. Abgerufen am 29. 5 2010 von <http://www.networkworld.com/supp/2009/ndc3/051809-cloud-companies-to-watch.html?page=3>
- [ComW2010A] *Computerwoche*. Abgerufen am 17. 05 2010 von <http://www.computerwoche.de/management/cloud-computing/1881604/>
- [Experton2010] Dr. Carlo Velten, S. J. *Experton Group*. Abgerufen am 27. 05 2010 von [download-telekom.de: http://www.download-telekom.de/dt/StaticPage/86/14/20/Experton_Cloud_Vendor_Benchmark_2010_Ergebnisse.pdf](http://www.download-telekom.de/dt/StaticPage/86/14/20/Experton_Cloud_Vendor_Benchmark_2010_Ergebnisse.pdf)
- [IDC2010] Europe, I. C. *IDC*. Abgerufen am 4. 07 2010 von http://www.idc.de/downloads/pdf/pm2010/09_ITSM_final.pdf
- [Euro2010] *Finanz & Währungsrechner*. (kein Datum). Abgerufen am 13. 07 2010 von Yahoo Deutschland Finanzen:

<http://de.finance.yahoo.com/waehrungen/waehrungsrechner/#from=EUR;to=USD;amt=5648.6104>

- [ComW2010B] Frank Niemann, A. B. *Computerwoche*. Abgerufen am 1. 06 2010 von <http://www.computerwoche.de/mittelstand/1887441/index3.html>
- [CloudGrid2009] Freisleben, P. D. (10. 08 2009). Cloud and Grid Computing.
- [ITTel2010] GmbH, P. P. (2009). *IT & Telekommunikation*. Abgerufen am 13. 07 2010 von Der Channel für erfolgreiche Karriere: http://www.it-jobs.stepstone.de/content/de/de/b2c_gehaltsstruktur.cfm
- [Sec2010] Jerry Archer, D. C. (12 2009). *CloudSecurity Alliance*. Abgerufen am 07 2010 von <http://www.cloudsecurityalliance.org/guidance/csaguide.pdf>
- [NetP2010] Karadeniz, B. *Netplanet*. Abgerufen am 3. 07 2010 von IP-Subnetting: <http://www.netplanet.org/adressierung/subnetting.shtml>
- [MAG2010] *magentocommerce*. (kein Datum). Abgerufen am 5. 07 2010 von Magento Installation Guide: <http://www.magentocommerce.com/knowledge-base/entry/magento-installation-guide>
- [Qui2010] Quillo, R. (14. 06 2010). capsunlock - Create EBS Boot AMI.
- [Buyya2008] Rajkumar Buyya, C. S. (23. 07 2008). Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities. Abgerufen am 18. 5 2010 von http://www.buyya.com/papers/hpcc2008_keynote_cloudcomputing.pdf
- [Ubu2010] *Ubuntu*. (2010). Von <http://www.ubuntu.com/server/features/cloud> abgerufen
- [Heise2010] Verlag, H. Z. Heise Abgerufen am 07 2010 von VMware-Lücke ermöglicht Ausbruch aus dem Gastsystem: <http://www.heise.de/security/meldung/VMware-Luecke-ermoeglicht-Ausbruch-aus-dem-Gastsystem-183323.html>
- [DAT2010] Weichert, T. *Datenschutzzentrum*. Abgerufen am 07 2010 von <https://www.datenschutzzentrum.de/cloud-computing/>

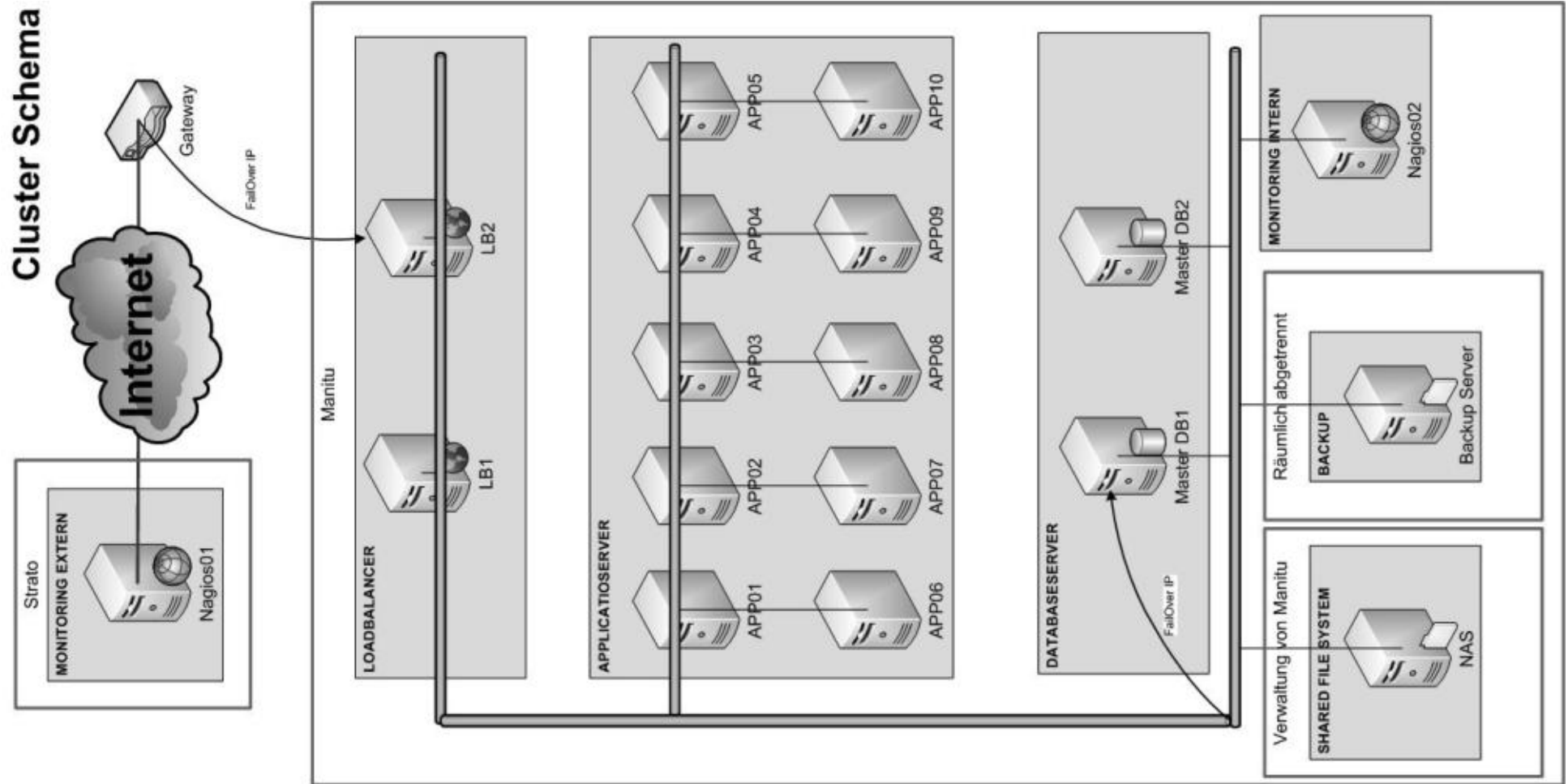
- [XEN 2010] Xen Hypervisor Abgerufen am 2.06.2010 von
<http://www.xen.org/products/xenhyp.html>
- [AWS_Dev2010] *Amazon Webservices*. Von Developer Community:
<http://developer.amazonwebservices.com/connect/entry.jspa?externalID=609&>
abgerufen
- [AWS_Calc2010] *Amazon Webservices SIMPLE MONTHLY CALCULATOR*.
(2010). Abgerufen am 4. 06 2010 von
<http://calculator.s3.amazonaws.com/calc5.html>
- [AWS_AS2010] LLC, A. W. *Amazon Auto Scaling*. Abgerufen am 4. 07 2010 von
Developer Guide (API Version 2009-05-15):
<http://docs.amazonwebservices.com/AutoScaling/latest/DeveloperGuide/>
- [AWS_RDS2010] LLC, A. W. *Amazon Relational Database Service*. Abgerufen am
2. 07 2010 von Getting Started Guide (API Version 2010-01-01):
<http://docs.amazonwebservices.com/AmazonRDS/latest/GettingStartedGuide/>
- [AWS_Sec2010] Processes, A. A.-O. (09 2008). *Amazon AWS*. Abgerufen am 28.
06 2010 von
http://s3.amazonaws.com/aws_blog/AWS_Security_Whitepaper_2008_09.pdf
- [AWS_EC22010] LLC, A. W. *Amazon Elastic Compute Cloud*. Abgerufen am 2.
07 2010 von Getting Started Guide (API Version 2010-06-15):
<http://docs.amazonwebservices.com/AWSEC2/latest/DeveloperGuide/>
- [AWS_VPC2010] LLC, A. W. *Amazon Virtual Private Cloud*. Abgerufen am 2. 07
2010 von Developer Guide (API Version 2010-06-15)
<http://docs.amazonwebservices.com/AmazonVPC/2010-06-15/DeveloperGuide/>
- [AWS_FAQ2010] LLC, A. W. *Amazon Häufig gestellte Fragen* Abgerufen am
5.07.2010 von <http://aws.amazon.com/de/vpc/faqs/>
- [AWS_EC22010B] LLC, A. W. *Amazon AWS Instanztypen* Abgerufen 10.06.2010
von <http://aws.amazon.com/de/ec2/>

- [AWS_RDS2010B] LLC, A. W. *Amazon AWS RDS Instanztypen* Abgerufen 18.06.2010 von <http://aws.amazon.com/de/rds/>
- [AWS_ELB2010] LLC, A. W. *Amazon Elastic Load Balancing* Abgerufen am 22.06.2010 von <http://aws.amazon.com/de/elasticloadbalancing/>
- [AWS_SLA2010] LLC, A. W. *Amazon Service Level Agreement* Abgerufen am 30.06.2010 von <http://aws.amazon.com/de/ec2-sla/>

Referenzen

- [REF1] <http://www.salesforce.com/de/>
- [REF2] <http://www.officelive.com/de-DE/>
- [REF3] <http://docs.google.com/>
- [REF4] <http://code.google.com/intl/de/apis/maps/>
- [REF5] <http://openid.net/>
- [REF6] <http://de-de.facebook.com/>
- [REF7] <http://code.google.com/intl/de-DE/appengine/>
- [REF8] <http://www.microsoft.com/windowsazure/>
- [REF9] <http://www.salesforce.com/platform/>
- [REF10] <https://www.projectcaroline.net/>
- [REF11] <http://aws.amazon.com/de/>
- [REF12] <http://www.flexiant.com/products/flexiscale/>
- [REF13] <http://www.gogrid.com/>
- [REF14] <http://www.bluelock.com/>
- [REF15] <http://www.rackspace.com/index.php>
- [REF16] <http://www.nionex.de/>
- [REF17] <http://www.eucalyptus.com/>
- [REF18] <http://www.eurocloud.org/>

Anhang A



Quelle: dotSource GmbH