

INSTITUT FÜR INFORMATIK  
DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN



Diplomarbeit

# Anforderungsanalyse und Bewertung von Cloud Computing-Lösungen

Marcel Michelmann





Diplomarbeit

# Anforderungsanalyse und Bewertung von Cloud Computing-Lösungen

Marcel Michelmann

Aufgabensteller: Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller

Betreuer: Dr. Nils gentschen Felde  
Johannes Watzl

Abgabetermin: 6. Mai 2010



Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

München, den 6. Mai 2010

.....  
*(Unterschrift des Kandidaten)*



## Abstract

Cloud Computing, ein Paradigma, bei dem IT-Dienste nicht mehr über das eigene Rechenzentrum bereitgestellt werden, sondern von einem Dritten über das Internet bezogen werden, ist zur Zeit einer der wichtigsten IT-Trends. Neben der Bereitstellung der Ressourcen über das Internet ist für Cloud-Dienste charakteristisch, dass sie skalierbar sind und abhängig von ihrer Nutzung abgerechnet werden. Gegenstand dieser Arbeit ist „Infrastructure as a Service“, eine der drei Unterarten von Cloud Computing. Dabei werden Rechenkapazitäten (in Form von virtuellen Maschinen) und Speicherkapazitäten als Dienst über das Internet bereitgestellt. Der Nutzer kann diese Dienste zumeist über Web-Portale und Programmierschnittstellen steuern. Die Funktionalitäten, die dort angeboten werden, unterscheiden sich jedoch bei jeder Cloud Computing-Lösung.

In dieser Arbeit wird ein Anforderungskatalog erstellt, anhand dessen Cloud Computing-Lösungen bewertet und ausgewählt werden können. Der Katalog entsteht dabei aus zwei Verfahren. Zum einen wird eine Bestandsaufnahme durchgeführt, wobei zur Zeit verfügbare Lösungen auf die von ihnen angebotenen (Management-)Funktionalitäten hin untersucht werden. Die Bestandsaufnahme wird mit einem Walkthrough durchgeführt. Die Ergebnisse werden in erweiterten Sitemaps festgehalten. In einem zweiten Schritt werden die Bedürfnisse und Wünsche von Nutzern von Cloud Computing-Angeboten, d.h. Endanwendern, Administratoren und Anbietern, erfasst. Um diese zu ermitteln, wird eine Umfrage durchgeführt. Die aus der Bestandsaufnahme und der Umfrage gewonnenen Daten werden zusammengeführt, sortiert und kategorisiert. Ferner werden die Faktoren gemäß ihrer Bedeutung gewichtet. Anhand des entwickelten Anforderungskataloges mit Bewertungsmetrik wird exemplarisch eine Cloud Computing-Lösung bewertet.





# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Einleitung</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. Grundlagen</b>   | <b>3</b>  |
| 2.1. Einführung in Cloud Computing . . . . .                                   | 3         |
| 2.2. Vorteile und Bedenken beim Einsatz einer Cloud Computing-Lösung . . . . . | 6         |
| 2.2.1. Veränderungen in der IT . . . . .                                       | 6         |
| 2.2.2. Vorteile durch den Einsatz von Cloud Computing . . . . .                | 6         |
| 2.2.3. Bedenken beim Einsatz von Cloud Computing . . . . .                     | 8         |
| <b>3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen</b>                          | <b>11</b> |
| 3.1. Vorgehen bei der Bestandsaufnahme . . . . .                               | 11        |
| 3.2. Rackspace Cloud . . . . .   | 14        |
| 3.2.1. Erläuterung . . . . .   | 14        |
| 3.2.2. Bestandsaufnahme . . . . .  | 14        |
| 3.3. GoGrid . . . . .  | 20        |
| 3.3.1. Erläuterung . . . . .   | 20        |
| 3.3.2. Bestandsaufnahme . . . . .  | 20        |
| 3.4. FlexiScale . . . . .  | 26        |
| 3.4.1. Erläuterung . . . . .   | 26        |
| 3.4.2. Bestandsaufnahme . . . . .  | 26        |
| 3.5. Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) . . . . .                              | 33        |
| 3.5.1. Erläuterung . . . . .   | 33        |
| 3.5.2. Bestandsaufnahme . . . . .  | 33        |
| 3.6. Zimory Enterprise Cloud . . . . .   | 44        |
| 3.6.1. Erläuterung . . . . .   | 44        |
| 3.6.2. Bestandsaufnahme . . . . .  | 44        |
| 3.7. Zusammenfassung der Bestandsaufnahmen . . . . .                           | 49        |
| <b>4. Umfrage</b>  | <b>63</b> |
| 4.1. Entwicklung des Fragebogens . . . . .                                     | 63        |
| 4.2. Durchführung der Umfrage . . . . .  | 67        |
| 4.3. Auswertung der Umfrageergebnisse . . . . .                                | 68        |
| 4.3.1. Allgemeine Fragen . . . . .   | 68        |
| 4.3.2. Einsatzszenarien . . . . .  | 69        |
| 4.3.3. Virtuelle Maschinen . . . . .   | 71        |
| 4.3.4. Managementoberfläche . . . . .  | 72        |
| 4.3.5. Abrechnung . . . . .  | 77        |
| 4.3.6. Sicherheit . . . . .  | 79        |
| 4.3.7. Servicequalität . . . . .   | 80        |
| 4.3.8. Support . . . . .   | 81        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>5. Ausarbeitung des kategorisierten Anforderungskataloges</b>             | <b>83</b>  |
| 5.1. Themenverwandte Arbeiten . . . . .                                      | 83         |
| 5.2. Zusammenführung und Kategorisierung des Anforderungskataloges . . . . . | 87         |
| <b>6. Bewertung von Cloud Computing-Lösungen</b>                             | <b>89</b>  |
| 6.1. Anleitung zur Bewertung von Cloud Computing-Lösungen . . . . .          | 89         |
| 6.2. Exemplarische Durchführung der Bewertung für FlexiScale . . . . .       | 90         |
| <b>7. Fazit</b>  | <b>99</b>  |
| <b>A. Anhang</b>   | <b>101</b> |
| A.1. Trouble Ticket-System von FlexiScale . . . . .                          | 101        |
| A.2. Fragebogen in deutscher Sprache . . . . .                               | 102        |
| A.3. Gesamter Anforderungskatalog mit Bewertungsmetrik . . . . .             | 108        |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>   | <b>115</b> |
| <b>Literaturverzeichnis</b>  | <b>117</b> |

# 1. Einleitung

Einer der IT-Trends des vergangenen und des laufenden Jahres ist Cloud Computing. Mehr und mehr Firmen verlagern ihre IT „in die Cloud“. Der Markt für Cloud Computing ist riesig und wächst weiter. 2009, so haben die Analysten bei Gartner Research ermittelt (vgl. [PBF<sup>+</sup>09]), hatte der Markt für Cloud-Dienste schon ein Volumen von 46,4 Milliarden US-Dollar und wird 2013 sogar ein Volumen von 150,1 Milliarden US-Dollar haben. Dennoch ist oftmals nicht klar, was Cloud Computing eigentlich ist. Das liegt daran, dass Cloud Computing verschiedene Facetten hat und in unterschiedlichen Ausprägungen auftreten kann.

Die Idee des Cloud Computings ist, IT-Dienste nicht mehr über eigene Rechenzentren bereitzustellen, sondern sie bei einem Dritten über das Internet zu beziehen. Ein Teilbereich von Cloud Computing nennt sich *Infrastructure as a Service*. Dabei werden dem Kunden über das Internet Rechenleistung, z.B. in Form von virtuellen Maschinen, oder Speicherkapazitäten bereitgestellt.

Das Angebot an solchen Cloud Computing-Lösungen wird, angetrieben von der stetig wachsenden Nachfrage, immer größer und vielfältiger, und es fällt schwer zu ermitteln, welche von diesen Lösungen die Richtige für einen ist. Betrachtet man heutzutage verfügbare Cloud Computing-Lösungen, stellt man fest, dass sie sich in ihrem Funktionsumfang und ihrer Bedienbarkeit stark voneinander unterscheiden. Welche Kriterien gelten für die Auswahl einer Cloud Computing-Lösung? Welche Anforderungen werden an solch eine Lösung gestellt? Bisher gibt es noch keinen Kriterienkatalog, der eine Entscheidungshilfe darstellen könnte. Mit dieser Problematik beschäftigt sich diese Arbeit.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen Anforderungskatalog mit Bewertungsmetrik für Cloud Computing-Lösungen zu erstellen.

Dieser baut auf einer Analyse bestehender Lösungen und einer Umfrage unter Nutzern von Cloud Computing-Lösungen auf. Für die Analyse wird eine Bestandsaufnahme durchgeführt, bei der untersucht wird, was zur Zeit verfügbare Cloud Computing-Produkte bereits an (Management-)Funktionalitäten bieten. Bei der Umfrage wird untersucht, welche Bedürfnisse und Wünsche die Nutzer, also Endanwender, Administratoren und Anbieter u.a., im Kontext von Cloud Computing-Angeboten haben. Anhand des entstandenen kategorisierten Anforderungskataloges mit Bewertungsmetrik können dann Cloud Computing-Lösungen beurteilt werden.

Den Aufbau der Arbeit veranschaulicht Abb. 1.1.

Zunächst werden in Kapitel 2 die Grundlagen erläutert. Es wird erklärt, was Cloud Computing ist, und welchen Einfluss es auf die IT-Infrastruktur eines Unternehmens haben kann. Auch auf die erzielbaren Vorteile und Bedenken bei der Einführung von Cloud Computing wird eingegangen.

Kapitel 3 widmet sich dann der Bestandsaufnahme bei existierenden Systemen. Dazu werden fünf Produkte ausgewählt, die analysiert werden.

Kapitel 4 beschreibt die Umfrage. Dabei wird zuerst erläutert, wie der Fragebogen entstanden ist. Anschließend wird aufgezeigt, wie die Umfrage durchgeführt wurde, und zuletzt werden die Umfrageergebnisse ausgewertet.

## 1. Einleitung

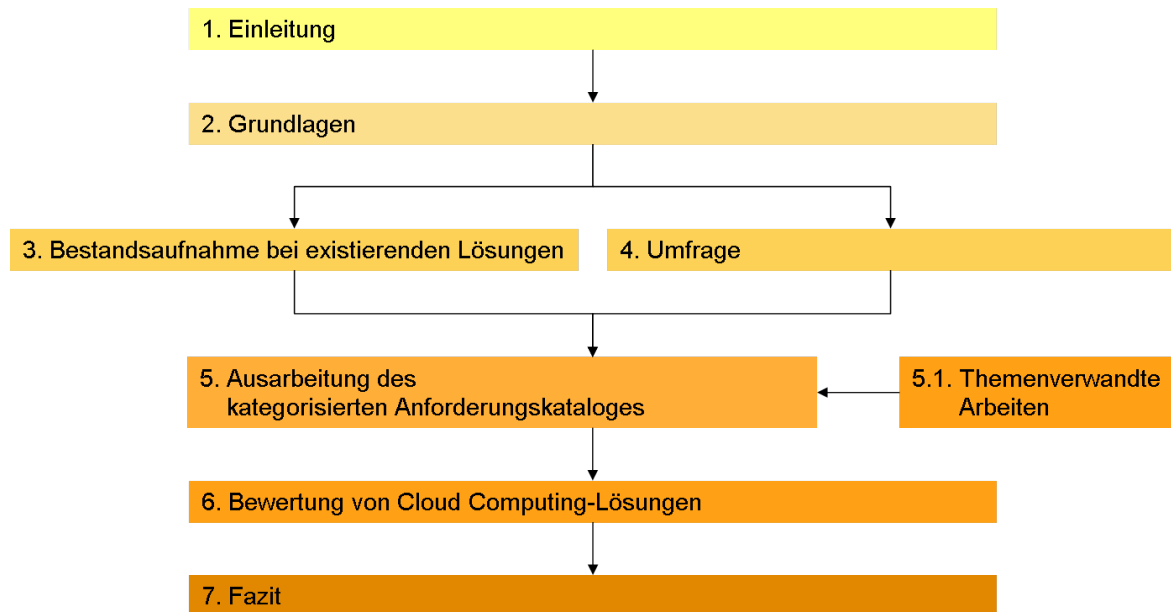


Abbildung 1.1.: Aufbau der Arbeit mit Kapitelnummern

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme und der Umfrage werden in Kapitel 5 unter Einbeziehung weiterer wichtiger Faktoren aus themenverwandten Arbeiten in einem Anforderungskatalog zusammengeführt, sortiert, kategorisiert und gewichtet.

Als *Proof of Concept* wird in Kapitel 6 eine Cloud Computing-Lösung exemplarisch anhand des erstellten Anforderungskataloges bewertet.

Zum Schluss wird in Kapitel 7 ein Fazit gezogen.

## 2. Grundlagen

In diesem Kapitel soll nun eine Einführung in das Gebiet Cloud Computing gegeben werden. Zunächst wird erläutert, was Cloud Computing ist, um darauf aufbauend Vorteile und Bedenken, die durch den Einsatz von Cloud Computing in einem Unternehmen auftreten können, zu beschreiben.

### 2.1. Einführung in Cloud Computing

Cloud Computing ist trotz seiner Popularität ein nebulöser Begriff, denn es gibt eine Vielzahl von Definitionen. Obwohl sich die Definitionen im Detail voneinander unterscheiden, haben sie einen gemeinsamen Kern.

Der *Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien* (BIT-KOM) definiert Cloud Computing wie folgt:

„Cloud Computing ist eine Form der bedarfsgerechten und flexiblen Nutzung von IT-Leistungen. Diese werden in Echtzeit als Service über das Internet bereitgestellt und nach Nutzung abgerechnet.“ ([BIT09, S. 9])

Bedarfsgerechtigkeit und Flexibilität bedeuten in diesem Fall, dass die bezogenen Dienstleistungen skalierbar sind. Werden sie benötigt, können sie - je nach Bedarf - in unterschiedlichem, veränderbarem Umfang bezogen werden.

Das US-amerikanische *National Institute of Standards and Technology* (NIST) hat auch eine Definition von Cloud Computing formuliert, die die wesentlichen Aspekte zusammenfasst:

„Cloud computing is a model for enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction.“ ([MG09b])

Ein weiterer Faktor ist die *Black Box*-Sicht, die die Anwender bei der Verwendung von Cloud Computing haben. Die Nutzung von Cloud Computing verläuft transparent und die Anwender haben kein Wissen und keine Kontrolle über die Technologien, die sich hinter der Cloud verbergen (vgl. [LDTY09, S. 157]).

Eine Arbeit, die sich ausschließlich mit der Findung einer Definition von Cloud Computing befasst hat, ist nach einer Analyse aller bekannten Definitionen zum Schluss gekommen, dass folgende Charakteristika Cloud Computing ausmachen (vgl. [VRMCL08, S. 51]):

- Skalierbarkeit
- ein *Pay per use*-Abrechnungsmodell, d.h. eine Abrechnung je nach genutzter Leistung
- Virtualisierung als die zugrundeliegende Technologie

## 2. Grundlagen

Virtualisierung macht Cloud Computing erst möglich, da dadurch Dienste unabhängig von der physischen Infrastruktur angeboten werden können. Die Anbieter von Cloud Computing stellen über ihre Rechenzentren Dienste bereit; es gibt aber keine 1:1-Zuordnung zwischen Servern und Nutzern, sondern mehrere Anwender greifen gemeinsam auf dieselben physischen Ressourcen zu (die sog. Mandantenfähigkeit oder *Multitenancy*) (vgl. [PSB<sup>+</sup>09, S. 3]). Aber nicht nur Virtualisierungstechnologien begünstigten die Entstehung von Cloud Computing. Auch die stetig wachsende Rechenleistung von Computern und eine hohe Verfügbarkeit hoher Bandbreiten leisteten ihren Beitrag dazu (vgl. [BIT09, S. 22]).

Die Einsatzzwecke für Cloud Computing sind vielfältig. Sie reichen „von einmaligen, temporären Bedürfnissen über die (auch regelmäßige) Abwicklung von schwer vorhersagbaren (u.U. extremen) Lastspitzen bis hin zum Management saisonaler Nachfrage-Effekte oder auch das Outsourcing von Funktionalitäten und Diensten an Dritte allgemein. Cloud-Dienste können dabei sowohl für Testzwecke als auch für Produktionsumgebungen sinnvoll sein“ ([BKNT10, S. 89]).

Cloud Computing hat nach der heutzutage gängigen Klassifikation drei verschiedene Ausprägungen, die in Abb. 2.1 dargestellt sind. *Infrastructure as a Service* (IaaS) bietet dem Kunden Infrastrukturdienste an, die über das Internet bezogen werden können. Dies sind typischerweise Rechenkapazitäten, z.B. in Form von virtuellen Maschinen, und Speicherkapazitäten. Bei *Plattform as a Service*-Angeboten (PaaS) kann der Kunde seine Web-Anwendungen auf einem entfernten Server ausführen lassen, ohne sich darum kümmern zu müssen, wie diese genau ausgeführt werden. Diese Dienste bieten also die Möglichkeit, online Software zu entwickeln und sie bei dem Anbieter ausführen zu lassen. Die dritte Art des Cloud Computing ist *Software as a Service* (SaaS). Hierbei werden Programme (z.B. Textverarbeitung, Tabellenkalkulation o.ä.) nicht mehr lokal auf dem eigenen Rechner ausgeführt, sondern auf einem Server im Rechenzentrum. Der Nutzer greift dann z.B. über einen Web-Browser auf die Anwendung zu. Neben diesen drei Hauptausprägungen gibt es nach [AFG<sup>+</sup>09, S. 4] noch weitere - weniger bedeutende - Ausprägungen, die im Sinne des *Everything as a Service* (XaaS) entstanden sind, wie z.B. *Human as a Service*, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werden soll.

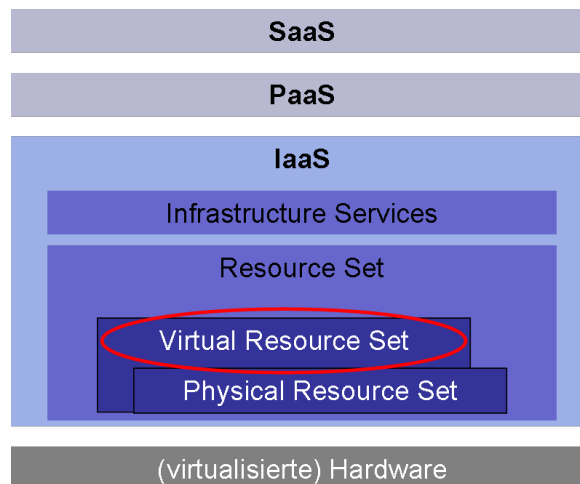
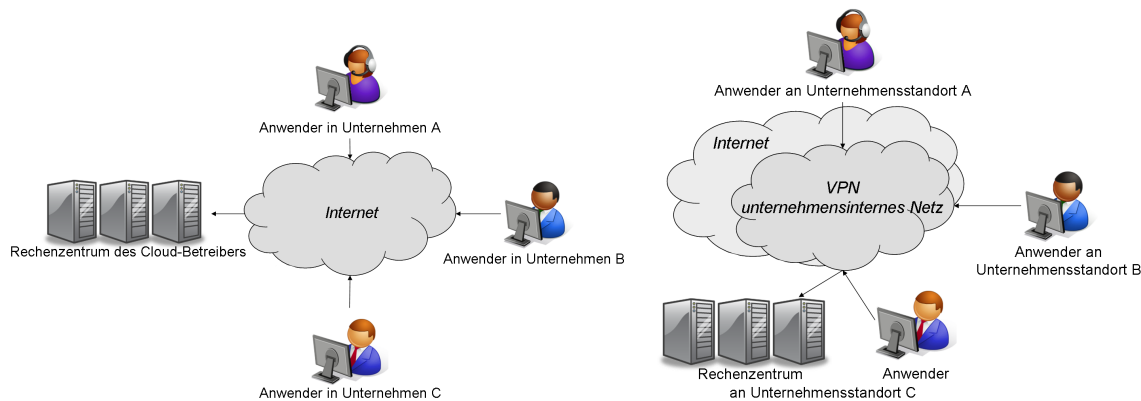


Abbildung 2.1.: Übersicht über Cloud-Dienste mit Fokus auf Infrastructure as a Service

Diese Arbeit betrachtet die Cloud Computing-Klasse Infrastructure as a Service. Die hier untersuchten Lösungen gehören nach [LKN<sup>+</sup>09, S. 24–25] genauer gesagt zur Klasse der *Virtual Resource Sets* (in Abb. 2.1 rot markiert). Bei IaaS unterscheidet [LKN<sup>+</sup>09] zwischen *Basic Infrastructure Services* und *Resource Set*. Basic Infrastructure Services sind spezielle Rechen-, Speicher- oder Netzdienste. Resource Set wiederum gliedert sich in *Physical* und *Virtual Resource Set*. Beide haben eine Management-API für eine Menge von Ressourcen, um bestimmte Dienste zu realisieren. Hauptfunktionalitäten sind das Starten und Stoppen von Ressourcen, das Anwenden von Betriebssystem-Templates, Netztopologiemangement und Kapazitätskonfigurationen. Während das Physical Resource Set hardwareabhängig und hardwareanbieterspezifisch ist, baut Virtual Resource Set auf Virtualisierungstechniken auf.

Neben der Gliederung in IaaS, PaaS und SaaS ist auch die Unterscheidung zwischen Public Clouds und Private Clouds wichtig.



(a) Prinzip der Public Cloud.  
Die Nutzer kommen aus verschiedenen Unternehmen.

(b) Prinzip der Private Cloud.  
Alle Nutzer gehören zum selben Unternehmen.

Abbildung 2.2.: Zwei Varianten von Clouds

Bei Public Clouds werden Ressourcen über einen Dritten, einen unabhängigen Dienstleister, bezogen (siehe Abb. 2.2(a)). Bei Private Clouds hingegen werden Ressourcen über ein unternehmenseigenes Rechenzentrum bereitgestellt.<sup>1</sup> Zugriff darauf haben alle (eventuell auch weltweit verteilten) Unternehmensstandorte (siehe Abb. 2.2(b)). Laut [PSB<sup>+</sup>09, S. 3–4] zeichnet sich eine Private Cloud insbesondere dadurch aus, dass es eine exklusive Mitgliedschaft ermöglicht, diese Private Cloud zu nutzen. Z.B. könnte ein Kriterium für die Mitgliedschaft die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Unternehmen oder einer Abteilung sein. Allein die Verpflichtung, sich für einen Cloud-Dienst anmelden zu müssen, gilt hierbei aber noch nicht als Kriterium für eine Mitgliedschaft.

Die grundsätzliche Unterscheidung zwischen einer Public Cloud und einer Private Cloud wird durch ein drittes Prinzip vervollständigt. Wenn sich Geschäftspartner Ressourcen teilen oder eine Private Cloud durch Ressourcen aus der Public Cloud ergänzt werden, spricht man von einer sog. *Hybrid Cloud* (vgl. [PSB<sup>+</sup>09, S. 3–4]).

<sup>1</sup>Private Clouds konnten auch bereits vor dem Boom von Cloud Computing gebaut werden. Funktionen wie das Management von virtuellen Maschinen auf einem Pool von physischen Ressourcen, automatische Lastverteilung und dynamische Infrastrukturanpassungen waren bereits vorher möglich. Der Unterschied ist, dass die Managementoberflächen wie bei Public Clouds und die einfache Bedienbarkeit noch nicht gegeben waren (vgl. [SMLF09, S. 15–16]).

Vor allem für Unternehmen, die von den Vorteilen des Cloud Computing profitieren wollen, ohne große Risiken fürchten zu müssen, ist der Aufbau einer Private Cloud eine Alternative zur herkömmlichen Nutzung des Rechenzentrums. Dazu ist aber - neben den bereits existierenden Systemen - eine Einführung von neuen Technologien (z.B. Virtualisierungsmanagement, Cloud-APIs, Selbstbedienungsportal, Abrechnungssysteme) nötig (vgl. [Bab09]).

### 2.2. Vorteile und Bedenken beim Einsatz einer Cloud Computing-Lösung

Durch den Einsatz von Cloud Computing in großem Umfang kommt es zu Veränderungen in der IT eines Unternehmens. Auf diese Veränderungen soll im Folgenden kurz eingegangen werden, ehe die Vorteile, die durch den Einsatz von Cloud Computing auftreten können und die Bedenken, die gegen einen Einsatz sprechen können, erläutert werden.

#### 2.2.1. Veränderungen in der IT

Die IT-Abteilung eines Unternehmens kann sich durch die Einführung von Cloud Computing stark ändern. Da - insbesondere bei Public Clouds - Teile der Infrastruktur und Kompetenzen ausgelagert werden, werden Personal- und Ressourcenkapazitäten nicht mehr in der gewohnten Menge benötigt. Außerdem wird die IT-Abteilung „bei der Implementierung von Cloud Computing ihre traditionelle Rolle als vertikal integrierter IT-Service-Anbieter aufgeben und zukünftig als Service-Broker und Integrator bzw. Vermittler von IT-Leistungen aus unterschiedlichsten Clouds fungieren“ ([Man09a]). Auch im laufenden Betrieb liegt dann der Fokus der Mitarbeiter aus der IT eher auf der Steuerung und Kombination der Dienste aus der Cloud als auf der Verwaltung des IT-Betriebs (vgl. [Her09]). Es muss jedoch eine gewisse Zusammenarbeit zwischen der eigenen IT-Abteilung und den Experten beim Anbieter der Cloud Computing-Lösung herrschen, um den Nutzern einen möglichst reibungslosen Betrieb zu ermöglichen (vgl. [LC09, S. 3]).

Auch finanziell gibt es Veränderungen durch die Einführung von Cloud Computing. Kosten werden nicht mehr auf einzelne physische Server umgelegt, sondern es muss neue Preisschemata und Abrechnungsmethoden geben (vgl. [DRMD08, S. 2]).

#### 2.2.2. Vorteile durch den Einsatz von Cloud Computing

Durch den Einsatz einer Cloud Computing-Lösung kann man eine Reihe von Vorteilen erfahren, die im Folgenden näher beleuchtet werden sollen. Einige dieser Vorteile werden im nächsten Abschnitt wieder relativiert, dennoch werden sie hier zunächst ohne eine Gegenüberstellung genannt.

Zum einen sinken durch den Einsatz einer Cloud Computing-Lösung die *Total Cost of Ownership*, also die Kosten für Investitionen in Hard- und Software. Viele Infrastrukturkostenfaktoren, wie Hardware (z.B. leistungsstarke Server und Router), Hardwaremanagement (z.B. Kühlung und Stromversorgung) und Immobilien (Platz für ein Rechenzentrum) entfallen oder fallen deutlich geringer aus (vgl. [Her09], [McL08]). Da Start- und Fixkosten fast komplett entfallen, ist Cloud Computing besonders für Start Up-Unternehmen interessant.

Auch laufende Kosten wie Stromkosten sinken bei der Verwendung von Cloud-Diensten (vgl. [Smi09, S. 67]). Gerne werden in diesem Zusammenhang auch ökologische Gründe angeführt, die mit dem sinkenden Energie- und Kühlbedarf einhergehen.



Da die Kosten für die aus der Cloud bezogene Rechenleistung deutlich geringer sind als der Kauf und der Betrieb von neuer Hardware, können in Unternehmen oft langwierige Genehmigungsverfahren umgangen werden. So können benötigte Ressourcen innerhalb kürzester Zeit bereitgestellt werden (vgl. [Var08, S. 2], [Smi09, S. 67]).

Kosten für Cloud-Dienste sind oft niedriger, als die, die die eigene IT-Abteilung berechnen müsste. Das liegt daran, dass Betreiber von Cloud Computing-Lösungen große Rechenzentren betreiben und somit das Gesetz der Massendegression gilt<sup>2</sup> (vgl. [Her09]).

Oft ist es nicht möglich, Kosten, die durch die eigene IT-Abteilung anfallen, zuverlässig vorherzusagen. Bei der Verwendung von Cloud Computing-Lösungen kann man zumindest eine Obergrenze für die Kosten ermitteln (vgl. [Her09]).

Des Weiteren werden Kosten gegenüber dem regulären Betrieb eines Rechenzentrums dadurch eingespart, dass man nichts mehr für brachliegende Ressourcen zahlen muss. Im normalen Rechenzentrumsbetrieb (beispielsweise mit einer Applikation pro Server) sind über die Zeit gesehen bis zu ca. 80% der Kapazitäten ungenutzt. Dennoch verbrauchen sie Platz im Rechenzentrum und Strom, auch weil sie gekühlt werden müssen. Manche Studien sprechen davon, dass 2010 Serverkapazitäten im Wert von 140 Milliarden US-Dollar ungenutzt sein werden (vgl. [Man09b]). Denn egal wie intensiv ein Rechenzentrum genutzt wird, bleiben die Kosten für Stellfläche, Strom und Verwaltung (Administration, Installationen, Integration) ungefähr gleich hoch (vgl. [DB08, S. 4]). Die Verwendung von Cloud-Technologien kann diese unnötigen Kosten verringern. Durch ein nutzungsabhängiges Abrechnungsmodell (*Pay per use*) muss nur etwas gezahlt werden, wenn auch etwas verwendet wird. Man hat also, wenn man die Ressourcen nicht nutzt, keine automatisch auftretenden Gebühren zu bezahlen. Bei Cloud Computing nutzt man die Infrastruktur eines Dritten und bezahlt nur deren Nutzung (wenn sie denn stattfindet) (vgl. [Var08, S. 2], [Gen08a]).

Mit einem Vergleich der Kosten zwischen dem Betrieb eines Rechenzentrums und der Verwendung von Cloud Computing in Abhängigkeit der Auslastung befasst sich [AFG<sup>+</sup>09, S. 2].

Durch den Einsatz von Cloud Computing und der gleichzeitigen Verkleinerung oder gar Schließung des eigenen Rechenzentrums senkt man die Kosten für die IT-Abteilung, hat aber dennoch Zugang zu Techniken, die man nicht selber im Unternehmen ausbilden will (vgl. [McL08], [Gen08a], [Smi09, S. 67]). Unternehmen, bei denen die IT keine Kernkompetenz darstellt, brauchen sich dank auch von Laien verwendbaren Selbstbedienungsportalen nicht mehr ausführlich mit der IT befassen (vgl. [Gil09]). Die Bereitstellung von Ressourcen ist für den Endanwender nicht mehr mit Hardwarefragen verknüpft, sondern beschränkt sich auf wenige Mausklicks; sie ist also sehr einfach und schnell möglich (vgl. [Gen08a]).

Ein weiterer wichtiger Vorteil von Cloud Computing ist neben möglichen Kostenersparnissen die Skalierbarkeit (vgl. [McL08]). Um eventuell auftretende große Nachfragen bewältigen zu können, müssen Ressourcen im normalen Rechenzentrumsbetrieb in ausreichend großer Menge vorhanden sein. Durch die Verwendung von Cloud Computing reduziert man das Risiko des *Overprovisioning* (d.h. die Gefahr zu viele Ressourcen zur Verfügung zu haben) und der dabei auftretenden *Underutilization* (d.h. vorhandene Ressourcen nicht ausreichend zu nutzen) und verringert auch das Risiko des *Underprovisioning* (d.h. zu wenige Ressourcen zur Verfügung zu haben) und erhöhte Lasten dann nicht bedienen zu können (vgl. [BKNT10, S. 90]). Durch das dynamische Kapazitätsmanagement muss man also keine großen Kapa-

---

<sup>2</sup>Dieser Fall gilt beispielsweise bei Speicherkapazitäten. Je größer der gekaufte Speicher ist, desto günstiger wird er pro Einheit.

## 2. Grundlagen

zitäten mehr vorhalten, nur um eventuell auftretende große Nachfragen bedienen zu können; somit verringert man das Risiko, Investitionen zu tätigen, die gar nicht nötig sind (vgl. [Var08, S. 2]).

Durch den für den Endanwender unbegrenzt wirkenden Ressourcenpool können Jobs - falls sie parallelisierbar sind - schneller abgearbeitet werden. Ist diese Parallelisierbarkeit gegeben, kann man beispielsweise einen rechenintensiven Job, der auf einem leistungsfähigen Rechner (oder auf einer leistungsfähigen virtuellen Maschine) 500 Stunden benötigt, so aufteilen, dass er auf 500 gleichzeitig daran arbeitenden Instanzen insgesamt nur eine Stunde benötigt (vgl. [Var08, S. 2]).

Durch den Einsatz von Cloud-Technologien ist der Endanwender nicht mehr auf leistungsstarke Rechner angewiesen. Auf Daten und Anwendungen können von jedem internetfähigen Gerät, wie PDAs, Laptops, Netbooks usw., zugegriffen werden (vgl. [Cav08, S. 92–93]).

Weitere Vorteile kann man in der verbesserten Sicherheit und Zuverlässigkeit sehen. Das begründet [Her09] damit, dass die Anbieter von Cloud Computing-Lösungen ihre Dienste (vor allem auch Backup-Dienste) in leistungsstarken und abgesicherten Rechenzentren anbieten. Demnach könne man bei „vergleichbaren Kosten [...]“ höhere Service-Levels erwarten als mit der eigenen IT.“ Betreiber von eigenen kleinen Rechenzentren können, sei es durch fehlendes Wissen oder fehlende Investitionen, auf Sicherheitsthemen oft nicht so effizient und effektiv eingehen.

Außerdem sind in der Cloud abgelegte Daten oftmals sicherer aufbewahrt als auf den Endgeräten der Nutzer. Die Gefahr Daten zu verlieren, in dem man z.B. seinen Laptop verliert oder die Festplatte kaputt geht, ist nur noch nebensächlich (vgl. [Cav08, S. 92–93]).

Ob sich der Einsatz von Cloud Computing im Speziellen für einen selber lohnt, kann mit verschiedenen Modellen betrachtet werden. [KNT08] hat ein Framework entwickelt, das abhängig vom Geschäftsmodell, vom Nachfrageverhalten und von technischen Anforderungen den Mehrwert einer Cloud Computing-Lösung im Vergleich zu einem Referenzmodell ermittelt. Für das Referenzmodell wird dabei angenommen, dass man beispielsweise Hardware erwirbt und betreibt oder Rechenzentrumskapazitäten mietet.

### 2.2.3. Bedenken beim Einsatz von Cloud Computing

Den Vorteilen stehen aber auch diverse Bedenken gegenüber, die nun näher erläutert werden sollen.

Das erste mögliche Problem, das durch den Einsatz von Cloud Computing auftreten kann, lässt sich direkt in der Definition erkennen. Für die Verwendung von Cloud-Diensten ist eine Internetverbindung nötig. Daher ist man vom kompletten Netz, d.h. von seiner eigenen Internet-Infrastruktur, allen Links und seinem Internetprovider abhängig (vgl. [Far09, S. 18]). Dies gilt aber nicht nur in Bezug auf die Verfügbarkeit der Verbindung, sondern auch bezüglich der Verbindungsgeschwindigkeit und Fehlerraten.

Überhaupt spielt die Verfügbarkeit eine große Rolle (vgl. [McL08], [Gen08a], [AFG<sup>+</sup>09, S. 3]). Zwar geben Anbieter von Cloud Computing-Lösungen hohe Verfügbarkeitsquoten an, die sich mit denen eigener Rechenzentren messen lassen können (wobei anzumerken ist, dass eine hohe Verfügbarkeit von 99,99% natürlich seinen Preis hat (vgl. [Wax09, S. 24])); dennoch gibt es eine Vielzahl von Schwachstellen (*points of failure*) auf dem Weg vom Anbieter zum Anwender (vgl. [CGJ<sup>+</sup>09, S. 86]). Es muss auch bedacht werden, was passiert, wenn der Anbieter der Cloud Computing-Lösung seinen Dienst aus wirtschaftlichen Gründen einstellen muss und der Zugriff auf Daten und Dienste nicht mehr möglich ist (vgl. [Her09], [AFG<sup>+</sup>09,

S. 15]).

Neben der Verfügbarkeit, die oft nicht vorhersehbar ist, ist auch die Leistung, die man erhält oft nicht genau abzusehen. Bedenken über erzielte Leistungen werden z.B. in [Gen08a], [McL08] und [AFG<sup>+</sup>09, S. 3] angesprochen.

Ein Nachteil von Cloud Computing im Gegensatz zum gewöhnlichen eigenen Rechenzentrum kann auftreten, wenn man große Datenmengen verarbeiten will. Die begrenzte Bandbreite für das Hochladen von Daten kann erhebliche Zeitaufwendungen zur Folge haben (vgl. [Nao09, S. 59], [AFG<sup>+</sup>09, S. 3]).

Ein weiteres wichtiges Problem können Wechselkosten darstellen. Durch die fehlende Standardisierung von APIs (Programmierschnittstellen) und Datenformaten (z.B. für Datenim- und -exporte und Backups) können Lock-In-Effekte auftreten (vgl. [Lea09, S. 18]). Z.B. müssen Einstellungen, die bei einem Anbieter vorgenommen werden, bei einem Wechsel neu angelegt werden (vgl. [Her09]). Für den Anbieter hingegen ist ein Lock-In-Effekt zum Teil sogar wünschenswert, da seine Kunden nicht einfach zu einem Konkurrenten wechseln können. Die Nutzer dagegen sind durch hohe Wechselkosten z.B. den Preiserhöhungen eines Anbieters ausgeliefert (vgl. [AFG<sup>+</sup>09, S. 15]).

Überhaupt ist man der Politik des Anbieters ausgesetzt, denn Aktionen, die er durchführt, können wenig nachvollziehbar sein (vgl. [Her09]). Er kann die zugrundeliegende Technologie und das Design der Cloud Computing-Lösung ändern, ohne seine Kunden davon in Kenntnis zu setzen und ohne, dass sie etwas davon merken (vgl. [Lea09, S. 18]).

Die Integration mit bereits existierenden Systemen wird auch oft als Hemmschwelle für die Einführung von Cloud Computing angeführt (vgl. [McL08], [Gen08a], [Her09]). Zum einen sind Schnittstellen nur eingeschränkt oder mit großem Aufwand verwendbar oder die Architektur passt nicht mit der bereits vorhandenen zusammen. Ferner könnte durch zusätzliche nötige Managementtools und Verfahren die Komplexität von Anwendungen und Prozessen steigen (vgl. [DRMD08, S. 2]).

Durch das Outsourcing von Diensten verlieren die Anwender die Kontrolle über die eigenen Daten (vgl. [McL08]). Da sie nicht mehr im eigenen Rechenzentrum, sondern bei einem Dritten gehalten werden, kann es zu (datenschutz)rechtlichen Problemen kommen (vgl. [CGJ<sup>+</sup>09, S. 86]).

Besonders in der EU hat auch die Lage des Rechenzentrums des Cloud-Dienste-Anbieters wichtige Konsequenzen. Hält dieser seine Daten z.B. in einem Rechenzentrum in den USA, erlauben es US-amerikanische Gesetze den Behörden, diese Daten einfach einzusehen (vgl. [Smi09, S. 67]). Besonders komplex wird es, wenn die Anbieter die Daten der Nutzer nicht nur in einem Rechenzentrum speichern, sondern über die ganze Welt verteilt spiegeln (vgl. [Way08]).

Nicht nur die physische Lage des Rechenzentrums, sondern auch die Server darin geben Anlass für Bedenken. Man kann sich als Nutzer nie sicher sein, wie „voll“ der Server, auf dem man seine virtuellen Maschinen und Anwendungen laufen lässt, gerade ist. Da die Ressourcen virtualisiert sind, und auf viele Kunden verteilt werden (Mandantenfähigkeit), kann es sein, dass man auf Servern operiert, die sehr ausgelastet sind (vgl. [Smi09, S. 67]).

Eine besonders große Rolle bei den Überlegungen, Cloud Computing einzuführen, spielt die Sicherheit (vgl. [Her09], [McL08], [Gen08a], [AFG<sup>+</sup>09, S. 3], [CGJ<sup>+</sup>09, S. 86]). Es muss gewährleistet werden, dass nur Befugte Zugriff auf die in der Cloud befindlichen Daten und Anwendungen der Nutzer haben. Sicherheitsbedenken umfassen die korrekte und sichere Authentifizierung der Nutzer (z.B. identitätsbasiert, vgl. [LDTY09]) und eine umfangreiche Steuerung der Autorisierung und die Sicherheit der Daten. Außerdem muss das Eindringen

## 2. Grundlagen

von Unbefugten in das Rechenzentrum, in das Netz und auf die Server unterbunden werden. Probleme können vielseitig auftreten, z.B. durch Angriffe auf die virtuellen Maschinen und den Hypervisor, auf die Internetverbindung oder auf den Betreiber der Cloud Computing-Lösung. Um physischen Zugriff zu erhalten, müsste ein Eindringling in das entsprechende Gebäude gelangen, eventuell biometrische Schranken überwinden und dann genau wissen, welches Rack den Server enthält, dem er schaden will. Dagegen benötigt man für die Managementoberfläche der Cloud Computing-Lösung - da die URL, über die das Management betrieben wird, für alle Nutzer dieselbe ist - nur einen Benutzernamen und das Passwort, dass z.B. durch einen Keylogger erspäht werden kann (vgl. [Thu09, S. 31]).

Auch Images (Templates), die auf die in der Cloud erstellten virtuellen Maschinen aufgespielt werden, können eine mögliche Gefahrenquelle darstellen. Zum einen gibt es ein Risiko für denjenigen, der das Image bereitstellt: da Images auch installierte Software enthalten, können aus Versehen sensible Daten darin landen. Zum anderen besteht auch eine Gefahr für den Nutzer von Images durch eine mögliche Verseuchung durch Malware wie Viren und trojanische Pferde (vgl. [WZA<sup>+</sup>09, S. 92]).

Jedoch wird in [BKNT10, S. 68] angemerkt, dass bei Infrastructure as a Service die Flexibilität in Sachen Sicherheit am größten ist und die Verantwortung für die Sicherheit beim Nutzer liegt. Im Gegensatz dazu bietet Software as a Service die geringste Flexibilität und die Verantwortung liegt eher beim Anbieter.

Eine Studie hat ergeben, dass auf Grund von Übereilung oftmals viele Fragestellungen ignoriert und Best Practices nicht angewendet werden, und somit 2009 ca. 60% der virtuellen Maschinen im Produktiveinsatz unsicherer sind als ihre physisch vorhandenen Gegenstücke (vgl. [DB08, S. 7]).

Wenn Sicherheitsbedenken nicht zu Genüge ausgeräumt werden können, kann statt einer Public Cloud-Lösung auch eine Private Cloud in Betracht gezogen werden (vgl. [Ras09]).

## 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

Der erste Teil, der zum Anforderungskatalog führt, ist die Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen. Ziel der Bestandsaufnahme ist, die Frage zu klären, was vorhandene Cloud Computing-Lösungen ihren Anwendern bieten. Im folgendem Abschnitt wird zunächst erläutert, wie dabei vorgegangen wird. Anschließend wird die Bestandsaufnahme für die Rackspace Cloud, GoGrid, FlexiScale, Amazon EC2 und Zimory durchgeführt. In Abschnitt 3.7 werden die Befunde zusammengeführt.

### 3.1. Vorgehen bei der Bestandsaufnahme

Die Bestandsaufnahme einer Cloud Computing-Lösung soll analysieren, welche Funktionen sie dem Nutzer bietet. Wie kann ermittelt werden, welche das sind? Zum einen gewährt natürlich der Internetauftritt des Anbieters erste Erkenntnisse darüber. Dieser bietet aber nur einen eingeschränkten Überblick. Um zu erfahren, was der tatsächliche, gesamte Funktionsumfang ist, muss die Cloud Computing-Lösung eingehend getestet werden. Da ihre Verwendung zumeist über eine Managementoberfläche stattfindet, über die das ganze Spektrum an Funktionalitäten ausführbar ist, kann mit einem Durchgang (engl. *Walkthrough*) auf der Managementoberfläche der gesamte Funktionsumfang untersucht werden. Walkthroughs sind in vielen Bereichen der Informatik ein häufig eingesetztes Werkzeug. In der Softwareentwicklung beispielsweise, wird durch „Walkthroughs [...] die Funktionalität des Prüfgegenstands anhand von Beispielen und Testfällen durchgespielt“ ([Wal01, S. 206]). Ein weiteres Einsatzgebiet von Walkthroughs ist die Mensch-Maschine-Interaktion, genauer gesagt der Bereich der *Usability Tests* von *User Interface Designs*. Ein Beispiel für eine Unterklasse von Walkthroughs sind *Cognitive Walkthroughs*, die bereits 1990 in [LPWR90] eingeführt wurden und bis heute ein wichtiges Verfahren sind, um in einem frühen Entwicklungsstadium Fehler im Interface-Design von Programmen zu finden. Dabei bekommen Versuchspersonen, zumeist *Usability Engineers*, eine bestimmte Aufgabe. Beim Versuch, diese Aufgabe zu lösen, wird protokolliert, welche Interaktionen auf der Benutzeroberfläche ausgeführt werden, und analysiert, wieso so vorgegangen wurde. Letztendlich soll ein Design entwickelt werden, dass mit möglichst wenig kognitiver Leistung, also möglichst intuitiv, bedient werden kann.

Die Walkthroughs, die in dieser Arbeit durchgeführt werden, finden aber nicht mit der Zielsetzung statt, Fehler oder Probleme in den Anwendungen zu finden. Um das gesamte Funktionsspektrum einer Cloud Computing-Lösung zu dokumentieren, ist das Vorgehen jedoch recht ähnlich: es soll das gesamte zu untersuchende Produkt erkundet werden und möglichst alles Verfügbare getestet werden. Da es sich bei den Managementoberflächen der Cloud Computing-Lösungen um Internetseiten im Web-Browser handelt, bedeutet das, alle Funktionalitäten zu testen, indem alle Links verfolgt werden und alle verfügbaren Interaktionen gestartet werden.

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

Wie kann das Ergebnis des Walkthroughs dokumentiert werden? In [EMS94, S. 50] werden zwei Arten von Beziehungen beschrieben, die die Grundlage für die Navigation in grafischen Oberflächen darstellen. Zum einen gibt es Eltern-Kind-Beziehungen. Ein Objekt ist ein Kindobjekt, wenn es Teil eines Elternobjekts ist. Das gilt, auf Internetseiten bezogen, zum Beispiel für Menüeinträge als Kindobjekte einer Seite. Die zweite Art von Beziehungen ist eine Ursache-Wirkung-Beziehung, die den dynamischen Teil einer grafischen Benutzeroberfläche ausmacht, zum Beispiel das Erscheinen einer Dialogbox durch das Betätigen eines Knopfes. Genau mit diesen beiden Arten von Beziehungen von Elementen hat man es bei der Navigation auf Internetseiten, und somit auch bei der Bedienung von Managementoberflächen, zu tun. Für die Darstellung dieser Beziehungen wird in [EMS94, S. 50] eine hierarchische Struktur vorgeschlagen. Durch die „Übersetzung“ der Benutzeroberfläche in einen Baum kann ihr Funktionsumfang ohne Beachtung ihrer grafischen Umsetzung betrachtet werden.

Die Idee der Darstellung der in einem Internetauftritt verfügbaren Elemente ist aber keineswegs neu; häufig werden dazu hierarchische Navigationsmodelle, sog. Sitemaps, eingesetzt. Eine Sitemap ist eine visuelle Repräsentation des gesamten Informationsraumes und soll auf einen Blick eine Übersicht über die vorhandenen Bereiche einer Internetseite verschaffen (vgl. [Nie08]). Zur Darstellung der Ergebnisse jedes Walkthroughs eignen sich baumartig aufgebaute Sitemaps, genauer gesagt zweidimensionale, textbasierte Sitemaps (vgl. [Gag02]).

Während gewöhnliche Sitemaps, die man beim Surfen im Internet antrifft, nur Beziehungen zwischen Seiten und deren Unterseiten beschreiben, soll das Konzept hier erweitert werden. Für jede Seite sollen noch jeweils ihr Inhalt und darauf verfügbare Interaktionen notiert werden. In den folgenden beiden Abbildungen wird das beispielhaft mit einfachen Mumble Screens dargestellt. Mumble Screens werden verwendet, um Layouts beurteilen zu können, ohne dabei Inhalte darzustellen; sie werden durch *M*s und *m*s ersetzt (vgl. [Hen03, S. 539–540]). Ausgegangen wird von einer Startseite mit Inhalt (hier zwei voneinander unabhängige Textbausteine) und zwei Links auf jeweils eine Unterseite. Jede Unterseite hat eine Tabelle, Text und einen Button, über den eine Interaktion ausgelöst wird. In Abb. 3.1 wird daraus eine normale Sitemap, bestehend aus drei miteinander verbundenen Elementen, die nur den Titel der jeweiligen Seite beinhalten.

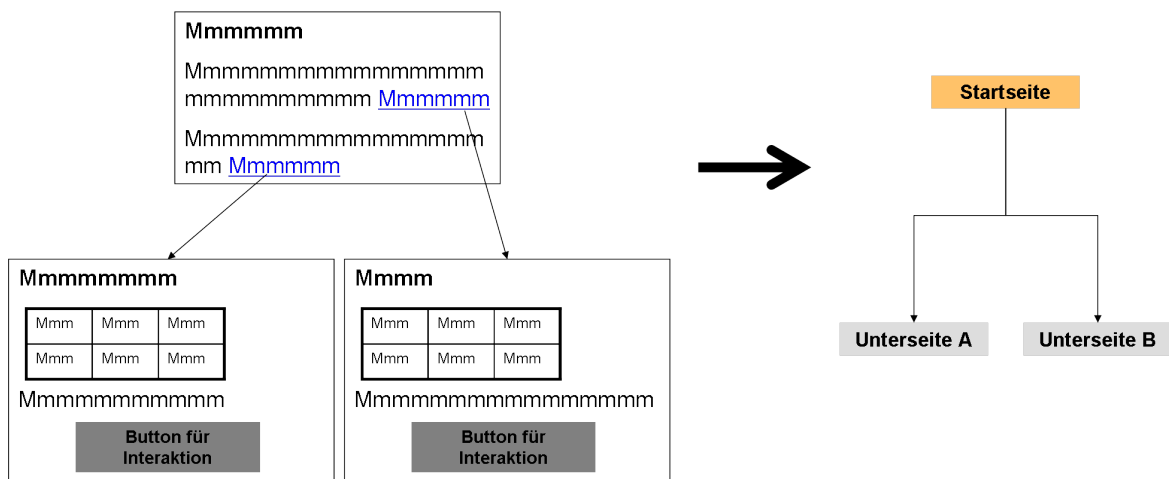


Abbildung 3.1.: Aus einer Webseite wird eine normale Sitemap

In Abb. 3.2 hingegen ist in der Sitemap für jede Seite notiert, was für Inhalte und welche Interaktionsmöglichkeiten darauf zu finden sind.

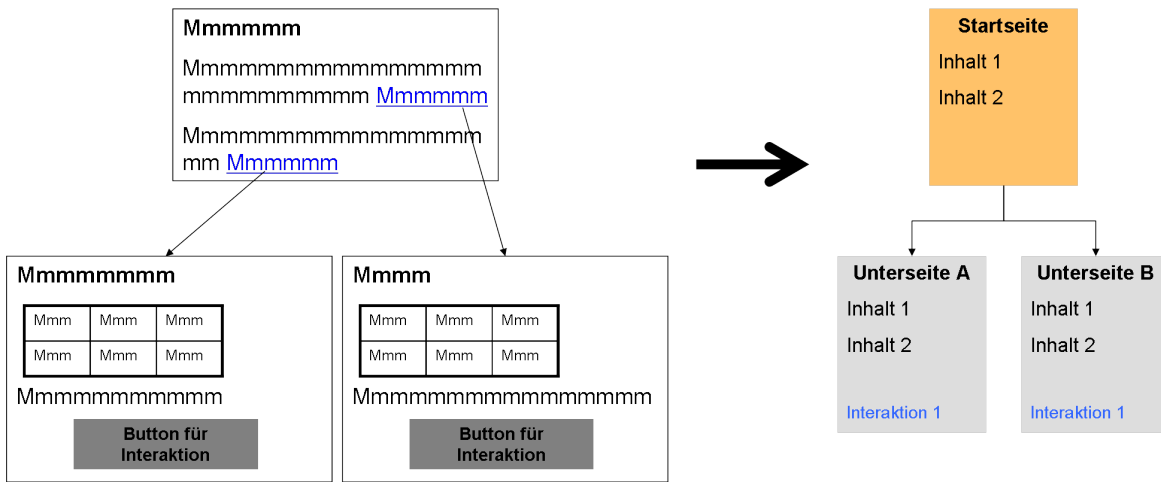


Abbildung 3.2.: Aus einer Webseite wird eine erweiterte Sitemap

In Abb. 3.3 ist eine Legende für die hier erstellten Sitemaps dargestellt. Zu den in den vorherigen Abbildungen verwendeten Symbolen kommt noch ein Element hinzu, das in der Mitte zu sehen ist. Dieses wird für Seiten verwendet, die über einen Link erreicht werden, aber selbst keinen Inhalt haben, sondern nur Tabs oder ähnliche Strukturierungseinheiten für weitere Unterseiten anbieten.

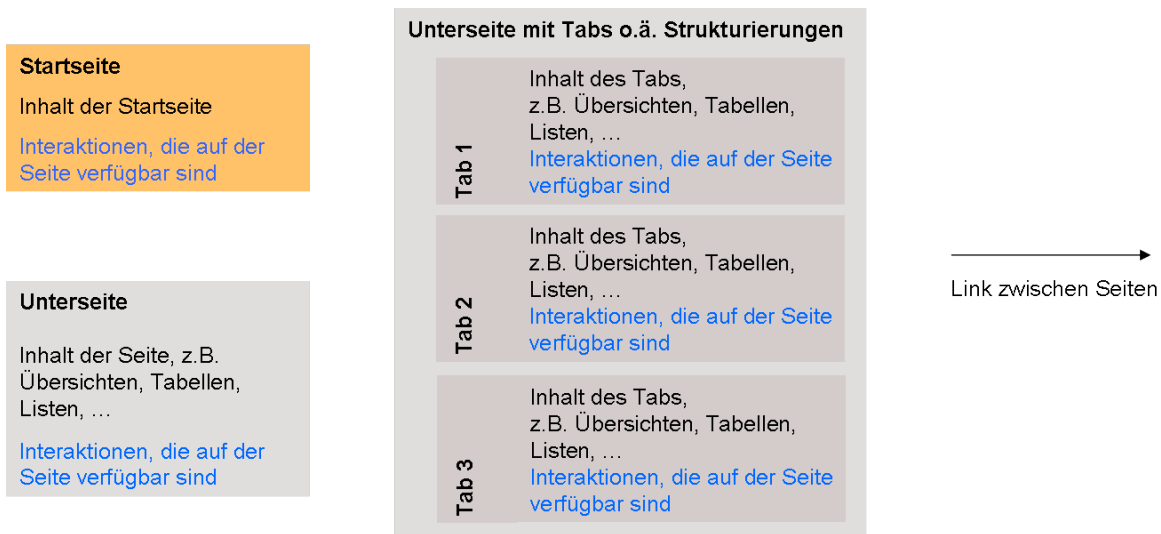


Abbildung 3.3.: Legende für die hier erstellten Sitemaps

Vervollständigt wird die Bestandsaufnahme durch Daten, die die Anbieter der Cloud Computing-Lösungen außerhalb der Managementoberfläche angeben.

Im Folgenden wird die Bestandsaufnahme für fünf Cloud Computing-Lösungen durchgeführt.

## 3.2. Rackspace Cloud

Als erstes wird die Bestandsaufnahme für die Rackspace Cloud durchgeführt. Zunächst folgt eine kurze Erläuterung über das Produkt, anschließend die Bestandsaufnahme selbst.

### 3.2.1. Erläuterung

Rackspace Cloud (ehemals Mosso) ist ein Teilbereich des Hosting-Unternehmens Rackspace und bietet seinen Kunden die Produkte Cloud Servers, Cloud Files und Cloud Sites an. Cloud Servers ist das für die Arbeit relevante Produkt, über das virtuelle Serverkapazitäten in der Cloud bereitgestellt werden. Es handelt sich um eine Public Cloud, die mit Xen als Virtualisierer realisiert wird (vgl. [Rac09a]). Cloud Files ist ein Online Storage. Da es auch benötigt wird, um Server-Backups zu speichern, wird dieses Produkt hier auch einbezogen. Cloud Sites ist ein Web Hosting-Angebot, das damit wirbt, hochgeladene Internetseiten auf einem ganzen Server-Cluster zu betreiben. Für diese Arbeit ist Cloud Sites aber uninteressant und wird daher nicht mituntersucht. Zum Zeitpunkt der Bestandsaufnahme befindet sich die Rackspace Cloud in der Version 2.0.30.

### 3.2.2. Bestandsaufnahme

Auf der Startseite des Control Panels erhält man zunächst eine Übersicht über seine Nutzungsstatistik. Diese ist aufgeteilt in Angaben für Cloud Files und Cloud Servers. Bei Cloud Files wird angegeben, wie viel Netzlast eingehend, ausgehend und innerhalb des Content Delivery Networks erzeugt wurde, wie viel Plattenspeicher verwendet wird, und wie viele Operation berechnet wurden oder kostenfrei getätigt werden konnten. Für Cloud Servers wird ebenfalls die ein- und ausgegangene Netzlast angegeben, sowie der gesamte genutzte Hintergrundspeicher. Des Weiteren gibt es Links für den Cloud-Status und verschiedene Supportmöglichkeiten, wie den Foren, der Knowledge Base, dem Live Chat und Cloud Tools. Diese Punkte werden später noch näher erläutert.

Im Bereich Hosting gibt es, wie vorher kurz erwähnt, die Punkte Cloud Files und Cloud Servers. Bei Cloud Files können Dateien in zuvor erstellte Ordner (sog. Container) hochgeladen und aus selbigen wieder gelöscht werden. Durch Klick auf eine Datei oder einen Container erhält man weitere Informationen, wie den Namen und die Größe. Außerdem hat man die Möglichkeit die Datei öffentlich über das Content Delivery Network zugänglich zu machen. Dabei erhält man dann eine URL, über die auf die Datei über das Internet zugegriffen werden kann. Weitere Optionen sind die Angabe einer TTL (*time to live*) (um beispielsweise URL-Änderungen durchführen zu können) und das Anfordern von Logs über Zugriffe auf die Datei.

### Verwaltung der virtuellen Maschinen

Bei Cloud Servers können neue virtuelle Server erstellt werden. Dazu wählt man die gewünschte Servergröße (Haupt- und Hintergrundspeichergröße sind miteinander gekoppelt, und man erhält zugleich den Preis pro Stunde), den Servernamen und ein Image, aus dem der Server erstellt werden soll. Dabei hat man die Auswahl zwischen verschiedenen Linux-Distributionen. Diese sind Gentoo, Debian, Fedora, CentOS, Ubuntu, Arch und Red Hat Enterprise Linux, wobei letzteres eine Zusatzgebühr von 3 Cent pro Stunde mit sich zieht.



Nach der Erstellung des Servers erhält der Nutzer eine Bestätigung per Email, in der der Benutzername und das Passwort für den Root-Zugang stehen.

In der Serverübersicht sind alle laufenden virtuellen Maschinen mit ihrem Status, Namen und der Größe des Arbeitsspeichers aufgelistet. Über einen Link erhält man Details zum ausgewählten Server. Diese sind

- der Name, den man hier auch ändern kann
- der Status
- die gerade durchgeführte Aktion (wird z.B. während der Server-Erstellung angezeigt)
- das Alter in Tagen
- die Größe des Arbeitsspeichers
- die Größe des Hintergrundspeichers
- die Bandbreite (eingehend)
- die Bandbreite (ausgehend)
- die IP-Adresse des Servers
- der Name des Rechenzentrums, in dem der Server betrieben wird
- ob Backups für diesen Server aktiviert wurden oder nicht

Die RAM- und Plattengröße können über „Resize Server“ verändert werden, wobei auch hier beide Werte wieder miteinander gekoppelt sind. Wenn die Änderung abgeschlossen wurde, kann man diese, nach einem kurzen Funktionstest, bestätigen oder wieder verwerfen, wodurch ein Rollback zum vorherigen Zustand durchgeführt wird. Über diese Seite erhält man ebenfalls Zugriff auf eine Konsole, kann den Server neustarten, in einen Rescue-Modus versetzen (man erhält einen gesonderten Zugang zum Server und kann das Filesystem separat mounten, um Änderungen an Systemdateien durchzuführen), neu aufbauen („Rebuild“ bedeutet, dass man den Server mit dem Image frisch aufsetzt, die alte IP-Adresse jedoch behalten kann), das Passwort zurücksetzen oder den Server löschen.

Im DNS-Bereich erhält man eine Übersicht über die der virtuellen Maschine zugewiesenen Domains. Für jede Domain gibt es DNS-Einträge der Form Name - Inhalt - Domain-Name - TTL - Typ (A, CNAME oder MX). Bei Erstellung eines neuen Eintrages müssen alle diese Felder belegt werden. Im Reverse DNS Management erhält man eine Übersicht über die IP-Adressen des Servers und die Zuweisungen zwischen IP-Adressen und DNS-Einträgen.

Im Unterpunkt „Backups“ werden bis zu drei Backups pro Server verwaltet. In einer Übersicht sind diese jeweils mit einem Namen und dem Zeitpunkt der Backup-Erstellung versehen. Backups können manuell oder automatisch erstellt werden. Man hat die Möglichkeit, tägliche oder wöchentliche Backups einzustellen, wobei man für die Ausführung ein zweistündiges Fenster im Laufe eines Tages bzw. einen Wochentag wählen kann. Diese werden dann im Online-Storage Cloud Files gespeichert, damit sie auch nach einer Löschung der virtuellen Maschine noch verfügbar sind. Gespeicherte Backups können wieder eingespielt werden, um den Server in einen älteren Zustand zurück zu versetzen.

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

Im Bereich „Diagnostics“ werden verschiedene Hilfsmittel angeboten, um den Zustand der virtuellen Maschine zu überprüfen (siehe Abb. 3.4). In einer kurzen Zusammenfassung werden der Betriebszustand (im Idealfall up & running), die Anzahl der Ein- und Ausgabeoperationen pro Sekunde und die momentane Serverlast angezeigt. Man kann bis zu drei Statistik-Snapshots, d.h. Momentaufnahmen über die CPU-Auslastung, die CPU-Zeit, Platten-Ein-/Ausgabeoperationen und ein- und ausgehende Netzlast, versehen mit einem Zeitstempel, anlegen. Außerdem gibt es noch einen Netzwerktest, bei dem entweder der Server oder die eigene lokale IP-Adresse von 20, weltweit verteilten Standorten aus angepingt werden kann. Dieser Dienst wird von just-ping.com angeboten.

The screenshot shows the Rackspace Cloud interface. The top navigation bar includes the Rackspace logo and support links. The left sidebar contains navigation options. The main content area is titled 'Diagnostics' and has tabs for Overview, DNS, Backups, and Diagnostics. The 'Diagnostics' section shows a list of status checks, all of which are green, indicating that the server is running and up. The 'Operational Stats' section includes a table for 'Stats Snapshots' with columns for Time, CPU %, CPU Time, Disk Read / Write, and Network In / Out. Below the table is a button to 'Get New Stats Snapshot'. The 'Network Tests' section includes two buttons: 'Ping Server' and 'Ping Your Local IP', each with a brief description of the test.

Abbildung 3.4.: Diagnose einer virtuellen Maschine bei Rackspace

### Accountverwaltung & Abrechnungsmanagement

Der nächste große Bereich neben Hosting ist „Your Account“. Hier findet man alle abrechnungsrelevanten Daten. Unter Reports findet man neben den bereits auf der Startseite angezeigten Daten zur Cloud Files- und Cloud Servers-Nutzung sog. Usage Summaries. Für Cloud Files wird für jeden Tag, an dem man diesen Dienst genutzt hat, ein Eintrag ange-

legt, in dem die genutzten Ressourcen (d.h. genutzte Speicher- und Netzkapazitäten und die Anzahl der ausgeführten Operationen) aufgeführt werden. Für Cloud Servers wird analog verfahren, wobei hier für jede virtuelle Maschine ein Eintrag erstellt wird. Diese beinhalten dann den Namen, die reservierten Speicherkapazitäten, genutzte Netzkapazitäten, die gesamte Laufzeit und die aus diesen Faktoren resultierenden Kosten.

Unter dem Punkt „Billing“ wird die angegebene Kreditkarte angezeigt. Man kann diese ändern und mit ihr offene Rechnungen bezahlen. Zur korrekten Abrechnung kann noch eine Umsatzsteuer-Identifikationsnummer angegeben werden. Abrechnungsrelevante Tätigkeiten, d.h. Zahlungen oder Abrechnungen von der Kreditkarte können jeweils mit dem Typ der Aktivität, einer Beschreibung, dem Datum, Status und Betrag überprüft und als PDF-Datei heruntergeladen werden. Wenn man seinen Account löschen lassen möchte, kann man dies von hier aus beantragen.

Weitere Einstellungen, wie die Angabe einer Rechnungsadresse, die Aktivierung einer Kreditkarte, oder die Angabe eines US-Bankkontos (nur für Cloud Sites relevant), können unter „Billing Settings“ vorgenommen werden.

Ferner kann man seinen Benutzernamen und sein Passwort einsehen und letzteres auch ändern, sowie seine Kontaktdaten ändern. Zu der Hauptanschrift und der Rechnungsadresse können noch Kontaktdaten für einen technischen Kontakt und einen Administrator hinzugefügt werden.

Den für den Zugriff auf die Ressourcen benötigten API Key kann man ebenfalls hier einsehen und neu generieren lassen.

#### **Support & Service Level Agreements**

Der letzte große Bereich im Rackspace Cloud-Portal bildet der Support. Dieser gliedert sich in „Developer Resources“, Cloud Status, Knowledge Base, Foren, Tickets und den Live Chat.

Bei den Developer Resources ist ebenfalls die Unterteilung in Cloud Files und Cloud Servers vollzogen. Unter Cloud Files findet der Nutzer Sprachanbindungen für die Programmiersprachen Java, PHP, Python, Ruby und .NET. Außerdem kann die REST API verwendet werden, um über selbst entwickelte Programme auf die Cloud-Ressource zuzugreifen. Ferner sind auf dieser Seite PDFs erhältlich, die den Einstieg in die Verwendung von Cloud Files erleichtern sollen. Für Cloud Servers gibt es ebenfalls eine offene API. Diese REST API kann dann über HTTPS verwendet werden; fertige Sprachanbindungen gibt es derzeit noch keine.

Unter Cloud Status werden Meldungen über den Betrieb der Rackspace Cloud veröffentlicht. Dazu zählen z.B. geplante Downtimes o.ä.

Die Knowledge Base enthält in Form von Wiki-Seiten Einträge über alle Rackspace Cloud-Produkte.

In den Foren können sich Nutzer untereinander über Probleme oder Tipps bezüglich der Cloud austauschen.

Der Punkt Tickets bietet die Möglichkeit, Trouble Tickets anzulegen. Dazu gibt man einen Betreff, eine Beschreibung des Problems oder eine Frage, die Kategorie, in die die Anfrage passt, sowie ggf. einen Anhang an. Für offene Tickets, Tickets von Kunden (nur für Cloud Sites relevant), geschlossene Tickets und die Gesamtheit der Tickets gibt es jeweils eine eigene Übersicht, in der der Betreff, der Status, die Ticketnummer, der Ersteller, das Erstellungsdatum und der Zeitpunkt des letzten Updates dargestellt werden.

Eine weitere Möglichkeit, mit Support-Mitarbeitern in Kontakt zu treten, bieten der Telefon-Support und der Live Chat. Da der Support 24 Stunden am Tag, sieben Tage die

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

Woche, besetzt ist, findet man dort (wenn auch eventuell erst nach einer kurzen Wartezeit) immer einen Ansprechpartner.

Rackspace gibt für Cloud Servers unter [Rac09b] Service Level Agreements an. Es wird garantiert, dass das Rechenzentrumsnetz außerhalb von geplanten Wartungsfenstern zu 100% verfügbar ist. Des Weiteren wird ebenfalls ein hundert prozentiges Funktionieren der Belüftung und der Energieversorgung im Rechenzentrum garantiert. Ein ständiges Funktionieren der Cloud Server Hosts wird garantiert; sollten Probleme auftreten, werden diese innerhalb von einer Stunde behoben. Migrationen von virtuellen Servern der Nutzer werden laut den SLAs mindestens 24 Stunden im Voraus angekündigt, es sei denn, es handelt sich um eine dringend nötige Migration, um die Daten der Nutzer zu sichern. Jede Migration ist innerhalb von drei Stunden abgeschlossen.

Die erweiterte Sitemap des Rackspace Cloud-Portals ist in Abb. 3.5 dargestellt.

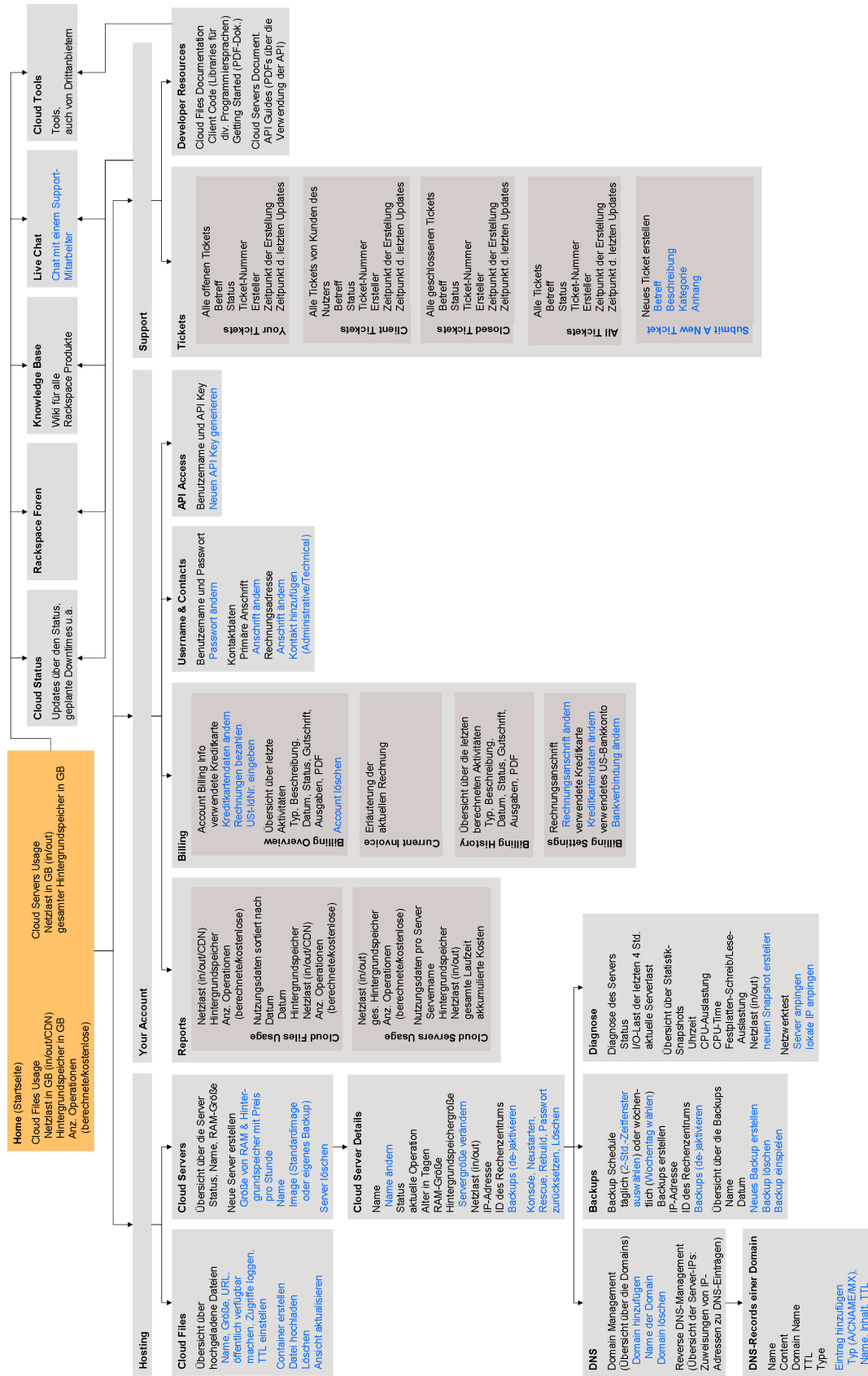


Abbildung 3.5.: Sitemap des Rackspace Cloud-Portals

### 3.3. GoGrid

Hier wird nun eine Analyse für die Cloud Computing-Lösung von GoGrid durchgeführt. Nach einer kurzen Erläuterung über das Produkt folgt die Bestandsaufnahme.

#### 3.3.1. Erläuterung

GoGrid gehört zu ServePath, einem Unternehmen, das sich auf Server Hosting spezialisiert hat. Das Rechenzentrum befindet sich in San Francisco. Bei GoGrid handelt es sich um eine Public Cloud, bei der die Virtualisierung auf Xen beruht (vgl. [GoG09b]). Nach einer kurzen Registrierung, zu der auch eine Kreditkartennummer erforderlich ist, kann man sich bereits mit seinem Benutzernamen und Passwort einloggen. Bei der Durchführung der Bestandsaufnahme war GoGrid in der Version 2.0. Hierbei wird der Stand vom 15.12.2009 herangezogen.

#### 3.3.2. Bestandsaufnahme

Nach dem Einloggen auf der GoGrid-Internetseite gelangt der Nutzer auf die mit „Grid“ betitelte Startseite (vgl. Abb. 3.6). Dort erhält er eine Übersicht über seine aktuell vorhandenen Instanzen. Diese können bei GoGrid Load Balancer, Web- oder Anwendungsserver, Datenbankserver und Storage sein. Zu jedem dieser Elemente gibt es den Namen, eine kurze (selbst erstellte) Beschreibung, (falls es ein Server ist) das dort laufende Betriebssystem, die IP-Adresse und den aktuellen Status in Form eines grünen, gelben oder roten Lämpchens. Verfügbare Interaktionen beschränken sich auf das (Neu-)Starten oder Löschen. Über einen mit „Tools“ beschrifteten Button gelangt man zu einer Seite, auf der Passwörter konfiguriert werden können; dazu später mehr.

Ebenfalls auf der Startseite gibt es eine Kostenübersicht, die in Speicher- und Transferkosten aufgeteilt ist. Die Speicherkosten errechnen sich aus der Größe des Arbeitsspeichers und der Dauer seiner Verwendung. Zur Erleichterung einer Planung werden die aktuellen Kosten auf einen ganzen Monat hochgerechnet. Das bedeutet, der Nutzer sieht, wie viel RAM er momentan verwendet, wie viele Gigabyte-Stunden das im aktuellen Abrechnungszeitraum bis zum heutigen Tag sind, und wie sich das bei gleichbleibender Nutzung hochgerechnet auf die Monatsabrechnung auswirkt. Analog dazu werden die Transferkosten angezeigt, also die Kosten, die durch ein- und ausgehenden Netzverkehr von und zu den virtuellen Maschinen und Speicher entstehen. Speicher- und Transferkosten sind bei GoGrid abhängig vom vorher gewählten „RAM Plan“ bzw. „Transfer Plan“, die sich jeweils in der monatlichen Grundgebühr voneinander unterscheiden und eine unterschiedliche Freimenge mit sich bringen.

In der Netzwerk-Übersicht sieht der Nutzer für ihn verwendbare IP-Adressen. Neben 254 internen IP-Adressen hat der Nutzer 10 externe IP-Adressen zur Verfügung, wobei ein Antrag auf weitere IP-Adressen gestellt werden kann. Des Weiteren können der primäre und der sekundäre Nameserver verwaltet werden. Man kann seine Domains bei GoGrid registrieren lassen (damit kümmert sich dann GoGrid um die Zuordnung von Domain-Namen und IP-Adressen), Reverse DNS-Einträge erstellen lassen und einen eigenen Nameserver einbinden (dieser wird dann als primärer Nameserver verwendet und der GoGrid-eigene Nameserver wird der sekundäre Nameserver).

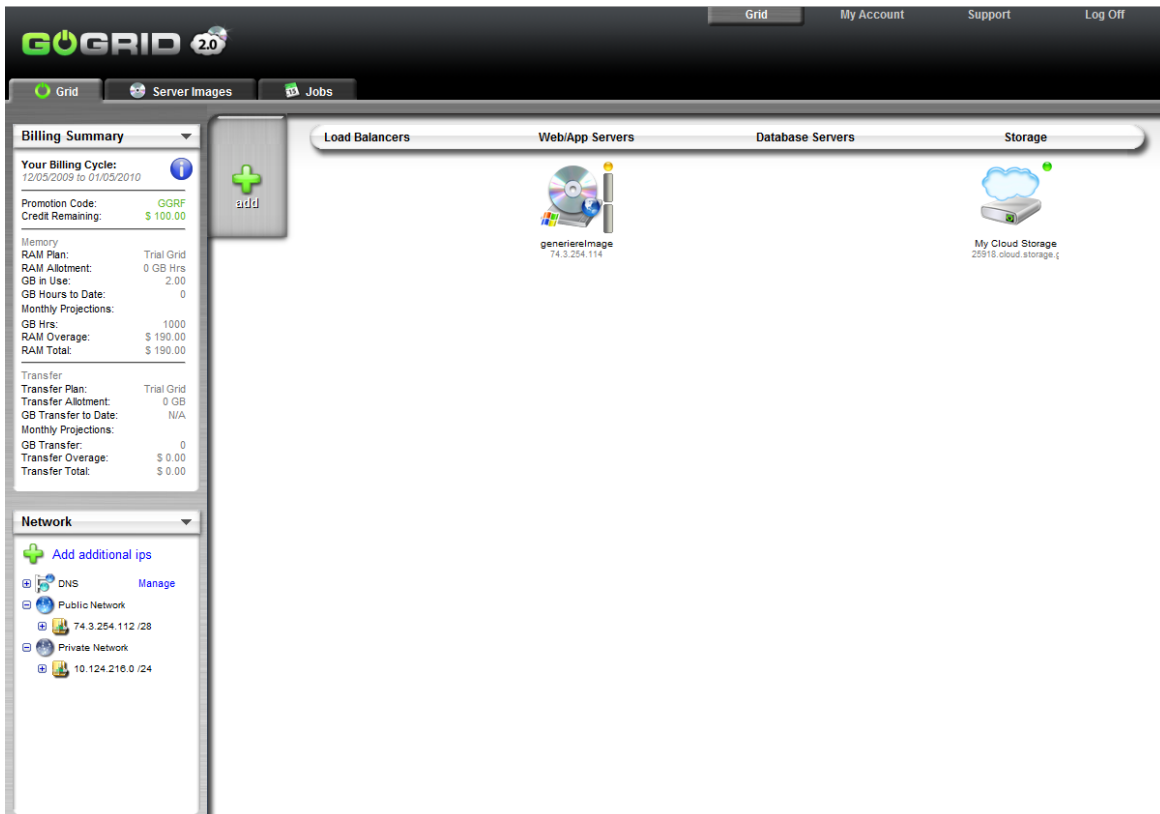


Abbildung 3.6.: Startseite des GoGrid Cloud-Portals

## Verwaltung der virtuellen Maschinen

Ebenfalls direkt auf der Startseite hat man die Möglichkeit, neue Instanzen zu erstellen. Dabei hat man die Auswahl zwischen Image Sandboxes, Web-/Anwendungsserver, Datenbankserver, Cloud Storage und Load Balancer.

Bei der Erstellung eines neuen Web- oder Anwendungsservers wählt man zunächst aus einer Liste von CentOS, Red Hat Enterprise Linux und Windows Server Distributionen ein gewünschtes Betriebssystem in 32- oder 64-bit-Architektur aus. Im nächsten Schritt können der Name und eine Beschreibung für den Server eingegeben werden. Nachdem noch eine externe IP-Adresse gewählt und die Größe des Arbeitsspeichers festgelegt wurde, kann der Server erstellt werden, was ein paar Minuten dauern kann.

Die Erstellung eines Datenbanksservers geschieht analog, mit dem Unterschied, dass die Betriebssystemauswahl auf Windows Server 2003 und 2008 mit vorinstalliertem MSSQL beschränkt ist.

Ein allen virtuellen Maschinen zugänglicher Cloud Storage kann schnell und mit wenig Konfigurationsaufwand erzeugt werden. Es handelt sich dabei um ein nach eigenen Angaben unbegrenzt großen Speicher, der nur aus dem eigenen privaten Netz erreichbar ist. Das bedeutet, dass man nur über die in GoGrid erstellten Server Zugriff darauf hat. Die Verwendung der ersten 10 Gigabyte ist kostenlos; alles was darüber hinausgeht, wird berechnet. Nach der Erstellung beträgt der verfügbare Speicher zunächst 100 Gigabyte, wobei aber eine Vergrößerung beantragt werden kann.

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

Bei der Erstellung eines f5 Load Balancers (von denen man bis zu drei einsetzen kann) wählt man neben dem Namen und einer Beschreibung die IP-Adresse und den Port aus, an dem die Verbindungen eingehen sollen. Anschließend wählt man IP-Adressen und Ports aus, zwischen denen die Last verteilt werden soll. Dies kann entweder nach den Algorithmen Round Robin<sup>1</sup> oder Least Connect<sup>2</sup> geschehen, und kann weiter mit der sog. *Load Balancer Persistence* spezifiziert werden. Standardmäßig ist keine ausgewählt. Man kann aber einstellen, dass abhängig von der Quell-IP-Adresse nach dem ersten Verbindungsaufbau immer die selbe Zieladresse gewählt wird.

Um Server nicht nur aus den vorgegebenen Templates zu erstellen, kann man auch selber Templates anlegen. Diese entstehen durch das Abändern von Servern, die aus bereits vorhandenen Templates erstellt wurden. Um in GoGrid eine sog. „Image Sandbox“ oder ein „MyGSI“ (My GoGrid Server Image) zu erstellen, wird zunächst wie bei der Erstellung eines Servers verfahren. Man sucht sich also ein Betriebssystem aus, gibt einen Namen, eine Beschreibung, eine externe IP-Adresse und die RAM-Größe an. Anschließend kann man sich auf der gerade erstellten virtuellen Maschine einloggen und das Betriebssystem seinen Wünschen nach anpassen, in dem man beispielsweise bestimmte Anwendungen installiert oder Einstellungen im Betriebssystem vornimmt. Nachdem das auf der virtuellen Maschine mitgelieferte „preparation script“ ausgeführt wurde, fährt sie herunter und es kann ein Image davon gespeichert werden. Unter dem eingegebenen Namen ist es nun als Template für neue virtuelle Maschinen verfügbar. Verwaltet werden diese Templates im Bereich „Server Images“ (vgl. Abb. 3.7). Dort hat man eine Übersicht über vorhandene Templates mit Details wie dem Namen, dem zugrundeliegenden Betriebssystem und dem Erstellungsdatum. Dieser Bereich enthält außerdem Dokumente und FAQs zu diesem Thema.

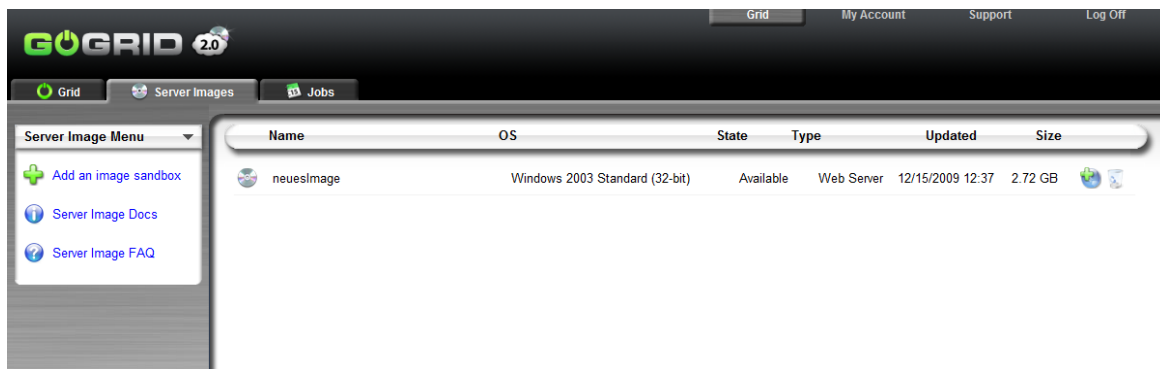


Abbildung 3.7.: Übersicht über erstellte Images bei GoGrid

Hinter dem Bereich „Jobs“ verbirgt sich ein Log über die zuletzt ausgeführten Aktionen wie dem Kreieren und Löschen von virtuellen Maschinen, die jeweils mit dem Templatenamen und Uhrzeiten versehen sind. Die Uhrzeit wird für alle vier verfolgbaren Zustände (created, queued, processing und succeeded) geloggt.

<sup>1</sup>Eingehende Verbindungen werden der Reihe nach abwechselnd an die angegebenen IP-Adressen weitergeleitet.

<sup>2</sup>Eingehende Verbindungen werden an den Server weitergeleitet, der momentan am wenigsten offene Verbindungen hat.



## Accountverwaltung & Abrechnungsmanagement

Ein weiterer großer Bereich der Managementoberfläche ist „My Account“. Dieser gliedert sich in das „User Management“, „API Keys“ und „Billing“.

Im User Management hat der Nutzer eine Übersicht über seinen eigenen Account und (hier auch neu erstellbare) Sub-Accounts, jeweils mit Name, Email-Adresse und einer Rolle (Read only, System user, Billing user oder Super user). Mit dieser Rollenverteilung gehen auch unterschiedliche Fähigkeiten der Nutzergruppen einher.

GoGrid bietet Sprachanbindungen an eine Vielzahl von Programmiersprachen (Java, PHP, Python, Perl, Ruby, C# und bash, vgl. [GoG09c]) an. Die Kommunikation läuft über HTTPS GET und POST Aufrufe an den GoGrid API REST Server. Für den Zugriff auf die Cloud-Ressourcen über die API muss ein API Key definiert werden. Dieser API Key ist ein Shared Secret, das gewährleisten soll, dass nur autorisierte Personen über die API die Cloud-Ressourcen ansprechen können. API Keys werden bei „My Account“ unter dem Punkt API Keys verwaltet. Für den Einstieg in die Verwendung der API werden Code-Beispiele bereitgestellt.

Im Bereich „Billing“ kann der Nutzer seinen aktuellen Account Plan einsehen<sup>3</sup> und ändern. GoGrid gliedert seine Tarife in fünf Varianten (Pay as you go, Professional Cloud, Business Cloud, Corporate Cloud, Enterprise Cloud). Für Pay as you go wird keine monatliche Grundgebühr fällig; dafür sind die anfallenden Kosten pro Einheit höher. Bei den genannten Tarifen gilt, je höher der monatliche Grundpreis ist, desto höher ist die erlaubte RAM- und Transferfreimenge. Somit sinken bei intensiverer Nutzung, umgerechnet auf ein Gigabyte, die Kosten trotz höherer Grundgebühr. Unter „Billing Info“ kann der Nutzer seine Rechnungsdaten einsehen und ändern, insbesondere die Rechnungsanschrift und die Kreditkartennummer. Falls der Nutzer seinen Account bei GoGrid löschen lassen möchte, kann er dies hier beantragen. Weitere Informationen sind die Rechnungen, sortiert nach bezahlten und unbezahlten und nach dem Rechnungsdatum, und Quittungen über geleistete Zahlungen.

## Support & Service Level Agreements

Der letzte große Bereich der Managementoberfläche ist der Support. Hier kann der Nutzer die Benutzernamen und Passwörter für seine erstellten Server verwalten. Bei Problemen mit der Cloud oder Anfragen kann ein Trouble Ticket erstellt oder die Knowledge Base durchsucht werden. Aktuelle oder bereits abgeschlossene Fälle können eingesehen werden. Um ein Trouble Ticket zu erstellen, müssen zunächst eine passende Kategorie und die betroffenen Ressourcen ausgewählt werden, ehe die Problembeschreibung eingegeben wird. Es kann auch eine Email-Adresse eingegeben werden, falls jemandem eine Kopie des Tickets zugesendet werden soll. GoGrid sichert seinen Kunden eine gewisse Dienstgüte zu, die in Service Level Agreements festgesetzt wurden. Diese beinhalten (vgl. [GoG08]):

- 100% Uptime der Server der Kunden (abgesehen von kundenseitigen Netzproblemen oder im Betriebssystem der Kundenserver auftretenden Fehler)
- Dauerhaftigkeit (Persistenz) der auf den Servern gespeicherten Daten
- Im internen Netz Paketverlust von unter 0,1%, Latenzzeiten von unter 5 ms und ein Jitter von unter 0,5 ms und höchstens 10 ms innerhalb von 15 Minuten

---

<sup>3</sup>Der aktuell gewählte RAM und Transfer Plan konnte, wie bereits weiter oben erwähnt, auch schon auf der Startseite gesehen werden.

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

- Im externen Netz, also zwischen GoGrid und dem Nutzer, abhängig vom Standort des Nutzers (hier: Europa) Latenzzeiten von unter 175 ms und ein maximales Jitter von 10 ms in 15 Minuten.
- Bearbeitung eines Falles innerhalb von 30 Minuten für Notfälle (Serverabsturz, Paketverlust oder Routingprobleme) und 120 Minuten für alle anderen Fälle
- 100% Verfügbarkeit des primären DNS
- ständige Präsenz von Support-Mitarbeitern, die über Telefon oder Live-Chat erreichbar sind

Falls eines der Service Level Agreements verletzt wurde, kann der Nutzer eine Erstattung von Gebühren beantragen. GoGrid gibt an, die Gebühren, die bezahlt wurden, während der Fehler auftrat, 100-fach zu erstatten.

Außerdem wird die physische Sicherheit der GoGrid-Serverräume zugesagt. Um in die Serverräume zu gelangen, muss man zwei Kontrollen passieren. Nur vorher registrierte und identifizierte Personen erhalten Zutritt bzw. werden, falls sie nicht registriert sind, von einem Sicherheitsteam begleitet. Weitere physische Sicherheit - außerhalb der SLAs - sollen die Gebäudestruktur und Feuerschutzmaßnahmen gewährleisten (vgl. [GoG]).

Ein Service, den GoGrid Anfang November 2009 eingeführt hat, nennt sich GoGrid CDN (Content Delivery Network). Dieser ist besonders für diejenigen interessant, die ihre virtuellen Maschinen als Web-Server verwenden. Hierbei wird die globale Präsenz von sog. *Point of Presence* des GoGrid-Netzwerks ausgenutzt, um den Besuchern von Webseiten die Inhalte von einem Server in ihrer Nähe zu präsentieren. Durch die räumliche Nähe der derzeit 16 GoGrid-Serverstandorte auf vier Kontinenten zu den Besuchern der in GoGrid erstellten Servern, verspricht GoGrid kürzere Ladezeiten und mehr Zuverlässigkeit. Die Abrechnung dieses Dienstes erfolgt je nach Nutzung (*Pay per use*) für das anfallende Transfervolumen und genutzte Speicherkapazitäten und zu Fixpreisen für zusätzliche Dienste wie Token-Authentifizierungsmodule, SSL-Nutzung und detailliertere Reporting-Mechanismen (vgl. [GoG09a]). Zur Anmeldung und Einrichtung von GoGrid CDN muss Kontakt mit einem Supportmitarbeiter von GoGrid aufgenommen werden.

In Abb. 3.8 ist die erweiterte Sitemap des GoGrid Cloud-Portals dargestellt.



Abbildung 3.8.: Sitemap des GoGrid Cloud-Portals

## 3.4. FlexiScale

In diesem Abschnitt wird FlexiScale analysiert. Zuvor kommt jedoch noch eine kurze Beschreibung zum Unternehmen, das FlexiScale anbietet.

### 3.4.1. Erläuterung

FlexiScale ist ein Produkt von XCalibre Communications Ltd, einem Unternehmen, dass seit 1997 im Bereich Hosting Solutions tätig ist. Im Dezember 2009 wurde dieser Teilbereich in das Tochterunternehmen Flexiant ausgegliedert. Ihren Sitz haben diese Firmen in Schottland. Die Rechenzentren befinden sich in Großbritannien. Für in Deutschland operierende Unternehmen könnte dies ein wichtiger Faktor sein, da die Rechenzentren somit in der EU sind. Als einziges der untersuchten Produkte bietet FlexiScale ein *Pay per use*-Modell mit Vorkasse, d.h. ähnlich wie bei einem Prepaid-Handy muss das Konto zuerst mit einem Guthaben aufgeladen werden. Für die Bestandsaufnahme wird der Stand vom 22. Dezember 2009 herangezogen.

### 3.4.2. Bestandsaufnahme

Der Ausgangspunkt des FlexiScale Cloud-Portals ist die Startseite mit der Serverübersicht und -erstellung.

#### Verwaltung der virtuellen Maschinen

Die Servererstellung ist recht einfach gehalten. Neben dem Namen, dem gewünschten Betriebssystem und dem Package (die Zugehörigkeit zu einer Abrechnungseinheit) gibt der Nutzer die Größen des Arbeitsspeichers und des Hintergrundspeichers an. Die Auswahl an Betriebssystemen umfasst Windows Server 2003 und 2008 und diverse Linux-Distributionen (CentOS, Debian und Ubuntu in verschiedenen Release-Versionen), jeweils in einer 32-bit- und einer 64-bit-Version. Eigene Betriebssystem-Templates können zum Stand der Bestandsaufnahme noch nicht hochgeladen und anschließend verwendet werden; dies soll aber in der nächsten Beta-Version erstmals ermöglicht werden. Sie sollen dann, nachdem sie hochgeladen wurden, aus einem virtuellen CD-Laufwerk heraus gebootet werden können (vgl. Kapitel A.1 im Anhang). In der Übersicht über die bereits erstellten Server sieht der Nutzer jeweils die ID, den Namen, das Betriebssystem, die Anzahl an Prozessoren, die Größe des Arbeitsspeichers und den aktuellen Status. Durch Klick auf die ID des Servers erhält er außer den bereits in der Übersicht gegebenen Daten noch folgende Details:

- die IP-Adressen des Servers
- ein Link zu den Abrechnungsdaten für den Server (dort werden die durch den ausgewählten Server verursachten Kosten aufgelistet)
- Benutzername und Passwort für den Root- (bei Linux-Maschinen) bzw. Administratorzugang (bei Windows-Maschinen)
- den Namen des Templates, aus dem der Server erstellt wurde
- die Größe des Hintergrundspeichers

- Informationen über die Netzwerkkarten und Namen der VLANs, in denen sich der Server befindet
- den Namen des Packages, dem der Server zugewiesen ist

Grundlegende Interaktionen, d.h. das Herunterfahren, (Neu-)Starten, Abschalten und Hochfahren und das Löschen des Servers können von hier aus durchgeführt werden. Der Nutzer kann diese Interaktionen sofort ausführen lassen, oder einen Zeitpunkt festlegen, wann sie ausgeführt werden sollen. Die Auswahl reicht dabei von einer Minute bis zu 24 Stunden. Ebenfalls auf der Seite mit den Serverdetails ist die „Jobs History“, also ein Log über die letzten Aktivitäten bezüglich des Servers. Die Einträge sind jeweils mit einer ID, der Art des Jobs, Start- und Endzeit, sowie dem Status versehen. Auch Jobs, die, wie soeben beschrieben, für eine spätere Ausführung festgelegt wurden, erscheinen im Log. Sie sind mit dem Vermerk *pending* aufgeführt.

Um die Konfiguration eines bereits erstellten Servers zu ändern, dient ein Server Wizard. Folgendes kann verwaltet werden:

- die Größe des Arbeitsspeichers
- die Anzahl der Prozessoren
- die Netzwerkkarten
  - vorhandene Netzwerkkarten entfernen
  - neue Netzwerkkarten für vorhandenes VLAN oder für neues VLAN hinzufügen
- IP-Adressen
  - für IP-Adressen Reverse DNS-Einträge erstellen
  - dem Server weitere IP-Adressen zuweisen
- für gegebene IP-Adressen eine Firewall hinzufügen
- Festplatten
  - vorhandene Festplatten entfernen
  - weitere Festplatten hinzufügen
- Server löschen

Abb. 3.9 zeigt, wie dies in der Managementoberfläche dargestellt wird.

Der Rest des Cloud-Portals gliedert sich in die Bereiche „General“ (Allgemeines), „Contact Details“ (Kontaktinformationen), „Billing“ (Abrechnungen), „Tickets“ (das Trouble Ticket-System), „Firewalls“ und „VLANs“.

Im Bereich „General“ gibt es ein Log über die letzten Aktionen, die über das Cloud-Portal durchgeführt worden sind. Diese sind jeweils mit der Uhrzeit, zu der diese Aktion durchgeführt wurde und dem Benutzernamen des Nutzers, der diese Aktion durchgeführt hat, versehen. Ferner kann der Nutzer in diesem Bereich sein Passwort für den Zugang zum Cloud-Portal ändern.

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

The screenshot shows the FlexiScale web interface. On the left is a navigation menu with categories like General, Contact Details, Billing, Tickets, Firewalls, and Vlans. The 'Billing' section is expanded, showing 'Credits and Debits' as the active page. The main content area is titled 'Server Detail' and lists various server attributes such as Server ID, Name, IP Addresses, Billing Data, Administrative Username, Initial Password, Operating System Image, Status, Package, Memory, Processors, Disks, and Network Cards. Below this, there are controls for 'Perform Server Action Now' (with a dropdown set to 'Shutdown' and a 'go' button) and 'Schedule Server Actions' (with a 'Start' dropdown set to 'In 1 Minute' and a 'go' button). At the bottom of the main content area is a 'Jobs History' table.

| Job Id                | Job Type        | Start Time          | End Time            | Status    |
|-----------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------|
| <a href="#">45925</a> | Start Server    | 2009-12-22 14:07:06 | 2009-12-22 14:07:32 | Completed |
| <a href="#">45924</a> | Shutdown Server | 2009-12-22 14:07:06 | 2009-12-22 14:07:32 | Completed |
| <a href="#">45921</a> | Start Server    | 2009-12-22 13:29:34 | 2009-12-22 13:29:49 | Completed |
| <a href="#">45920</a> | Shutdown Server | 2009-12-22 13:28:31 | 2009-12-22 13:28:37 | Completed |
| <a href="#">45919</a> | Start Server    | 2009-12-22 13:16:25 | 2009-12-22 13:16:41 | Completed |

At the bottom of the page, there is a navigation bar with links for 'Home', 'Network Status', 'Open Ticket', 'Help', and 'Log Out'.

Abbildung 3.9.: Serverdetails bei FlexiScale

### Accountverwaltung & Abrechnungsmanagement

Im Bereich „Contact Details“ kann für drei verschiedene Arten von Kontakten eine Anschrift angegeben werden. Diese sind der Inhaber des Accounts („Owner“), ein Kontakt für technische Rückfragen („Technical“) und die Rechnungsanschrift („Billing“). Neben den gewöhnlichen Feldern wie Name, Anschrift, Firmenname (und der eindeutigen Firmennummer für im Commonwealth ansässige Unternehmen), Telefon, Fax und Email muss noch ein Kontakttyp eingestellt werden. Dieser gliedert sich in in Großbritannien oder außerhalb von Großbritannien Ansässige, und dann jeweils noch in Privatpersonen, Firmen, Schulen, Regierungsstellen usw.

Der Bereich „Billing“ enthält alle abrechnungsrelevanten Punkte. Da es sich bei FlexiScale um ein *Pay per use*-Modell mit Vorauszahlung handelt, kann man, unter Angabe seiner Kreditkartendaten *FlexiScale Credit* zwischen 10 und 2000 Pfund Sterling kaufen. Unter „Credit and Debits“ können das aktuelle Guthaben, Gutschriften und Ausgaben (d.h. alles, was das Guthaben erhöht oder senkt) eingesehen werden. Alle Gutschriften und Ausgaben sind mit einer ID, dem Zeitpunkt der Zahlung bzw. Abrechnung und dem Betrag zu sehen. Für die Abrechnungen kann durch Klick auf die ID eingesehen werden, wie viel und aus welchem Grund etwas vom Guthaben abgebucht wurde. D.h. es wird z.B. aufgelistet, dass ein bestimmter Betrag für eine Stunde Uptime einer bestimmten virtuellen Maschine berechnet wurde. Des Weiteren gibt es eine Übersicht über noch offene Rechnungen und Quittungen über bezahlte Rechnungen.

Wie bereits erwähnt, können die Server sog. Packages zugeordnet werden. Packages entsprechen Abrechnungseinheiten und können eingerichtet werden, um eine bessere Kostenübersicht zu erreichen. Hat man beispielsweise ein Package für Web Hosting und ein Package

für virtuelle Testmaschinen eingerichtet, kann man seine erstellten Server jeweils dem passenden Package zuweisen. Später erhält man dann für jedes Package eine gesonderte Rechnung, in der jeweils die dort enthaltenen Server aufgeführt und berechnet werden. Packages können über das Control Panel von XCalibre eingerichtet werden.

### Support & Service Level Agreements

In FlexiScale ist ein Trouble Ticket-System integriert. Über ein Kontaktformular, in das man einen Betreff, seine Email-Adresse, die Abteilung, an die die Email geht, und seine Nachricht eingibt, erstellt man einen neuen Fall, der von den Mitarbeitern von FlexiScale bearbeitet wird. Dieser Fall ist dann unter den offenen Tickets zu finden. Abgeschlossene Fälle können auch noch eingesehen werden. Zu jedem Ticket gibt es eine Nummer, den Betreff, das Datum, an dem das Ticket erstellt wurde und wann es zuletzt bearbeitet wurde, und den Namen des zuständigen Support-Mitarbeiters. Durch einen Klick auf eines der Tickets erhält man eine Zusammenfassung, die den gesamten Nachrichtenverlauf enthält und die Möglichkeit bietet, noch einmal auf diesen Fall Bezug nehmend zu antworten. Weiteren Support bietet eine Telefon-Hotline, die zu normalen Geschäftszeiten erreichbar ist. Hilfe zur Verwendung des Cloud-Portals erhält der Nutzer über einen Hilfe-Knopf, der zu vielen Seiten im Cloud-Portal kontextabhängig nützliche Informationen aufruft.

FlexiScale bietet ein Service Level Agreement über „100% uptime guarantee“ ([Fle09a] unter *Infrastructure / Security / Resilience*) an, d.h. erstellte virtuelle Maschinen sind nach dem SLA immer verfügbar. Des Weiteren ist der Support von FlexiScale 24 Stunden am Tag, sieben Tage die Woche, besetzt. Falls eingestellt wurde, dass die virtuellen Server von FlexiScale überwacht werden sollen, geschieht dies ebenfalls rund um die Uhr (vgl. Kapitel A.1 im Anhang). Ein weiteres SLA sieht vor, dass Trouble Tickets innerhalb von einem Tag bearbeitet werden, wobei aber versucht wird, innerhalb von zwei bis vier Stunden zu antworten (vgl. [Fle09b]). Über geplante Downtimes durch Wartungsarbeiten o.ä. kann sich der Nutzer unter [http://www.xcalibre.co.uk/support/status\\_page.html](http://www.xcalibre.co.uk/support/status_page.html) informieren.

### Firewall- & VLAN-Management

FlexiScale bietet seinen Nutzern die Möglichkeit, Firewall-Regeln direkt über die Managementoberfläche anzulegen. Für jede verwendete IP-Adresse kann man eine Firewall erstellen. Diese ähneln iptables-Regelsätzen. Die Regeln sind unterteilt in Regeln für eingehende und für ausgehende Verbindungen. Jede Regel besteht aus einem Namen, einer Aktion (z.B. Verbindung erlauben oder unterbinden), einem Protokoll und einer Quell- bzw. Ziel-IP-Adresse. Des Weiteren kann eine *Default Policy* eingerichtet werden, die angibt, wie mit Verbindungen, die zu keiner der Regeln passen, verfahren werden soll. Die Verwendung einer Firewall ist aber keineswegs zwingend erforderlich; bereits erstellte Firewalls können auch wieder gelöscht werden. In Abb. 3.10 wird gezeigt, wie diese Regeln erstellt werden.

Bei FlexiScale erhält jeder Nutzer eine ihm fest zugewiesene Menge an IP-Adressen. Standardmäßig erhält man ein /29-Netz, d.h. man hat - abgesehen von der Netz- und der Broadcast-Adresse - fünf IP-Adressen zur Verfügung. Zusätzliche Adressen können beantragt werden. Im Bereich „VLANs“ erhält der Nutzer zunächst eine Übersicht über seine privaten virtuellen Netze (sog. VLANs). Jedes VLAN ist dabei genau einem Nutzer zugeordnet. Es trägt einen Namen und eine ID und besteht aus einem oder mehreren IP-Blöcken. Für jeden IP-Block kann er sich über die Start- und End-IP-Adresse des Blocks, die Block-

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

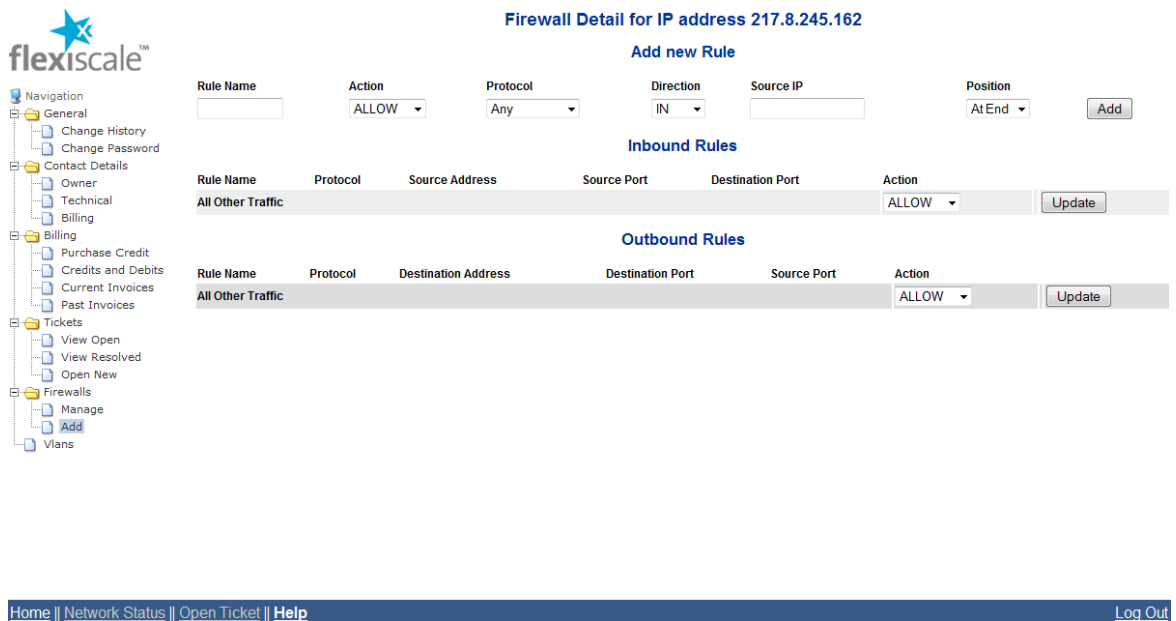


Abbildung 3.10.: Verwaltung von Firewalls in FlexiScale

größe (standardmäßig werden /29-Adressräume vergeben), den Status (z.B. „assigned“, d.h. der Adressraum ist momentan vergeben) und die Art der Zuordnung (in diesem Fall virtuell) informieren. Außerdem wird angezeigt, welche IP-Adressen aus dem Block momentan wie verwendet werden. Z.B. wird angezeigt, welche der IP-Adressen aus dem Block die Netzadresse oder die Broadcast-Adresse ist, welche IP-Adresse welcher Netzwerkkarte zugeordnet ist, oder welche Adressen im Block noch frei sind. Für jedes VLAN kann der Nutzer sehen, welche virtuellen Server sich darin befinden (jeweils mit dem Namen, der RAM-Größe, der Anzahl der CPUs und dem Status). Ferner wird die Netzlast grafisch aufbereitet dargestellt. In drei Graphen wird, wie in Abb. 3.11 dargestellt, die eingegangene und die ausgegangene Netzlast der vergangenen 30 Minuten, 24 Stunden und 30 Tage angezeigt.

Die Verwendung von FlexiScale ist nicht nur auf die Managementoberfläche beschränkt, sondern kann auch über eine API geschehen. FlexiScale bietet eine SOAP API an und ist somit in vielen Programmiersprachen wie PHP, C, C++, C#, Java, Perl und Ruby einsetzbar. Fast alle Funktionalitäten, die im Cloud-Portal verfügbar sind, sind auch über die API verfügbar<sup>4</sup>. Dazu gehören z.B. Interaktionen mit Servern (u.a. starten, stoppen, neustarten), Abrechnungen (u.a. Guthaben, Gutschriften und Ausgaben auflisten), ein Log über laufende und abgeschlossene Jobs, das Firewall- und das VLAN-Management. Zur Nutzung der Funktionen der API muss sich der Nutzer immer zuerst (ebenfalls über die API) mit seinem Benutzernamen und Passwort einloggen. Damit wird gewährleistet, dass nur derjenige, dem die Server gehören, sie ansprechen kann. Ein API Key, wie in anderen Cloud-Lösungen, wird hierbei nicht benötigt. Unter [Fle08] kann die Programmierschnittstelle genauer betrachtet werden. Dort findet man auch Code-Beispiele für die Verwendung der Programmierschnittstelle.

Die Sitemap für das FlexiScale Cloud-Portal ist in Abb. 3.12 abgebildet.

<sup>4</sup>Neue Funktionalitäten werden zunächst in der Managementoberfläche realisiert, ehe sie auch über die API angeboten werden.



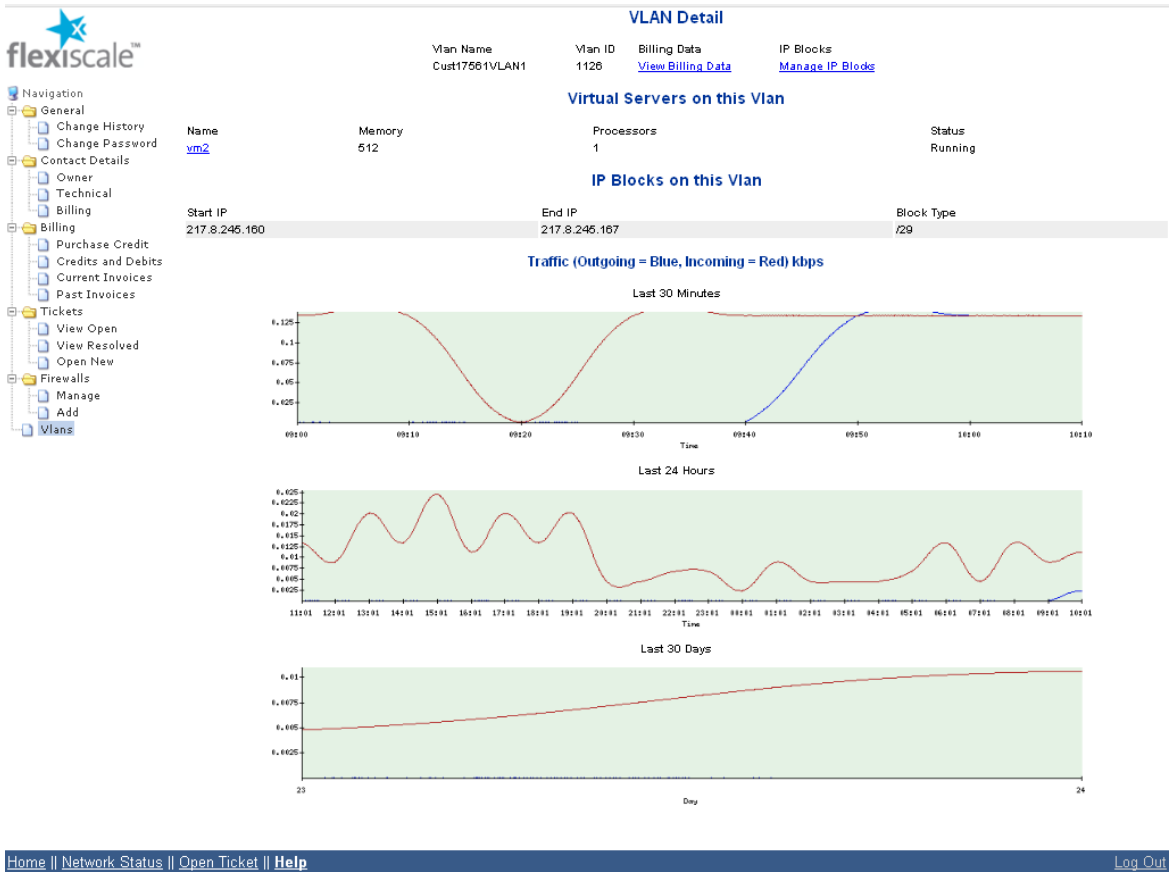


Abbildung 3.11.: Details eines VLANs bei FlexiScale

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen



Abbildung 3.12.: Sitemap des FlexiScale Cloud-Portals

## 3.5. Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)

Im Folgenden wird das wohl bekannteste der untersuchten Produkte vorgestellt. Nach einer kurzen Erläuterung zur Amazon Elastic Compute Cloud folgt die Bestandsaufnahme.

### 3.5.1. Erläuterung

Amazon, einer der führenden Onlinehändler, bietet seit 2006 unter dem Namen Amazon Web Services eine Reihe von web-basierten Diensten an. Darunter sind unter anderem ein Datenbankmanagementsystem (Amazon SimpleDB), ein Online-Speicher (Amazon Simple Storage Service (S3)) und die hier untersuchte Amazon Elastic Compute Cloud (EC2). Die Bestandsaufnahme wurde zum Stand des 20. Januar 2010 durchgeführt. Die Managementkonsole befand sich zu diesem Zeitpunkt noch in einer Beta-Version.

### 3.5.2. Bestandsaufnahme

Da das Cloud-Portal von Amazon EC2 in die Internetseite von Amazon Web Services (AWS) integriert ist, wichtige Funktionen, wie z.B. das Abrechnungsmanagement, jedoch nicht Bestandteil des Cloud-Portals, sondern der AWS-Internetseite sind, erfolgt die Bestandsaufnahme hier zweiteilig. Zunächst werden die für Amazon EC2 relevante Bestandteile der AWS-Internetseite erläutert, anschließend Amazon EC2 selbst.

Die Internetseite von Amazon Web Services ist aufgeteilt in die Bereiche „AWS“, „Products“, „Solutions“, „Resources“ und „Your Account“.

#### Support & Service Level Agreements

Unter „Support“ hat man Zugriff auf Foren, FAQs und ein sog. „Service Health Dashboard“. Dort sind alle AWS-Dienste mit ihrem aktuellen Betriebszustand aufgelistet. Ferner kann zu verschiedenen Themen Kontakt mit dem Support aufgenommen werden. Für besondere Ansprüche an den Support muss der Nutzer sich jedoch für den AWS Premium Support anmelden. Ab 100 (Silber-Status) bzw. 400 US-Dollar (Gold-Status) im Monat erhält er zusätzliche Dienstleistungen, wie einen Support, der 24 Stunden am Tag, sieben Tage die Woche erreichbar ist, kürzere Antwortzeiten und einen direkten Ansprechpartner.

Unter „Resources“ findet der Nutzer Dokumentationen zu Amazon EC2 in Form von Handbüchern, Anleitungen und Code-Beispielen.

Für Amazon EC2 gilt ein SLA über eine Verfügbarkeit (Uptime) von mindestens 99,95% in einem Jahr. Der Dienst gilt dabei als nicht verfügbar, sobald er für mindestens fünf Minuten nicht erreichbar ist. Wenn die Verfügbarkeit unter die Grenze von 99,95% gefallen ist, kann der Nutzer über eine Email-Anfrage eine Gutschrift von 10% des Rechnungsbetrages des betreffenden Rechnungszeitraumes anfordern. Wie diese Forderung aussehen muss und welche Ausnahmen gelten, kann unter [EC210] genauer betrachtet werden.

#### Accountverwaltung & Abrechnungsmanagement

Weiterhin relevant ist der Bereich „Your Account“. Unter „Account Activity“ können bisher im aktuellen Rechnungszeitraum angefallene Kosten eingesehen werden. Der Nutzer hat die Möglichkeit Nutzungsstatistiken („Usage Reports“) im XML- oder CVS-Dateiformat herunterzuladen. Diese listen genutzte Dienste jeweils mit den Nutzungszeiträumen und den

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

dadurch angefallenen Kosten auf. Diese Dateien können für verschiedene Zeiträume mit frei wählbarer Granularität ausgegeben werden. Ferner können in diesem Bereich Kontaktdaten und Kreditkartendaten in das System eingepflegt werden. Wenn z.B. ein Unternehmen mehrere AWS-Accounts besitzt, aber nur eine Rechnung für diese bekommen möchte, kann das unter „Consolidated Billing“ eingestellt werden. Ein Link unter „Your Account“ führt auch zur AWS Management Console. Diese soll im Folgenden näher betrachtet werden.

Für die AWS-Internetseite ist in Abb. 3.13 die Sitemap dargestellt, in der nur für Amazon EC2 relevante Elemente eingetragen sind.

#### Verwaltung der virtuellen Maschinen

Die Verwaltung der virtuellen Maschinen und damit zusammenhängender Elemente kann über verschiedene Wege geschehen. Es gibt zwei APIs (vgl. [Leo08, S. 2–3]), zum einen eine SOAP API, zum anderen eine REST API, jeweils mit Sprachanbindungen, die u.a. für Java, C++, Perl und PHP verfügbar sind. Außer über die APIs kann die Verwaltung auch über Managementkonsolen geschehen. Neben der AWS-eigenen Managementkonsole, die im Januar 2009 eingeführt wurde, gibt es auch Produkte von Drittanbietern wie RightScale und WeoGeo. Großer Beliebtheit erfreut sich auch Elasticfox. Elasticfox ist ein Add-On für den Internetbrowser Mozilla Firefox, das ermöglicht, Amazon EC2 über den Web-Browser zu steuern. Der Fokus soll in dieser Arbeit aber auf der Amazon-eigenen Managementkonsole liegen.

Auf der Startseite der Managementkonsole muss der Nutzer eine Wahl zwischen verschiedenen Regionen treffen, in denen sich die Rechenzentren befinden. Die Wahl der Region beeinflusst nicht nur die regionale Lage der erstellten Instanzen - es besteht die Auswahl zwischen US East im US-Bundesstaat Virginia, US West in Nord-Kalifornien und EU West in Irland -, sondern auch die für den Nutzer entstehenden Kosten. Regionen wiederum haben verschiedene „Availability Zones“, also verschiedene, voneinander unabhängige Serverstandorte, von denen aus die Dienste erbracht werden. Alle gestarteten virtuellen Maschinen werden in der ausgewählten Region betrieben, wobei verborgen bleibt, welches Rechenzentrum in der Region genau verwendet wird. Unter „Service Health“ kann gesehen werden, wie der aktuelle Betriebszustand der gewählten Region ist. Im Folgenden werden „Regionen“ mit „Availability Zones“ zu *Rechenzentrumsregionen* zusammengefasst.

Um einen ersten Überblick über seinen aktuellen Systemstatus zu erhalten, befindet sich auf der Startseite eine Auflistung über alle erstellten Ressourcen. Ressourcen sind in Amazon EC2 laufende virtuellen Maschinen, Datenträger („EBS Volumes“), Schlüsselpaare<sup>5</sup>, Load Balancer, IP-Adressen, Snapshots der Datenträger und Sicherheitsgruppen<sup>6</sup>.

Über Links kommt der Nutzer zu anderen Bereichen der AWS-Internetseite, darunter zu den Dokumentationen und zu verschiedenen Support-Einrichtungen.

Die Bereiche der Managementkonsole gliedern sich in „Instances“, „Images“, „Elastic Block Store“ und „Networking & Security“.

---

<sup>5</sup>Amazon EC2 nutzt zur Authentifizierung der Nutzer beim Einloggen auf ihre virtuellen Maschinen ein Public Key-Verfahren. Bei der Erstellung eines neuen Schlüsselpaars kann der Nutzer seinen privaten Schlüssel herunterladen. Anders als bei den anderen getesteten Lösungen wird dann beim Einloggen kein Passwort verwendet, sondern dieser private Schlüssel.

<sup>6</sup>Eine Sicherheitsgruppe („Security Group“) ist eine Menge von Firewallregeln, die der Nutzer erstellen muss. In der standardmäßigen Sicherheitsgruppe sind bereits Regeln für SSH und HTTP angelegt. Jeglicher anderer Verkehr wird dabei untersagt.

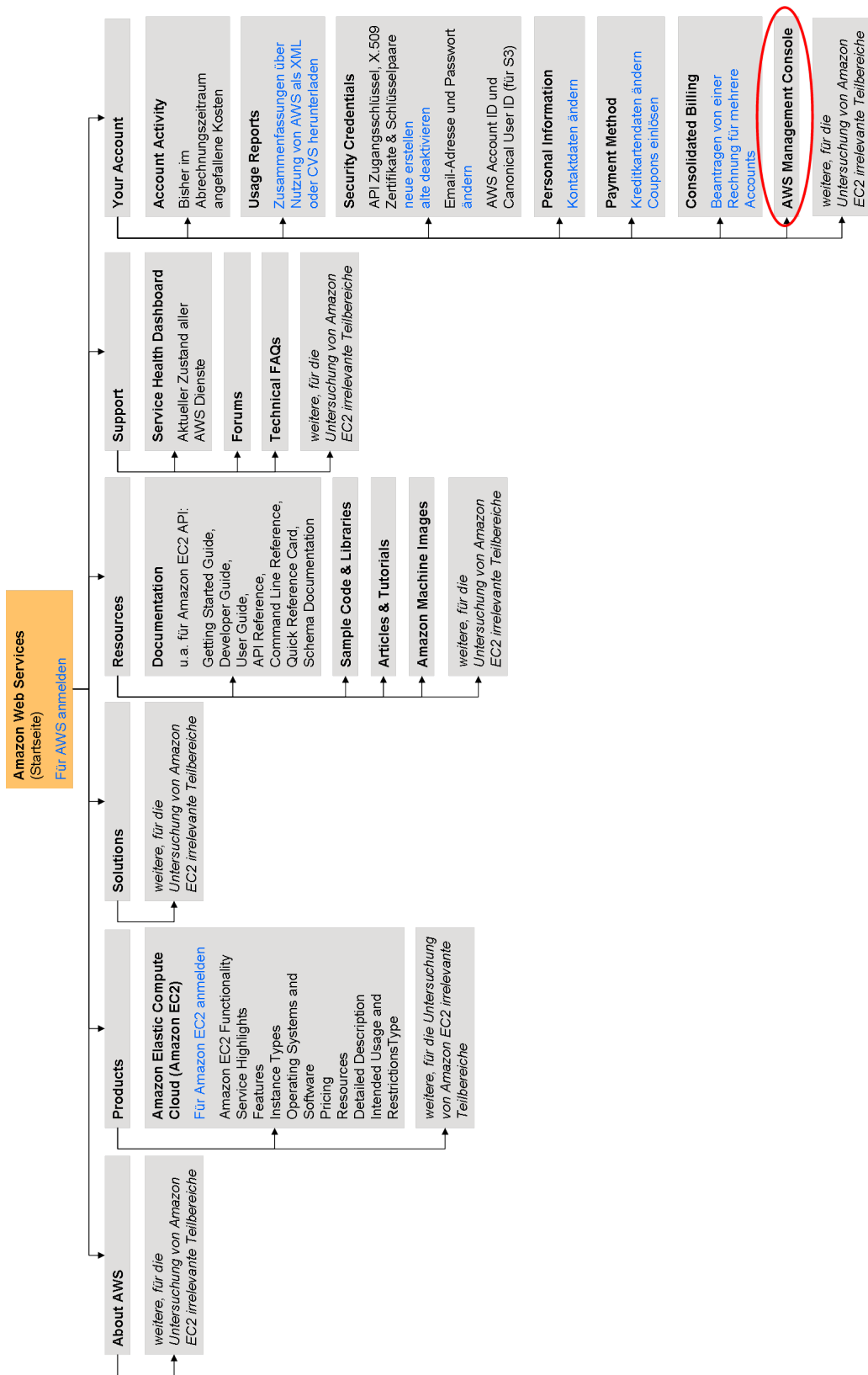


Abbildung 3.13.: Sitemap der Amazon Web Services Internetseite

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

|                                    | Instanzklassen bei Amazon EC2 |                |                      |   |  |                          |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------------|---|--|--------------------------|-------------------------------|
|                                    | Standardinstanzen             |                |                      | High-Memory Instanzen                   |  | High-CPU Instanzen       |                               |
|                                    | Small Instance                | Large Instance | Extra Large Instance | High-Memory Double Extra Large Instance | High-Memory Quadruple Extra Large Instance | High-CPU Medium Instance | High-CPU Extra Large Instance |
| <b>Bezeichnung</b>                 | m1.small                      | m1.large       | m1.xlarge            | m2.2xlarge                              | m2.4xlarge                                 | c1.medium                | c1.xlarge                     |
| <b>RAM-Größe</b>                   | 1,7 GB                        | 7,5 GB         | 15 GB                | 34,2 GB                                 | 68,4 GB                                    | 1,7 GB                   | 7 GB                          |
| <b>Anzahl der Rechen-einheiten</b> | 1                             | 4              | 8                    | 13                                      | 26   | 5                        | 20                            |
| <b>Hintergrund-speichergröße</b>   | 160 GB                        | 850 GB         | 1690 GB              | 850 GB                                  | 1690 GB                                    | 350 GB                   | 1690 GB                       |
| <b>Plattform</b>                   | 32 bit                        | 64 bit         | 64 bit               | 64 bit                                  | 64 bit                                     | 32 bit                   | 64 bit                        |
| <b>E/A-Leistung</b>                | moderat                       | hoch           | hoch                 | hoch                                    | hoch                                       | moderat                  | hoch                          |

Tabelle 3.1.: Übersicht über die Instanzklassen bei Amazon EC2

Unter „Instances“ werden die virtuellen Maschinen verwaltet. Hierbei gibt es bei AWS eine Besonderheit. Außer normalen virtuellen Maschinen, die direkt erstellt werden („Instances“) gibt es auch sog. „Spot Requests“. Spot Requests erstellt man ähnlich wie Instances; die angeforderten virtuellen Maschinen werden jedoch nicht sofort erstellt. Spot Requests sind vorgemerkte virtuelle Maschinen, die erst erstellt werden, wenn der aktuell gültige Preis für virtuelle Maschinen einen zuvor angegebenen Preis unterschreitet. Bei Amazon EC2 ändern sich die Preise für virtuelle Maschinen im Stundentakt und schwanken im Zehntel-Cent-bis Cent-Bereich. Diese Schwankungen können in der „Pricing History“ für verschiedene Zeiträume nachvollzogen, und für Linux/UNIX- und Windows-Maschinen und verschiedene Konfigurationen von virtuellen Maschinen verglichen werden.

Amazon teilt seine virtuellen Maschinen in Instanzklassen (sog. „Instance Types“) ein. Anders als bei anderen Cloud Computing-Lösungen, bei denen man bei der Erstellung einer virtuellen Maschine selbst beispielsweise die Arbeitsspeicher- und Hintergrundspeichergröße auswählt, stellen diese Instanzklassen feste Kombinationen von Arbeitsspeichergröße, Prozessorgeschwindigkeit, Hintergrundspeicherkapazität und daraus resultierenden Kosten pro Stunde dar. In Tabelle 3.1 werden die in [EC2] vorgestellten Instanzklassen dargestellt. Die drei Kategorien Standardinstanzen, Instanzen mit speziell großem Arbeitsspeicher und Instanzen mit speziell hoher Rechenleistung stellen dabei die Oberkategorien für insgesamt acht Klassen dar. Sie unterscheiden sich in der Größe des Arbeitsspeichers, der Rechenleistung, der Größe des Hintergrundspeichers (sog. „instance store“), der Plattform (32- oder 64-bit-Plattform) und der Ein- und Ausgabeleistung. Die Rechenleistung einer virtuellen Maschine spiegelt sich bei Amazon EC2 in der Anzahl der Recheneinheiten wieder. Eine Recheneinheit entspricht einem 1 bis 1,2 GHz Opteron oder Xeon Prozessor aus dem Jahr 2007 oder einem 1,7 GHz Xeon Prozessor von Ende 2006.

Das Anfordern direkt zu erstellender virtueller Maschinen und die Erstellung von Spot Requests geschieht fast gleich. Im ersten Schritt wählt der Nutzer das zu verwendende Template (ein *Amazon Machine Image*) aus. Dabei hat er die Auswahl zwischen verschiedenen Fedora oder Windows Server 2008-Paketen, die bereits mitinstallierte Software mit sich bringen, eigenen Templates und Templates aus der EC2-Nutzergemeinde. Bei diesen „Community AMIs“ gibt es eine Vielzahl von Linux-Distributionen zur Auswahl. Anschließend können die Anzahl der zu erstellenden virtuellen Maschinen (es können mehrere Maschinen mit den gleichen Ausgangswerten erstellt werden), die Rechenzentrumsregion, in der sie erstellt wird und die Instanzklasse gewählt werden. Im nächsten Schritt muss die Wahl zwischen „Launch Instances“ (die virtuelle Maschine jetzt erstellen) oder „Request Spot Instances“ (die virtuelle Maschine erst ab einem bestimmten Preis erstellen) getroffen werden. Bei letzterem wird der aktuelle Preis angezeigt und man muss angeben, wie hoch der maximale Preis sein soll, zu dem die virtuelle Maschine erstellt wird. Neben dem Gültigkeitszeitraum für diesen Request wird noch angegeben, ob es ein „Persistent Request“<sup>7</sup> ist und ob er zu einer „Launch Group“<sup>8</sup> gehört. Danach ist der Prozess für direkt zu startende und vorgemerkte virtuelle Maschinen wieder gleich. Es kann, falls gewünscht, eine bestimmte Kernel-ID und RAM Disk-ID vergeben werden. Dies kann von Nöten sein, wenn beispielsweise in eigene Programme feste Kernel- und RAM Disk-IDs einprogrammiert wurden. Gegen eine zusätzliche Gebühr kann CloudWatch Monitoring aktiviert werden. Was das im Einzelnen bedeutet, wird später erläutert. Außerdem kann eine kurze Beschreibung vom Nutzer einge-

<sup>7</sup>Falls der Request aus irgendeinem Grund terminiert, wird er neu gestartet.

<sup>8</sup>Alle Elemente einer Launch Group starten entweder zusammen oder gar nicht.

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

geben werden. Im Folgenden werden das zur Anmeldung an der Maschine zu verwendende Schlüsselpaar und eine Sicherheitsgruppe festgelegt. Statt der Auswahl eines Schlüsselpaares bzw. einer Sicherheitsgruppe können diese auch neu erstellt werden. Bei der Erstellung eines Schlüsselpaares gibt der Nutzer einen Bezeichner für diesen ein. Bei der Erstellung einer Sicherheitsgruppe gibt der Nutzer einen Namen, eine Beschreibung und erlaubte Verbindungen im Format Dienst (z.B. HTTP oder SSH) - Transportprotokoll (TCP oder UDP) - Port - Quellnetz an. Am Ende der Erstellung der virtuellen Maschine oder des Spot Requests wird noch eine Zusammenfassung angezeigt, die bestätigt werden muss.

In der Übersicht der virtuellen Maschinen erhält der Nutzer einen Überblick über ihre ID, die ID des verwendeten Templates, die Instanzklasse, die Art des verwendeten Datenträgers, den aktuellen Status, den Lebenszyklus-Status, den öffentlichen Hostnamen, die Sicherheitsgruppe und den Namen des verwendeten Schlüsselpaares. Bemerkenswert ist, dass virtuelle Maschinen nicht automatisch eine IP-Adresse zugewiesen bekommen, sondern nur einen (öffentlichen) Hostnamen. Durch einen Klick auf eine Maschine in der Übersicht erhält der Nutzer noch weitere Details. Diese sind (ohne die bereits genannten):

- ID des Besitzers der virtuellen Maschine
- Reservation-ID (wird für die Erstellung verwendet)
- Kernel-ID
- RAM Disk-ID
- Plattform (Windows oder Linux/UNIX)
- Angabe, ob CloudWatch Monitoring aktiviert ist oder nicht
- AMI Launch Index
- IP-Adresse
- Root Device (z.B. /dev/sda1)
- Block Devices
- ein privater, nur zwischen virtuellen Maschinen verwendbarer Hostname
- Erstellungszeitpunkt
- State Transmission Reason (Grund für die letzte Statusänderung)

Falls CloudWatch Monitoring aktiviert ist, kann der Nutzer zu der entsprechenden Maschine die Prozessorauslastung, die Anzahl der Festplattenlese- und -schreibzugriffe, und die ein- und ausgegangene Netzlast einsehen, jeweils für verschiedene Zeiträume zwischen einer Stunde und zwei Wochen mit unterschiedlichen Abtastraten. Zudem kann jeder Graph für die Minima, Maxima, akkumuliert oder als Samples angezeigt werden. Dies wird in Abb. 3.14 beispielhaft demonstriert. Für die Verwendung von CloudWatch Monitoring fallen zusätzliche Gebühren an.

Die Liste der Details, die sich für Spot Instances anzeigen lässt, ähnelt der gerade Beschriebenen sehr. Auf Grund ihrer Ähnlichkeit soll deshalb nicht näher auf sie eingegangen werden.



### 3.5. Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)

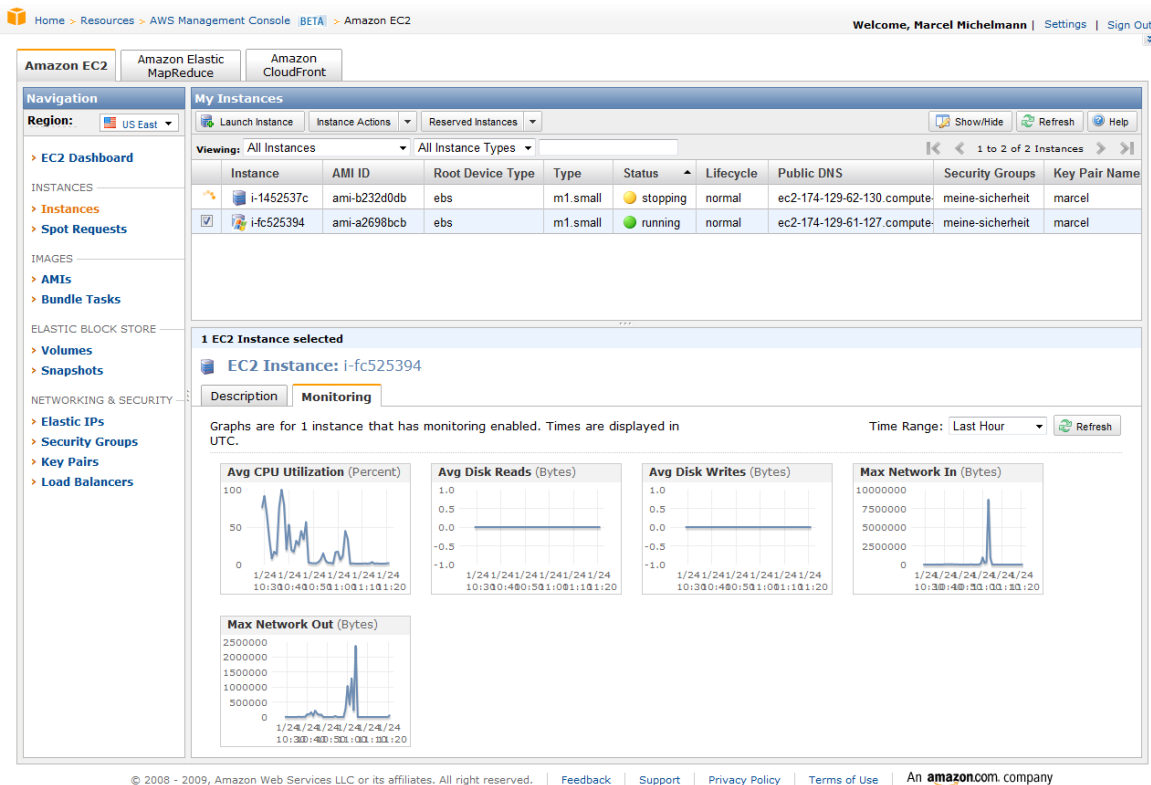


Abbildung 3.14.: CloudWatch Monitoring in der Amazon EC2 Managementkonsole

Für bereits erstellte virtuelle Maschinen gibt es über die Managementkonsole verschiedene Interaktionsmöglichkeiten:

- Über den Punkt „Connect“ erhält man Hinweise, wie man sich auf seine virtuelle Maschine einloggen kann. Falls das Betriebssystem Linux ist, geschieht dies typischerweise über SSH. Zur Authentifizierung wird, wie bereits erwähnt, ein Public Key-Verfahren genutzt. Bei Windows-Maschinen wird über die Managementkonsole das Administrator-Passwort angefragt. Auch hierfür wird der Private Key des Nutzers benötigt; diesen gibt er in ein Formular ein, woraufhin ein zuvor verschlüsseltes Passwort entschlüsselt wird und zum Einloggen verwendet werden kann.
- Zur Fehlersuche kann ein System-Log ausgegeben werden.
- Aus einer erstellten virtuellen Maschine kann ein Template für spätere virtuelle Maschinen erstellt werden. Dazu müssen lediglich ein Name und eine Beschreibung eingegeben werden.
- Es können auch ohne den Umweg der Erstellung eines Templates direkt weitere virtuelle Maschinen angelegt werden, deren Spezifikationen denen der ausgewählten Maschine gleichen.
- Einfache Operationen auf der virtuellen Maschine sind auch verfügbar: man kann sie löschen, neu starten und starten bzw. stoppen.
- Das kostenpflichtige CloudWatch Monitoring kann ein- bzw. abgeschaltet werden.

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

Neben direkt erstellten virtuellen Maschinen und Spot Instances gibt es eine weitere Art, virtuelle Maschinen zu erzeugen, und zwar über „Reserved Instances“. Über eine Vertragslaufzeit von ein oder drei Jahren „reserviert“ sich der Nutzer eine virtuelle Maschine mit Linux/UNIX als Plattform, einer bestimmten Instanzklasse in einer Rechenzentrumsregion und erhält dadurch günstigere Nutzungsgebühren.

Im Abschnitt „Images“ kann der Nutzer verfügbare Templates, sog. *Amazon Machine Images* (AMIs), verwalten. In einer Tabelle kann man einen Überblick über alle vorhandenen AMIs gewinnen. Diese lassen sich weiter filtern, z.B. nach eigenen AMIs (alle, private oder öffentlich gemachte), AMIs von Amazon, 32-bit- oder 64-bit-AMIs. Für jedes dieser Elemente wird eine ID, die Quelle, die ID des Erstellers, die Sichtbarkeit (also privat oder öffentlich), der Status (z.B. verfügbar), das dem Template zugrundeliegende Betriebssystem und der Root Device Type („EBS“ oder „instance-store“) angezeigt. Auf Anforderung werden des Weiteren der Name, eine Beschreibung, der Produktcode, die Kernel-ID, die RAM Disk-ID, der Imagetyp („Machine Image“, „Kernel Image“ oder „RAM Disk Image“), die Architektur (32- oder 64-bit), die Größe des Templates, mit diesem Template zusammenhängende Snapshots und der Grund für die letzte Statusänderung angezeigt. Unter dem Punkt „Bundle Tasks“ findet man Templates, die man aus Windows-Maschinen generiert hat. Während der Erstellung eines AMIs kann man den Fortschritt verfolgen und die Registrierung des Templates für die Öffentlichkeit in die Wege leiten.

Im „Elastic Block Store“ findet der Nutzer Datenträger. Diese sind nicht mit Amazon S3 zu verwechseln. In Amazon S3 kann man Dateien hochladen, die man zur Einhaltung einer Ordnung in (nicht schachtelbare) Ordner sortieren kann. Dabei ist Amazon S3 nur über die API steuerbar. EBS hingegen sind wie externe Festplatten, die man an virtuelle Maschinen hängen kann. Wenn man einen neuen Datenträger, ein sog. „EBS Volume“ erstellt, wählt man eine gewünschte Größe, eine Rechenzentrumsregion und, falls gewünscht, einen Snapshot, der auf den Datenträger gespielt werden soll. Unter den Snapshots befinden sich z.B. Daten zu vergangenen US-Volkszählungen und Betriebssystem-Installations-Datenträger. Erstellte Datenträger können an virtuelle Maschinen gehängt und wieder gelöst und letztendlich auch wieder gelöscht werden. In einer Übersicht erhält man alle weiteren Daten zu seinem Datenträger. Diese sind eine ID, die Kapazität, ggf. die ID des Snapshots, der auf den Datenträger gespielt wurde, der Erstellungszeitpunkt, die Rechenzentrumsregion, der aktuelle Status und Informationen darüber, wie der Datenträger gerade bei einer virtuellen Maschine eingehängt ist. Von eigenen EBS Volumes kann man ohne großen Aufwand zur Sicherung, mit der Möglichkeit eine Beschreibung einzugeben, eine Kopie erstellen.

Diese Sicherungskopien werden unter „Snapshots“ aufgeführt. Dort findet man unter der Angabe der Snapshot-ID und der ID des Datenträgers, von dem der Snapshot erstellt wurde, der Größe, einer Beschreibung, des Status, des Erstellungszeitpunktes, der Verfügbarkeit und der ID des Erstellers nicht nur die eigenen Sicherungskopien, sondern alle öffentlich verfügbaren Snapshots. Wenn man einen Snapshot ausgewählt hat, kann man direkt einen Datenträger erstellen, auf den dieser Snapshot gespielt wird. Andersherum können hier auch Snapshots erstellt werden; hierzu muss der Nutzer einen seiner Datenträger auswählen und eine kurze Beschreibung eingeben. Für selbst erstellte Snapshots können noch die Rechte gesetzt werden, um zu regeln, wer - außer man selbst - ihn noch benutzen darf. Dazu stellt man seinen Snapshot entweder auf öffentlich oder privat, wobei letzteres durch die Angabe von AWS-Benutzernummern anderer Nutzer für diese freigegeben werden kann.

Im letzten großen Abschnitt der Managementkonsole, „Networking & Security“, kann der Nutzer seine IP-Adressen und Load Balancer, sowie seine Sicherheitsgruppen und Schlüssel-paare verwalten.

Amazon bietet seinen Kunden sog. „Elastic IPs“ an. Wie zuvor erwähnt, bekommen erstellte virtuelle Maschinen nicht automatisch eine IP-Adresse zugewiesen. Diese müssen zunächst freigeschaltet werden. Freigeschaltete Adressen können an virtuelle Maschinen gebunden (und auch wieder gelöst) werden und letztendlich auch wieder freigegeben werden. In einer Übersicht sieht man, welche IP-Adressen man zur Zeit angemietet hat, und an welche Maschinen diese gebunden sind. Der Vorteil, der sich durch dieses Verfahren ergibt ist, dass man somit z.B. in selbst entwickelten Programmen IP-Adressen fest einprogrammieren kann. Dazu kann man sich folgendes Beispiel vorstellen: Man erstellt eine virtuelle Maschine und weist ihr eine IP-Adresse zu. Auf diese IP-Adresse wird von anderer Stelle her statisch zugegriffen. Wenn man nun diese virtuelle Maschine löscht und eine neue an deren Stelle setzen will, kann man garantieren, dass diese neue Maschine die selbe IP-Adresse erhält, wie die zuvor gelöschte. Ohne dieses Verfahren könnte die zuvor noch verwendete und dann freigegebene IP-Adresse an einen anderen Nutzer vergeben werden.

Um eingehende Last auf verschiedene virtuelle Maschinen zu verteilen, bietet AWS Load Balancer an. Ihre Erstellung verläuft in drei Schritten. Im ersten Schritt werden grundlegende Einstellungen vorgenommen. Diese sind der Name des Load Balancers und seine *Listener Configuration*, also Regeln, nach denen die Last verteilt werden soll. Dazu gibt man jeweils für verschiedene Protokolle (z.B. HTTP) entweder für TCP oder UDP, den Port, an dem der Load Balancer Verbindungen annimmt, und den Port der virtuellen Maschinen, an den die Verbindung weitergegeben werden soll, an. Im zweiten Schritt wird ein *Health Check* konfiguriert. Netzverkehr wird nur an „gesunde“ virtuelle Maschinen weitergeleitet. Beim Health Check wird in regelmäßigen Abständen geprüft, welche Maschinen gesund sind. Dazu muss man zunächst den Ping-Befehl, mit dem die Überprüfung durchgeführt wird, konfigurieren. Einstellungen dazu sind das Protokoll, der Port und der Pfad. Danach stellt man ein, wie lange nach dem Ping auf eine Antwort gewartet wird (Response Timeout), wie oft die Überprüfung durchgeführt werden soll (Health Check Interval), und nach wie vielen erfolgreichen oder erfolglosen Tests eine virtuelle Maschine für „gesund“ bzw. „ungesund“ befunden wird (Healthy bzw. Unhealthy Threshold). Im dritten und letzten Schritt müssen noch virtuelle Maschinen ausgewählt werden, deren Last über den erstellten Load Balancer ausgeglichen werden soll. Alle erstellten Load Balancer sind in einer Übersicht mit ihrem Namen und DNS-Namen zu finden. Alle bei der Erstellung getätigten Einstellungen werden aufgelistet und können nachträglich verändert werden.

Im Sicherheitsbereich findet der Nutzer unter „Security Groups“ eine Übersicht seiner Sicherheitsgruppen. Es können auch neue Sicherheitsgruppen erstellt werden; die dazu notwendigen Einstellungen wurden bereits weiter oben erläutert.

Unter „Key Pairs“ findet man seine Schlüsselpaare. Diese sind jeweils mit ihrem Namen und Fingerprint aufgelistet. Bisher gültige Schlüsselpaare können gelöscht werden und neue Schlüsselpaare können erstellt werden. Bei der Erstellung ist nur die Angabe eines Bezeichners nötig. Weitere Einstellungsmöglichkeiten sind nicht gegeben.

In Abb. 3.15 und Abb. 3.16 ist die erweiterte Sitemap für die Amazon EC2 Managementkonsole dargestellt.

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

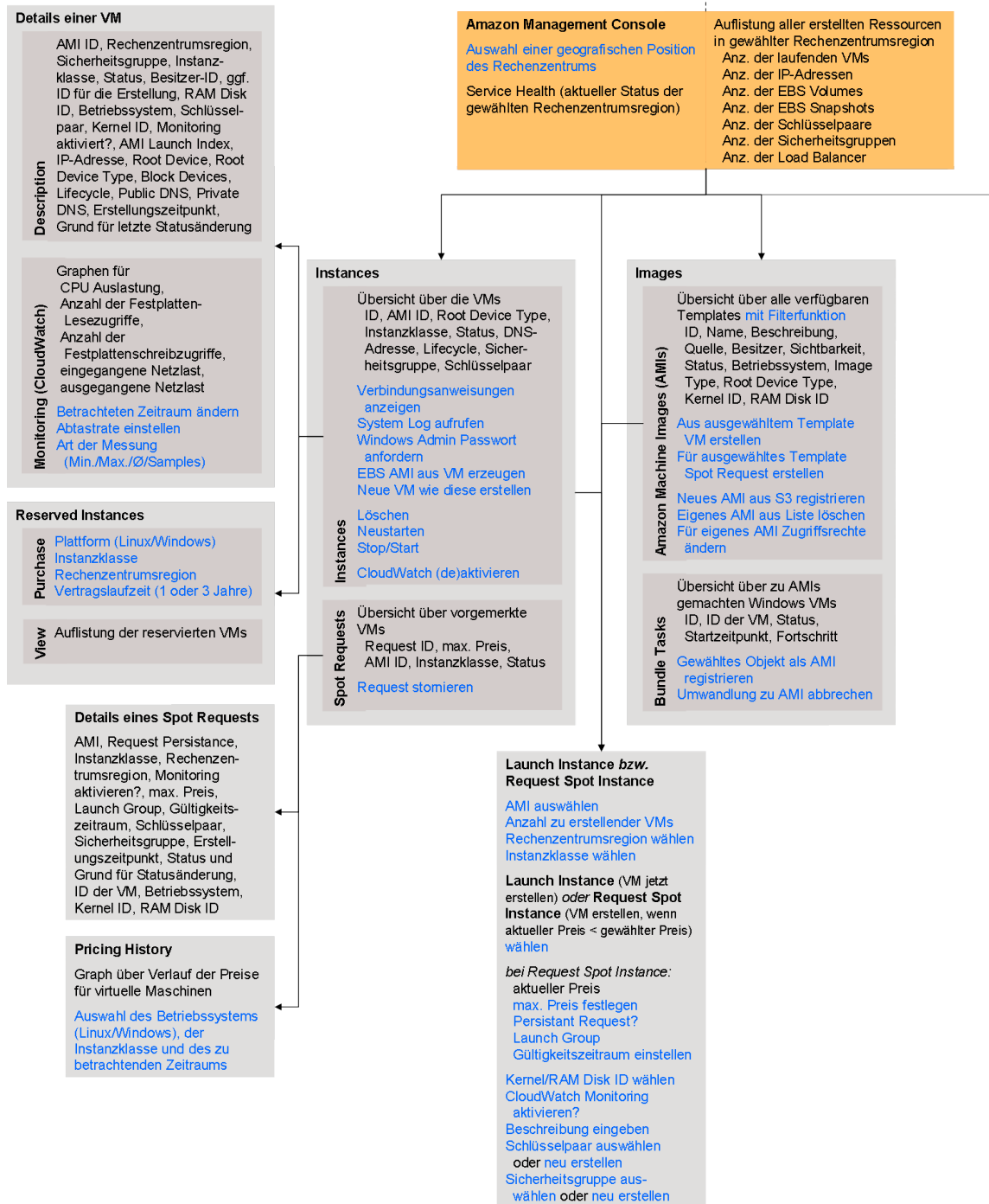


Abbildung 3.15.: Sitemap der Amazon EC2 Managementkonsole (Teil 1/2)

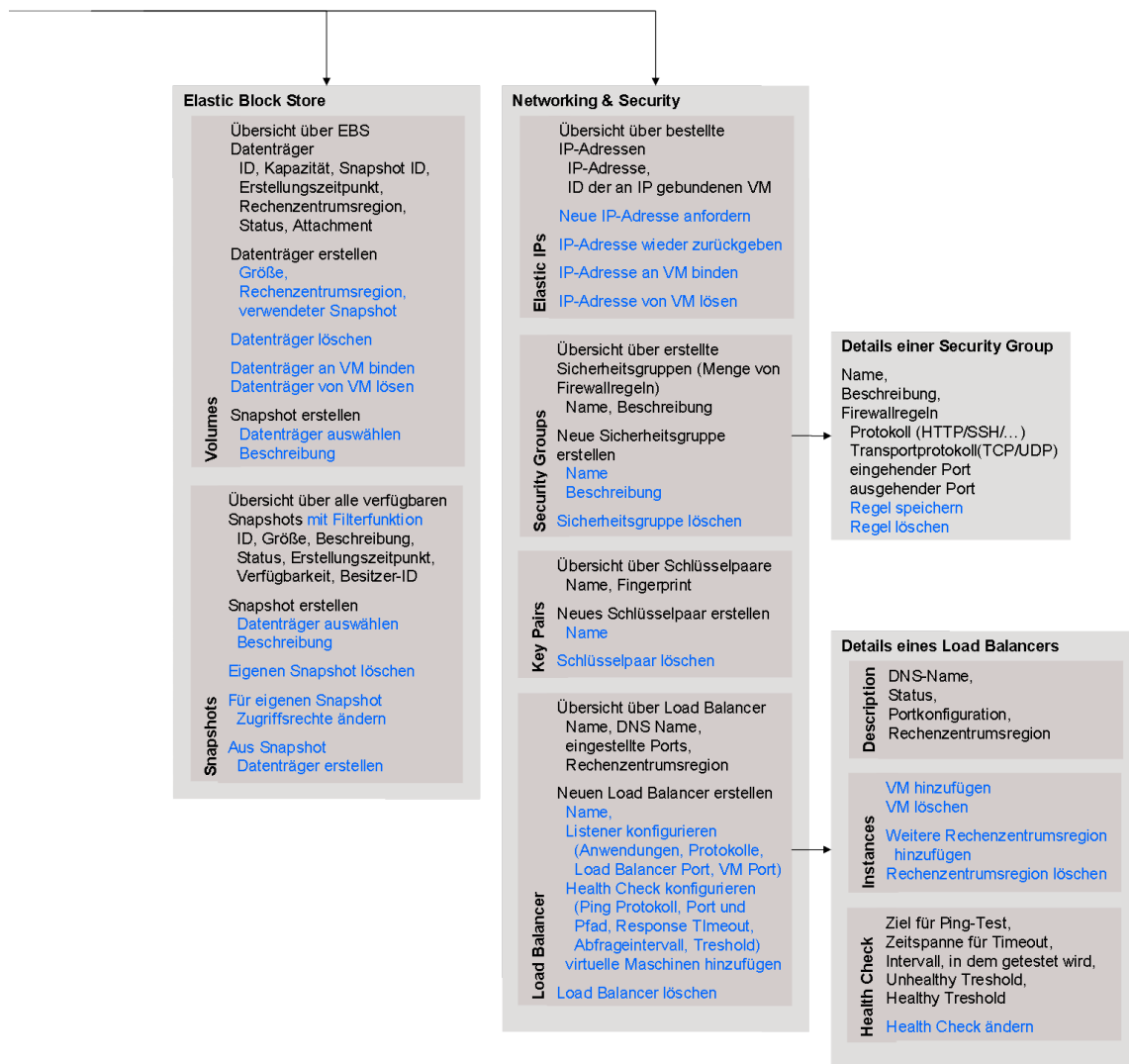


Abbildung 3.16.: Sitemap der Amazon EC2 Managementkonsole (Teil 2/2)

## 3.6. Zimory Enterprise Cloud

Die letzte in dieser Arbeit behandelte Cloud Computing-Lösung, Zimory Enterprise Cloud, wird nun untersucht. Auch hier wird zunächst eine kurze Einführung in das Produkt geboten, ehe die Bestandsaufnahme der Kundenseite des Cloud-Portals durchgeführt wird.

### 3.6.1. Erläuterung

Zimory ist als Ableger der Deutschen Telekom entstanden und hat seinen Hauptsitz in Berlin (vgl. [Zim09b]). Das Konzept, das hinter der Public Cloud von Zimory steht, ist ein anderes als bei den anderen getesteten Produkten, denn es werden nicht Ressourcen aus Zimory-eigenen Rechenzentren angeboten. Unternehmen können in ihren Rechenzentren den Zimory-Manager implementieren und damit anderen Unternehmen überschüssige Rechenzentrumskapazitäten anbieten. Die Zimory-Technologie versucht dabei, die in den Rechenzentren existierenden Technologien transparent zu halten und eine einheitliche Cloud anzubieten. Das Ziel ist, bei überschüssiger Kapazität diese zu vermieten, und andersherum, bei einem Bedarf, der nicht mehr aus eigenen Ressourcen gedeckt werden kann, Kapazitäten über die Cloud zu beziehen (vgl. [Zim09a]). Das Cloud-Portal dient dabei als eine Art Marktplatz, auf dem diese Ressourcen angeboten und bezogen werden können.

Die Private Cloud-Variante, die hier verwendete Zimory Enterprise Cloud, funktioniert ähnlich, jedoch gehören die in der Cloud zusammengefassten Rechenzentren alle zu einem Unternehmen. Im Projektaufbau für die vorliegende Arbeit besteht die Cloud gar nur aus zwei Hosts, die das Rechenzentrum bilden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde zunächst ein Update von Version 0.4.2 auf Version 0.5.2 durchgeführt. Da in diesem frühen Release noch kein automatischer Updatemechanismus implementiert war, musste das Update manuell auf allen zur Cloud zugehörigen Rechnern (ein Firewall-Rechner, ein zentraler Rechner, der die Cloud-Logik umsetzt, sowie zwei Hosts, auf denen die virtuellen Maschinen laufen sollen) aufgespielt werden. Dies beinhaltete neben dem Entpacken und dem richtigen Überschreiben alter Dateien vor allem das Ändern von Konfigurationsdateien und Registrieren der Rechner untereinander. In künftigen Releases wird der Update-Mechanismus jedoch bereits soweit automatisiert sein, dass alte Konfigurationen vollständig übernommen werden.

Trotz des offensichtlich anderen Ansatzes im Vergleich zu den bisher getesteten Lösungen, soll dieses Produkt mit in die Bestandsaufnahme aufgenommen werden. Denn für den Nutzer soll die tatsächliche Implementierung der Cloud-Technologie, sei es eine Public Cloud oder eine Private Cloud, transparent (verborgen) bleiben. Somit ist die unterschiedliche technische Umsetzung zweitrangig; vielmehr zählen die Funktionalitäten, die dem Nutzer hier geboten werden.

### 3.6.2. Bestandsaufnahme

Die Zimory Enterprise Cloud bietet dem Nutzer auf der Startseite seines Cloud-Portals einen kurzen Überblick über aktuell angefallene Gebühren und die Auslastung seiner virtuellen Maschinen. Die Kostenübersicht zeigt die aktuellen Gesamtgebühren, die in Gebühren für die Laufzeit der virtuellen Maschinen, Speicherbedarf und ein- und ausgegangene Netzlast aufgeschlüsselt sind. Die Auslastung der virtuellen Maschinen ist gegliedert in den Verlauf der Prozessor-, Arbeitsspeicher-, Hintergrundspeicher- und Netzauslastung. Weitere Bereiche

des Portals gliedern sich in „My Deployments“, „Clouds“, „View statistics“, „My Account“ und FAQ, die nun genauer erläutert werden sollen.

#### Verwaltung der virtuellen Maschinen

Das Kernstück von „My Deployments“ ist die Übersicht über die aktuell vorhandenen virtuellen Maschinen (diese werden bei Zimory *Deployments* genannt). Es handelt sich um eine Liste mit einer Suchfunktion. Die Elemente der Liste sind virtuelle Maschinen, deren aktueller Status direkt ablesbar ist. Grundlegende Operationen können von dort aus ausgeführt werden. Dazu gehören das Starten und Stoppen einer virtuellen Maschine, das Löschen und Zerstören, sowie das Erstellen eines Backups. Ferner erhält man über VNC Zugriff auf eine Konsole über den Web-Browser. Die Ausführung dieser Operationen wird im Log mitprotokolliert. Durch einen Klick auf den Namen der virtuellen Maschine erhält man nähere Angaben. Diese sind

- der Name der „Teil-Cloud“ oder des Rechenzentrums, in der/in dem die virtuelle Maschine ausgeführt wird
- die Laufzeit in Stunden sowie das Datum, an dem die virtuelle Maschine erzeugt wurde
- die Anzahl der zugewiesenen Prozessoren
- die Größe des Arbeitsspeichers
- die Kapazität des Hintergrundspeichers
- das Volumen des ein- und ausgehenden Netzverkehrs
- die interne IP-Adresse
- die externe IP-Adresse (über diese kann man die virtuelle Maschine z.B. über SSH ansprechen oder als Webserver verwenden.)
- der Name des Templates, aus dem die virtuelle Maschine erzeugt wurde

Für jede virtuelle Maschinen kann der Nutzer sogenannte „Automation rules“ erstellen. Das sind ereignisgesteuerte Aktionen, die entweder durch eine bestimmte CPU-Auslastung oder zeitgesteuert ausgelöst werden. Bei ersteren legt man eine gewisse minimale oder maximale CPU-Auslastung fest, die bei Über- oder Unterschreitung für eine festgelegte Zeitspanne zu einer Aktion führt. Bei den zeitgesteuerten Regeln legt man ein Intervall fest, nach dem jeweils eine bestimmte Aktion ausgeführt werden soll. Diese Aktionen sind entweder ein Storeback (zurücksetzen), ein Snapshot (erstellen eines Backups) oder ein Clone (duplizieren der virtuellen Maschine). Eine weitere Funktionalität, die dem Nutzer zur Verfügung steht, ist die Verwaltung von Backups. Zu jeder virtuellen Maschine gibt es eine Liste von Backups, aus denen man neue Deployments generieren kann. Der Vorteil hierbei ist, dass man sich virtuelle Maschinen mit eigenen Einstellungen, Installationen, Softwareupdates u.ä. vorkonfigurieren kann, und später neue virtuelle Maschinen nicht mehr aus einem Standard-Template erstellt, sondern auf seine eigenen modifizierten Templates zugreifen kann. Beim Erstellen neuer Deployments aus einem Backup hat man die Möglichkeit, den Namen, die Größe des Arbeitsspeichers und die Anzahl der virtuellen CPUs zu bestimmen, sowie ob man eine externe IP-Adresse wünscht, oder nicht.

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

Natürlich können Deployments auch aus bereits vorhandenen Templates erstellt werden. Dazu wird zunächst eine *Appliance* (ein Template für eine virtuelle Maschine) gewählt. Nachdem ein Name für die virtuelle Maschine eingegeben wurde, kann der Anwender auswählen, ob es sich um ein privates Deployment handelt<sup>9</sup> und ob es zu einem bestimmten Cluster gehören soll<sup>10</sup>. Ferner können Einstellungen bezüglich der Anzahl der *Performance Units*<sup>11</sup>, der Größe des Arbeitsspeichers, der Anzahl der Prozessoren und der Vergabe einer externen IP-Adresse getroffen werden. Anschließend kann ausgewählt werden, bei welchem Ressourcenanbieter die virtuelle Maschine laufen soll. Dazu kann man zwischen verschiedenen Anbietern, Standorten, Service Leveln (in den Varianten Gold, Silber und Bronze. Wie sich diese auf die Kosten auswirken, wird mit angezeigt.), Virtualisierungstechniken (z.B. Xen) und Architekturen (32-bit- oder 64-bit-Architektur) wählen. Optional kann noch eine Start- und Endzeit für das Deployment angegeben werden.

Um eigene Appliances verwenden zu können, müssen diese zunächst bei einem frei wählbaren Cloud-Betreiber über FTP hochgeladen werden. Nachdem man einen Namen, eine Beschreibung und ggf. Einschränkungen (z.B. für die Nutzung nur an bestimmten Standorten oder nur in Verbindung mit einem bestimmten Service Level) eingegeben hat, wird ein Upload-Ticket generiert. Somit wird das hochgeladene Template dann in das Cloud-Portal eingebunden.

Im Statistik-Bereich erhält man einen Überblick über den Verlauf der Auslastung der CPUs (in Prozent), der Arbeitsspeicher (in GB), der Hintergrundspeicher (in TB) und der angefallenen Netzlast (in MB). Diese Angaben können für einzelne oder für alle virtuellen Maschinen begutachtet werden. Der betrachtete Zeitraum kann auf eine Stunde, einen Tag, eine Woche oder einen Monat eingestellt werden. Eine nicht minder interessante Erkenntnis bringt der „Consumption Brief“, in dem man eine Übersicht über die kostenverursachenden Faktoren Laufzeit, Speicherplatz, eingegangene und ausgegangene Netzlast hat. Diese werden nach virtuellen Maschinen aufgeschlüsselt angezeigt, wobei man einstellen kann, ab welchem Datum die Daten akkumuliert angezeigt werden sollen.

#### Cloud-Verwaltung

Im Bereich „Clouds“ gibt es zunächst eine Übersicht über alle verfügbaren Clouds mit ihrem Anbieter, Standort, Service Level (diese werden auf dieser Seite auch kurz erläutert), Virtualisierungstechnik und Architektur (siehe Abb. 3.17). Mittels einer Filterfunktion kann auch gezielt nach einer Cloud mit bestimmten Ausprägungen dieser Kriterien gesucht werden. Über eine Vergleichsfunktion kann man für mehrere Clouds vergleichen, wie ihre Werte für die maximale Anzahl von CPUs pro Deployment, die höchstmögliche RAM-Größe pro Deployment, die Gesamtzahl an vCpu und der gesamte verfügbare Arbeitsspeicher sind. Über die Cloud-Übersicht hat der Nutzer die Möglichkeit Ressourcen zu reservieren. Dazu muss er angeben, von wann bis wann wie viele Performance Units, wie viel Arbeitsspeicher und

---

<sup>9</sup>Ein privates Deployment kann nur der erstellende Nutzer sehen und nutzen. Ein sog. „public deployment“ hingegen kann von einer ganzen Gruppe genutzt werden. Eine Gruppe besteht aus einem Haupt-Account, und von ihm erstellten Sub-Accounts. Diese Unterteilung wird weiter unten näher erläutert.

<sup>10</sup>Die Funktion „Deploy in Group“ dient dazu, dass eine Gruppe von virtuellen Maschinen möglichst auf einem physikalischen Host oder zumindest in einem Rechenzentrum erstellt werden soll.

<sup>11</sup>Eine Performance Unit ist ein abstrakter Wert, der die Rechenleistung darstellt. Ein Host im Rechenzentrum hat eine bestimmte virtuelle Kapazität, die es erlaubt, eine daraus resultierende Menge an Performance Units anzubieten. Über diese Performance Units kann die Leistung von virtuellen Maschinen miteinander verglichen werden.



wie viele Prozessoren reserviert werden sollen. Reservierungen können auch wieder storniert werden.

Durch einen Klick auf eine Cloud erhält man nähere Angaben zum Betreiber der Cloud (Name des Betreibers mit Link zur Homepage, Adresse, Email-Adresse, Name des Geschäftsführers sowie eine kurze Beschreibung). Des Weiteren können Bestandteile der Service Level Agreements bezüglich Net Speed, Net Redundancy, Verfügbarkeit und Power Redundancy eingesehen werden.

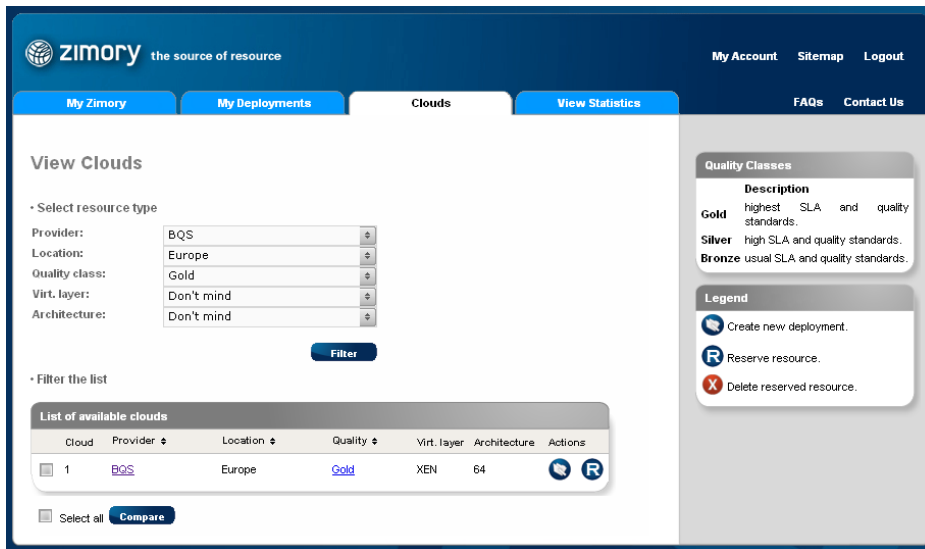


Abbildung 3.17.: Cloud-Verwaltung bei Zimory

## Accountverwaltung & Abrechnungsmanagement

Unter „My Account“ kann der Nutzer seine Kontaktdaten, d.h. seinen Namen, die Abteilung, in der er arbeitet, seine Telefonnummer und seine Email-Adresse, eingeben. Außerdem besteht für ihn die Möglichkeit, bevorzugte Cloud-Server-Standorte und -Anbieter und das bevorzugte Service Level anzugeben.

Der Nutzer kann auch neue User hinzufügen. Durch dieses „Mehrstufige Accounting & Auditing“ gibt es bei Zimory „mehrstufige Anwender“. Der Haupt-Account ist für die Rechnungen zuständig und kann Ressourcen für seine Sub-Accounts freischalten. Bei der monatlichen Abrechnung werden die Kosten dann jeweils für den Haupt-Account und die verschiedenen Sub-Accounts aufgeschlüsselt (vgl. [Zim09c]). Der Haupt-Account und seine Sub-Accounts ergeben zusammen eine Gruppe, die, wenn es gewünscht ist, gemeinsame Deployments nutzen kann.

## Support

Hinter dem Punkt FAQ verbergen sich Antworten auf häufig gestellte Fragen, die Personen, die im Umgang mit dem System noch sehr unerfahren sind, erste Hilfestellungen bieten. Über ein Kontaktformular auf der Startseite kann Kontakt mit Zimory aufgenommen werden.

In Abb. 3.18 ist die erweiterte Sitemap des Zimory Cloud-Portals abgebildet.

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

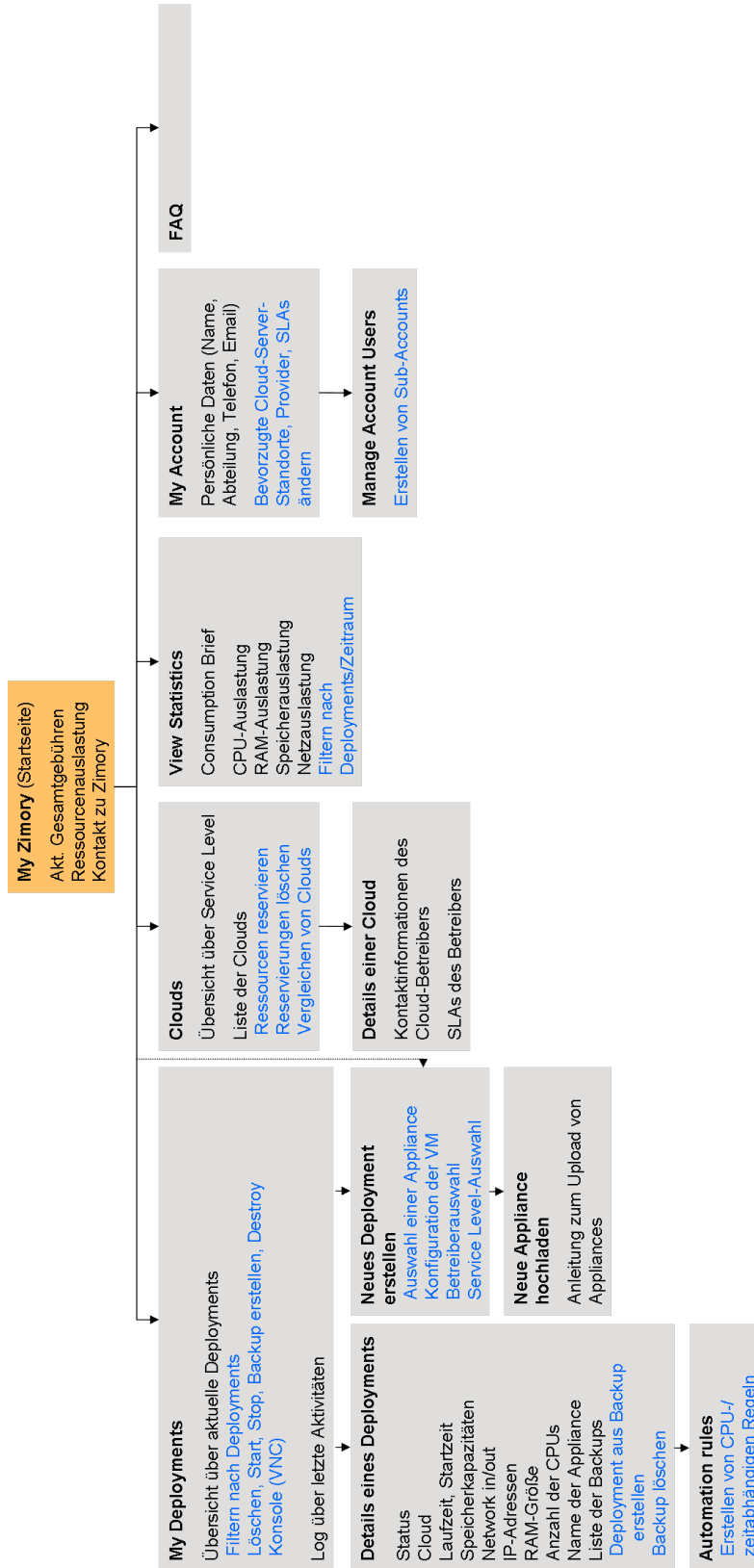


Abbildung 3.18.: Sitemap des Zimory Cloud-Portals

### 3.7. Zusammenfassung der Bestandsaufnahmen

Die durch die Bestandsaufnahmen der einzelnen Cloud Computing-Lösungen gewonnenen Erkenntnisse werden nun zusammengefasst. Der Übersichtlichkeit halber werden die Befunde grob kategorisiert. In Tab. 3.2 werden alle gefundenen Funktionalitäten jeweils mit einem Vermerk, welches Produkt diese Funktionalität bereitstellt, aufgeführt.

Folgende Symbole werden dabei verwendet:

- •: Bei dieser Lösung wurde die Funktionalität gefunden.
- ⊙: Diese Funktion ist nur in Kombination mit einer anderen ausführbar. Wenn z.B. die Größe des Arbeits- und des Hintergrundspeichers nur gemeinsam eingestellt werden können, tragen beide Tabellenzellen dieses Symbol.
- †: Diese Funktionalität ist verfügbar, aber kostenpflichtig.

Des Weiteren wird in der folgenden Tabelle VM als Abkürzung für virtuelle Maschine verwendet.

| ∇Funktionalität / gefunden bei                | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|---|-----------|--------|------------|--------|--------|
| web-basiertes Cloud-Portal                    | •         | •      | •          | •      | •      |
| Verwendung von Produkten von Drittanbietern   | •         |        |            | •      |        |
| Root-Zugang zu VMs                            | •         | •      | •          | •      | •      |
| CDN-Nutzung für Webserver                     |           | †      |            |        |        |
| <b>Erstellung neuer VMs</b>                   |           |        |            |        |        |
| Name definieren                               | •         | •      | •          |        | •      |
| Beschreibung definieren                       |           | •      |            | •      |        |
| aus Auswahl externe IP-Adresse wählen         |           | •      |            |        |        |
| zufällige externe IP-Adresse beantragen       |           |        |            |        | •      |
| Anzahl der Prozessoren definieren             |           |        |            | ⊙      | •      |
| RAM-Größe definieren                          | ⊙         | •      | •          | ⊙      | •      |
| Hintergrundspeichergröße def.                 | ⊙         |        | •          | ⊙      |        |
| Kernel-ID, RAM Disk-ID def.                   |           |        |            | •      |        |
| Public Key-Schlüsselpaar auswählen            |           |        |            | •      |        |
| Menge von Firewallregeln auswählen            |           |        |            | •      |        |
| mehrere VMs mit den gleichen Werten erstellen |           |        |            | •      |        |
| Zuordnung zu Abrechnungs-Package              |           |        | •          |        |        |
| VM für Sub-Accounts zugänglich?               |           |        |            |        | •      |

Legende: •: hier gefunden ⊙: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

| ∇Funktionalität / gefunden bei▷                       | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|---|-----------|--------|------------|--------|--------|
| räumliche Nähe für Gruppe von VMs?                    |           |        |            |        | •      |
| Anzahl der Performance Units                          |           |        |            |        | •      |
| Ressourcenanbieter wählen                             |           |        |            |        | •      |
| Start- und Endzeit festlegen                          |           |        |            |        | •      |
| <b>Templates für neue VMs</b>                         |           |        |            |        |        |
| diverse Linux-Distributionen                          | •         | •      | •          | •      | •      |
| Windows Server  |           | •      | •          | •      |        |
| Windows Server mit SQL                                |           | •      |            | •      |        |
| 32-/64-bit-Systeme                                    |           | •      | •          | •      | •      |
| <b>Spot Request</b> (VMs ab bestimmtem Preis anlegen) |           |        |            |        |        |
| Preishistorie   |           |        |            | •      |        |
| Request bei Terminierung neu starten                  |           |        |            | •      |        |
| gemeinsamer Start aller VMs                           |           |        |            | •      |        |
| Aufistung aller Ressourcen auf einen Blick            |           | •      | •          | •      | •      |
| <b>Übersicht über die VMs</b>                         |           |        |            |        |        |
| Name  | •         | •      | •          |        | •      |
| Status  | •         | •      | •          | •      | •      |
| ID  |           |        | •          | •      |        |
| Beschreibung  |           | •      |            |        |        |
| Betriebssystem  |           | •      | •          |        |        |
| externe IP-Adresse                                    |           | •      |            |        |        |
| Hostname  |           |        |            | •      |        |
| Anzahl der Prozessoren                                |           |        | •          |        |        |
| RAM-Größe   | •         |        | •          |        |        |
| ID des verwendeten Templates                          |           |        |            | •      |        |
| Instanzklasse   |           |        |            | •      |        |
| Art des verwendeten Datenträgers                      |           |        |            | •      |        |
| Lebenszyklus-Status                                   |           |        |            | •      |        |
| <b>weitere Serverdetails</b>                          |           |        |            |        |        |
| gerade durchgeführte Aktion                           | •         |        | •          | •      | •      |
| Betriebszustand des Servers                           | •         |        |            |        |        |
| aktuelle Last der VM                                  | •         |        |            |        |        |
| Alter in Tagen  | •         |        |            |        |        |
| Erstellungszeitpunkt                                  |           |        |            | •      | •      |
| Laufzeit in Stunden                                   |           |        |            |        | •      |
| RAM-Größe   | •         |        |            |        | •      |

Legende: •: hier gefunden ©: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3.7. Zusammenfassung der Bestandsaufnahmen

| ▽Funktionalität / gefunden bei>                    | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|--|-----------|--------|------------|--------|--------|
| Hintergrundspeichergröße                           | •         |        | •          |        | •      |
| Anzahl der Prozessoren                             |           |        |            |        | •      |
| eingegangene Netzlast                              | •         |        |            |        | •      |
| ausgegangene Netzlast                              | •         |        |            |        | •      |
| externe IP-Adresse                                 | •         |        | •          | •      | •      |
| interne IP-Adresse                                 |           |        |            |        | •      |
| interner Hostname                                  |           |        |            | •      |        |
| Name des Rechenzentrums                            | •         |        |            |        | •      |
| Rechenzentrumsregion                               |           |        |            | •      |        |
| ID des Besitzers                                   |           |        |            | •      |        |
| Reservation ID                                     |           |        |            | •      |        |
| Kernel-ID  |           |        |            | •      |        |
| RAM Disk-ID  |           |        |            | •      |        |
| Plattform (Windows/Linux)                          |           |        |            | •      |        |
| AMI Launch Index                                   |           |        |            | •      |        |
| Root Device  |           |        |            | •      |        |
| Block Device                                       |           |        |            | •      |        |
| Grund für letzte Statusänderung                    |           |        |            | •      |        |
| Abrechnungsdaten der VM                            |           |        | •          |        |        |
| Benutzername und Passwort für Root-Zugang          |           |        | •          |        |        |
| Name des zugrundeliegenden Templates               |           |        | •          |        | •      |
| Informationen über Netzwerkkarten                  |           |        | •          |        |        |
| VLANs, in denen die VM ist                         |           |        | •          |        |        |
| Abrechnungs-Package, in dem die VM ist             |           |        | •          |        |        |
| <b>VM verändern</b>                                | •         |        | •          |        |        |
| RAM-Größe ändern                                   | ⊙         |        | •          |        |        |
| Hintergrundspeichergröße ändern                    | ⊙         |        |            |        |        |
| Festplatte entfernen                               |           |        | •          |        |        |
| neue Festplatte hinzufügen                         |           |        | •          |        |        |
| Anzahl der Prozessoren ändern                      |           |        | •          |        |        |
| Netzwerkkarten entfernen                           |           |        | •          |        |        |
| neue Netzwerkkarte für vorhandenes VLAN hinzufügen |           |        | •          |        |        |
| neue Netzwerkkarte für neues VLAN hinzufügen       |           |        | •          |        |        |
| der VM weitere IP-Adressen zuweisen                |           |        | •          |        |        |

Legende: •: hier gefunden ⊙: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

| ▽Funktionalität / gefunden bei▷   | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|---|-----------|--------|------------|--------|--------|
| für gegebene IP-Adressen Firewall hinzufügen  |           |        | •          |        |        |
| Rollback der Veränderungen möglich  | •         |        |            |        |        |
| <b>Interaktionen mit der VM</b>   |           |        |            |        |        |
| VM löschen  | •         | •      | •          | •      | •      |
| Name ändern   | •         |        |            |        |        |
| Starten   |           | •      | •          | •      | •      |
| Hochfahren  |           |        | •          |        |        |
| Stoppen   |           |        | •          | •      | •      |
| Herunterfahren  |           |        | •          |        |        |
| Neustarten  | •         | •      | •          | •      |        |
| Zerstören   |           |        |            |        | •      |
| Interaktionen verzögert ausführen   |           |        | •          |        |        |
| Konsolenzugriff auf die VM  | •         |        |            |        | •      |
| Rescue-Modus  | •         |        |            |        |        |
| Server aus selbem Template mit selber IP-Adresse neu aufsetzen                      | •         |        |            |        |        |
| weitere VM mit gleichen Ausgangswerten erstellen                                    |           |        |            | •      |        |
| Netzwerktest: VM oder lokalen Host anpingen   | •         |        |            |        |        |
| <b>Zugriff auf VM mit...</b>  |           |        |            |        |        |
| Public Key-Verfahren  |           |        |            | •      |        |
| Public Key-Schlüsselpaar generieren   |           |        |            | •      |        |
| Public Key-Schlüsselpaar löschen  |           |        |            | •      |        |
| Passwort  | •         | •      | •          |        | •      |
| Passwort zurücksetzen   | •         |        |            |        |        |
| Passwort ändern   |           | •      |            |        |        |
| Benutzername und Passwort per Email   | •         |        |            |        |        |
| <b>Automatisch ausgelöste Aktionen</b>  |           |        |            |        |        |
| CPU-Auslastung als Trigger  |           |        |            |        | •      |
| Zeit als Trigger  |           |        |            |        | •      |
| Aktion: VM zurücksetzen   |           |        |            |        | •      |
| Aktion: Snapshot erstellen  |           |        |            |        | •      |
| Aktion: Duplizieren der VM  |           |        |            |        | •      |
| Legende: •: hier gefunden ©: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig |           |        |            |        |        |

### 3.7. Zusammenfassung der Bestandsaufnahmen

| ▽Funktionalität / gefunden bei>                      | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|--|-----------|--------|------------|--------|--------|
| <b>File-Storage</b>                                  | •         |        |            | •      |        |
| Verwaltung über Cloud-Portal                         | •         |        |            |        |        |
| Verwaltung über API                                  | •         |        |            | •      |        |
| Dateien zugänglich über CDN                          | •         |        |            |        |        |
| Log über Zugriffe                                    | •         |        |            |        |        |
| <b>virtuelle Datenträger</b>                         |           | •      |            | •      |        |
| unbegrenzte Größe                                    |           | •      |            |        |        |
| maximale Anzahl                                      |           | 1      |            | -      |        |
| Auswahl eines phys. Standorts                        |           |        |            | •      |        |
| Datenträger an VM hängen und lösen                   |           |        |            | •      |        |
| Snapshot aufspielen                                  |           |        |            | •      |        |
| Snapshot erstellen                                   |           |        |            | •      |        |
| Datenträger aus Snapshot erstellen                   |           |        |            | •      |        |
| öffentlich verfügbare Snapshots                      |           |        |            | •      |        |
| Rechte setzen, Snapshot öffentlich machen            |           |        |            | •      |        |
| <b>IP-Adressen</b>                                   |           |        |            |        |        |
| dem Nutzer fest zugewiesen                           |           | •      | •          | †      |        |
| dynamisch  | •         |        |            |        | •      |
| einzelne IP-Adresse beantragen                       |           |        |            | †      |        |
| Anzahl an kostenfrei zugewiesenen int./ext. Adressen |           | 254/10 | /29-Netz   |        |        |
| mehr IP-Adressen beantragbar                         |           | •      | •          |        |        |
| IP-Adresse an VM binden/von VM lösen                 |           |        |            | •      |        |
| <b>private VLANs</b>                                 |           |        | •          |        |        |
| ein oder mehrere IP-Blöcke pro VLAN                  |           |        | •          |        |        |
| Anzeige der Adressverwendung im Block                |           |        | •          |        |        |
| Anzeige der im VLAN befindlichen VMs                 |           |        | •          |        |        |
| <b>DNS-Management</b>                                | •         | •      | •          |        |        |
| der VM eine Domain zuweisen                          | •         |        |            |        |        |
| DNS-Einträge erstellen                               | •         |        |            |        |        |
| Reverse DNS Management                               | •         | •      | •          |        |        |
| Domain beim Anbieter registrieren                    |           | •      |            |        |        |
| eigene Nameserver einbinden                          |           | •      |            |        |        |

Legende: •: hier gefunden ©: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

| ▽Funktionalität / gefunden bei▷                           | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|---|-----------|--------|------------|--------|--------|
| <b>Firewalls</b>  |           |        |            |        |        |
| Verwaltung für jede...                                    |           |        | IP         | VM     |        |
| Speicherung der Einstellung jedes Mal neu                 |           |        | •          |        |        |
| Speicherung in Sicherheitsgruppen                         |           |        |            | •      |        |
| Verwendung von iptables-ähnlichen Regeln                  |           |        | •          | •      |        |
| <b>Load Balancer</b>                                      |           |        |            |        |        |
| max. Anzahl   |           | 3      |            | -      |        |
| Name definieren   |           | •      |            |        |        |
| Beschreibung definieren                                   |           | •      |            |        |        |
| IP-Adresse & Port für eingehende Verbindungen definieren  |           | •      |            | •      |        |
| IP-Adresse & Port, an die weitergeleitet wird, definieren |           | •      |            | •      |        |
| Einstellen von Protokollen                                |           |        |            | •      |        |
| Verteilungsalgorithmen                                    |           | •      |            |        |        |
| Load Balancer Persistence (Ziel abhängig von Quelle)      |           | •      |            |        |        |
| Health Checks Konfiguration                               |           |        |            | •      |        |
| <b>Monitoring</b>   |           |        |            |        |        |
| Überwachung der VMs durch den Betreiber                   |           |        | †          |        |        |
| Monitoring ein-/ausschalten                               |           |        |            | •      |        |
| grafische Darstellung der Netzlast eines VLANs            |           |        | •          |        |        |
| verschiedene Zeiträume für VLAN-Netzlast-Grafik           |           |        | •          |        |        |
| <b>Nutzungsdaten für jede VM</b>                          |           |        |            |        |        |
| reservierte Speicherkapazitäten                           | •         |        |            |        | •      |
| Kosten für Speicherkapazitäten                            | •         |        |            |        | •      |
| genutzte Netzkapazitäten                                  | •         |        | •          |        | •      |
| Kosten für Netzkapazitäten                                | •         |        | •          |        | •      |
| Laufzeit  | •         |        | •          |        | •      |
| Kosten für Laufzeit                                       | •         |        | •          |        | •      |
| Gesamtkosten für die VM                                   | •         |        |            |        | •      |
| Startzeitpunkt für Ansicht wählbar                        |           |        |            |        | •      |

Legende: •: hier gefunden ©: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig



### 3.7. Zusammenfassung der Bestandsaufnahmen

| ▽Funktionalität / gefunden bei>  | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon  | Zimory |
|--|-----------|--------|------------|---------|--------|
| Speichern von Statistik-Snapshots mit CPU-Auslastung, -Zeit, Platten-I/O-Operationen, ein-/ausgehende Netzlast | •         |        |            |         |        |
| Anz. I/O-Operationen pro Sek. (letzte 4 Stunden)   | •         |        |            |         |        |
| <b>Nutzungsdaten aller VMs zusammenaddiert</b>   | •         |        |            |         | •      |
| für CPU  |           |        |            |         |        |
| für CPU, grafisch  |           |        |            |         | •      |
| für RAM  |           |        |            |         |        |
| für RAM, grafisch  |           |        |            |         | •      |
| für Hintergrundspeicher  | •         |        |            |         |        |
| für Hintergrundspeicher, grafisch  |           |        |            |         | •      |
| für Netzlast   | •         |        |            |         |        |
| für Netzlast, grafisch   |           |        |            |         | •      |
| <b>Nutzungsdaten im XML- oder CVS-Format</b>   |           |        |            | •       |        |
| Zeitraum wählbar   |           |        |            | •       |        |
| Granularität wählbar   |           |        |            | •       |        |
| <b>Statistik grafisch für einzelne VM</b>  |           |        |            | †       | •      |
| CPU-Auslastung   |           |        |            | †       | •      |
| RAM-Auslastung   |           |        |            |         | •      |
| Hintergrundspeicher-Auslastung   |           |        |            |         | •      |
| Anzahl der Festplatten-Lese-/Schreibzugriffe   |           |        |            | †       |        |
| Netzlast an einer VM   |           |        |            | †       | •      |
| Grafik für eine/alle VMs   |           |        |            |         | •      |
| Zeiträume: 1 Std bis unterschiedliche Abtastraten  |           |        |            | 2 Woch. | 1 Mon. |
| Minima/Maxima/akkumuliert/Samples  |           |        |            | †       |        |
| <b>aktuelle Gebühren auf der Startseite</b>  |           | •      |            |         | •      |
| Gesamtgebühren   |           |        |            |         | •      |
| Kosten für RAM   |           | •      |            |         |        |
| verwendeter RAM  |           | •      |            |         |        |
| Dauer der Verwendung   |           | •      |            |         |        |

Legende: •: hier gefunden ©: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

| ∇Funktionalität / gefunden bei▷                                | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|--|-----------|--------|------------|--------|--------|
| Hochrechnung der Kosten auf den Monat                          |           | •      |            |        |        |
| RAM-GB-Stunden hochgerechnet                                   |           | •      |            |        |        |
| Kosten für Netzlast angefallene Netzlast                       |           | •      |            |        | •      |
| Hochrechnung der Kosten auf den Monat                          |           | •      |            |        |        |
| Kosten für Laufzeit  |           |        |            |        | •      |
| Kosten für Speicherbedarf                                      |           |        |            |        | •      |
| <b>Benutzerverwaltung</b>                                      |           |        |            |        |        |
| Account-Passwort ändern  | •         |        | •          |        |        |
| Account löschen  | •         | •      |            |        |        |
| neue (Sub-)Accounts erstellen                                  |           | •      |            |        | •      |
| Rollen für (Sub-)Accounts                                      |           | •      |            |        |        |
| Anschrift des Account-Inhabers                                 | •         |        | •          | •      | •      |
| Rechnungsadresse   | •         | •      | •          |        |        |
| technischer Kontakt  | •         |        | •          |        |        |
| Adresse des Administrators                                     | •         |        |            |        |        |
| <b>Billing</b>   |           |        |            |        |        |
| Kreditkarte ändern   | •         | •      | •          | •      |        |
| Rechnungen mit Kreditkarte bezahlen                            | •         |        |            |        |        |
| Angabe einer UStId-Nr  | •         |        |            |        |        |
| Zuordnung von VMs zu Abrechnungs-Packages                      |           |        | •          |        |        |
| Kosten nach (Sub-)Accounts aufgeschlüsselt                     |           |        |            |        | •      |
| eine Rechnung für mehrere Accounts                             |           |        |            | •      |        |
| Guthaben kaufen  |           |        | •          |        |        |
| Guthaben einsehen  |           |        | •          |        |        |
| Gutschriften einsehen  |           |        | •          |        |        |
| Abgerechnete Kosten einsehen                                   |           |        | •          | •      |        |
| noch offene Rechnungen einsehen                                |           |        | •          |        |        |
| Quittungen über bezahlte Rechnungen einsehen                   |           | •      | •          |        |        |
| Zahlungen oder Abrechnungen als PDF                            | •         |        |            |        |        |
| <b>Abrechnungsmodi</b>   |           |        |            |        |        |
| Reserved Instances (Preisvorteil durch längerfristige Bindung) |           |        |            | †      |        |

Legende: •: hier gefunden ☉: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3.7. Zusammenfassung der Bestandsaufnahmen

| ▽Funktionalität / gefunden bei>   | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|---|-----------|--------|------------|--------|--------|
| Account Plan: 5 Tarifvarianten mit unterschiedlichen Grund-/Einheitspreisen |           | •      |            |        |        |
| Pay per use mit monatlicher Abrechnung                                      | •         | •      |            | •      | •      |
| Pay per use mit Vorauszahlung   |           |        | •          |        |        |
| <b>API</b>  |           |        |            |        |        |
| SOAP API  |           |        | •          | •      |        |
| REST API  | •         | •      |            | •      |        |
| Verwendung der API mit Benutzername und Passwort                            |           |        | •          |        |        |
| Zugriff über API Key  | •         | •      |            |        |        |
| API Key verwalten   | •         | •      |            |        |        |
| <b>Sprachanbindungen für...</b>   |           |        |            |        |        |
| Python  |           | •      |            | •      |        |
| PHP   |           | •      | •          | •      |        |
| Java  |           | •      | •          | •      |        |
| C#  |           | •      | •          | •      |        |
| Perl  |           | •      | •          | •      |        |
| bash  |           | •      |            |        |        |
| Ruby  |           | •      | •          | •      |        |
| C++   |           |        | •          | •      |        |
| C   |           |        | •          |        |        |
| VB.Net  |           |        |            | •      |        |
| Code-Beispiele  |           | •      | •          | •      |        |
| <b>Log über letzte Aktivitäten bzgl. der VMs</b>                            |           |        |            |        |        |
| Job-ID  |           |        | •          |        |        |
| Art des Jobs  |           | •      | •          |        |        |
| Start-/Endzeit  |           | •      | •          |        |        |
| Status  |           | •      | •          |        |        |
| Log mit vier Status-Arten   |           | •      |            |        |        |
| Benutzername  |           | •      |            |        |        |
| <b>Log über letzte Aktivitäten im Cloud-Portal</b>                          |           |        |            |        |        |
| mit Uhrzeit   |           |        | •          |        | •      |
| Benutzername  |           |        | •          |        |        |
| <b>System Log einer VM</b>  |           |        |            |        |        |
|   |           |        |            | •      |        |
| <b>Backups von VM erstellen</b>   |           |        |            |        |        |
| max. Anzahl an Backups  | •         |        |            |        | •      |
| max. Anzahl an Backups  | 3         |        |            |        | -      |
| Backup manuell erstellen  | •         |        |            |        | •      |

Legende: •: hier gefunden ©: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

| ∇Funktionalität / gefunden bei▷                      | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|--|-----------|--------|------------|--------|--------|
| automatische Backups (täglich oder wöchentlich)      | •         |        |            |        |        |
| Backups nach Löschen der VM noch verfügbar           | •         |        |            |        |        |
| Rollback der VM auf gespeichertes Backups            | •         |        |            |        |        |
| neue VM aus Backup erstellen                         |           |        |            |        | •      |
| <b>eigene Templates anlegen</b>                      |           | •      |            | •      | •      |
| Image Sandbox (spezielle VM mit Preparation Script)  |           | •      |            |        |        |
| Upload über FTP                                      |           |        |            |        | •      |
| Einschränkungen (Service Level, Standorte) festlegen |           |        |            |        | •      |
| Registrierung des Templates für Öffentlichkeit       |           |        |            | •      | •      |
| aus VM Template erstellen                            |           |        |            | •      |        |
| <b>Übersicht über Templates</b>                      |           | •      |            | •      |        |
| Name   |           | •      |            | •      |        |
| ID   |           |        |            | •      |        |
| Erstellungsdatum                                     |           | •      |            |        |        |
| Quelle   |           |        |            | •      |        |
| ID des Erstellers                                    |           |        |            | •      |        |
| Sichtbarkeit (privat/öffentlich)                     |           |        |            | •      |        |
| Status   |           |        |            | •      |        |
| Grund für letzte Statusänderung                      |           |        |            | •      |        |
| zugrundeliegendes Betriebssystem                     |           | •      |            | •      |        |
| Root Device Type                                     |           |        |            | •      |        |
| Beschreibung   |           |        |            | •      |        |
| Produktcode  |           |        |            | •      |        |
| Kernel-ID  |           |        |            | •      |        |
| Ram Disk-ID  |           |        |            | •      |        |
| Image Typ  |           |        |            | •      |        |
| Größe des Templates                                  |           |        |            | •      |        |
| zum Template gehörende Snapshots                     |           |        |            | •      |        |
| <b>Übersicht über verfügbare Rechenzentren</b>       |           |        |            | •      | •      |
| Anbieter   |           |        |            |        | •      |
| Standort   |           |        |            | •      | •      |
| Service Level  |           |        |            |        | •      |
| Virtualisierungstechnik                              |           |        |            |        | •      |

Legende: •: hier gefunden ☉: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3.7. Zusammenfassung der Bestandsaufnahmen

| ▽Funktionalität / gefunden bei>          | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|--|-----------|--------|------------|--------|--------|
| Anzeige der Architektur                  |           |        |            |        | •      |
| bevorzugten Cloud-Anbieter festlegen     |           |        |            |        | •      |
| bevorzugtes Service Level festlegen      |           |        |            |        | •      |
| Name des Anbieters                       |           |        |            |        | •      |
| Anschrift, Kontaktdaten des Anbieters    |           |        |            |        | •      |
| Name des Geschäftsführers                |           |        |            |        | •      |
| Beschreibung des Rechenzentrums          |           |        |            |        | •      |
| anbieterspezifische SLAs                 |           |        |            |        | •      |
| Ressourcen in Cloud reservieren          |           |        |            |        | •      |
| <b>Vergleichen von Clouds</b>            |           |        |            |        | •      |
| max. Anz. von CPUs pro VM                |           |        |            |        | •      |
| max. RAM-Größe pro VM                    |           |        |            |        | •      |
| Gesamtzahl an vCpu                       |           |        |            |        | •      |
| Gesamt-RAM                               |           |        |            |        | •      |
| <b>Support</b>                           |           |        |            |        |        |
| per Telefon                              | •         | •      | •          |        |        |
| per Live Chat                            | •         | •      |            |        |        |
| per Kontaktformular                      |           |        |            |        | •      |
| Foren                                    | •         | •      |            | •      |        |
| FAQs                                     |           |        |            | •      | •      |
| 24x7 Support                             | •         | •      | •          | †      |        |
| Knowledge Base für Trouble Ticket-System | •         | •      |            |        |        |
| kürzere Antwortzeiten anfordern          |           |        |            | †      |        |
| Ansprechpartner namentlich bekannt       |           |        | •          | †      |        |
| kontextabhängige Hilfe im Cloud-Portal   |           |        | •          |        |        |
| Handbücher/Anleitungen/Wiki              | •         | •      |            | •      |        |
| Hinweise zum Einloggen auf VMs           |           |        |            | •      |        |
| Meldung von geplanten Downtimes          | •         |        | •          |        |        |
| aktueller Betriebszustand                |           |        |            | •      |        |
| <b>Trouble Ticket-System</b>             | •         | •      | •          |        |        |
| Ticketerstellung                         |           |        |            |        |        |
| Betreff                                  | •         |        | •          |        |        |
| Beschreibung des Problems                | •         | •      | •          |        |        |

Legende: •: hier gefunden ©: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen

| ▽Funktionalität / gefunden bei▷                                     | Rackspace | GoGrid  | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|---|-----------|---------|------------|--------|--------|
| Kategorie   | •         | •       |            |        |        |
| Anhang  | •         |         |            |        |        |
| Abteilung, die Ticket erhält  |           |         | •          |        |        |
| eigene Email-Adresse  |           |         | •          |        |        |
| Email-CC-Empfänger  |           | •       |            |        |        |
| betroffene Ressourcen angeben                                       |           | •       |            |        |        |
| Tickets ansehen   |           |         |            |        |        |
| offene Tickets ansehen  | •         | •       | •          |        |        |
| geschlossene Tickets ansehen  | •         | •       | •          |        |        |
| alle Tickets auf einmal ansehen                                     | •         |         |            |        |        |
| Betreff   | •         |         | •          |        |        |
| Status  | •         |         |            |        |        |
| Ticketnummer  | •         |         | •          |        |        |
| Ersteller   | •         |         |            |        |        |
| Erstellungsdatum  | •         |         | •          |        |        |
| Zeitpunkt des letzten Updates                                       | •         |         | •          |        |        |
| gesamter Nachrichtenaustausch einsehbar                             |           |         | •          |        |        |
| Name des zuständigen Mitarbeiters                                   |           |         | •          |        |        |
| <b>SLAs</b>   |           |         |            |        |        |
| Verfügbarkeit außerhalb von Wartungsfenstern                        | 100%      |         |            | 99.95% |        |
| 100% Funktionieren der Cloud Server Hosts                           | •         |         |            |        |        |
| 100% Uptime der Kunden-VMs  |           | •       | •          |        |        |
| Problembehebung innerhalb von 1 Stunde                              | •         |         |            |        |        |
| Ticket-Beantwortung innerhalb von ...                               |           | 2 Std.  | 1 Tag      |        |        |
| Bearbeitung von Notfällen innerhalb von ...                         |           | 30 Min. |            |        |        |
| Migrationen (außer dringenden) werden 24 Stunden vorher angekündigt | •         |         |            |        |        |
| Migration dauert max. ...   | 3 Std.    |         |            |        |        |
| Persistenz der auf den Servern gespeicherten Daten                  |           | •       |            |        |        |
| max. Paketverlust, Latenzzeiten und Jitter im internen Netz         |           | •       |            |        |        |
| max. Latenzzeiten und Jitter im externen Netz                       |           | •       |            |        |        |

Legende: •: hier gefunden ☉: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3.7. Zusammenfassung der Bestandsaufnahmen

| ▽Funktionalität / gefunden bei▷   | Rackspace | GoGrid | FlexiScale | Amazon | Zimory |
|---|-----------|--------|------------|--------|--------|
| 100% Verfügbarkeit des primären DNS   |           | •      |            |        |        |
| 100% Funktionieren der Belüftung und Energieversorgung im Rechenzentrum     | •         |        |            |        |        |
| physische Sicherheit der Serverräume  |           | •      |            |        |        |
| <b>Erstattung von Gebühren bei SLA-Verletzung</b>                           |           |        |            |        |        |
| Rückzahlung der während der Fehler auftrat bezahlten Gebühren um Faktor 100 |           | •      |            |        |        |
| Rückzahlung von 10% der Jahresgebühren                                      |           |        |            | •      |        |

Tabelle 3.2.: Zusammenfassung der Bestandsaufnahme

Legende: •: hier gefunden ©: nur mit anderer Funktion kombiniert †: kostenpflichtig

### 3. Bestandsaufnahme bei existierenden Lösungen



## 4. Umfrage

Neben der Bestandsaufnahme ist die Umfrage der zweite Pfeiler, auf dem der Anforderungskatalog beruht. In diesem Kapitel wird zunächst beschrieben, wie der Fragebogen entwickelt wurde. Anschließend wird erläutert, wie die Umfrage durchgeführt wurde. Im letzten Teilabschnitt dieses Kapitels werden die Umfrageergebnisse analysiert.

### 4.1. Entwicklung des Fragebogens

Die im Fragebogen enthaltenen Fragen gliedern sich von der Systematik her in drei große Bereiche, die in Abb. 4.1 grafisch dargestellt sind.

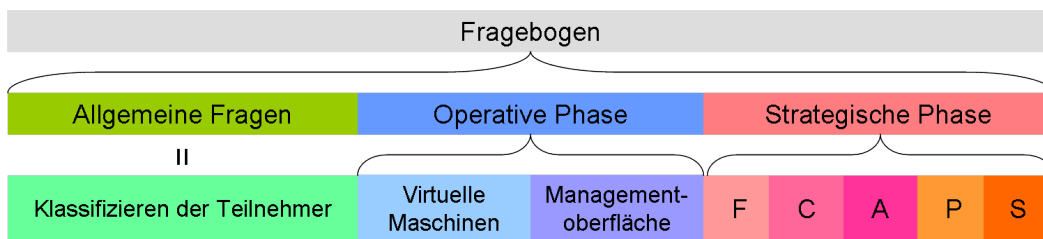


Abbildung 4.1.: Systematik des Fragebogens

Dabei findet eine Anlehnung an eine aus anderen Bereichen bekannte Unterteilung statt. Oft ist es üblich vom operativen und strategischen Geschäft zu sprechen. Daran angelehnt gibt es auch im Fragebogen einen Teil zur operativen Phase, in der der tatsächliche Betrieb der Cloud Computing-Lösung behandelt wird, und einen Teil zur strategischen Phase, der die FCAPS-Managementaufgaben umfasst. Vorangestellt wird noch ein Teil mit allgemeinen Fragen, der dazu dienen soll, die Teilnehmer der Umfrage zu klassifizieren. Im Folgenden sollen die im Fragebogen enthaltenen Fragen motiviert werden. Es sei noch angemerkt, dass die erwähnten Bereiche jedoch nicht die endgültige Reihenfolge im Fragebogen darstellen. Diese wird weiter unten noch näher erläutert.

#### Allgemeine Fragen

Der erste Bereich umfasst allgemeine Fragen. Hierbei soll ein Eindruck über den jeweiligen Teilnehmer gewonnen werden. Dazu wird zunächst gefragt, in welcher Branche sein Unternehmen tätig ist. Für die Umfrage ist auch interessant, zu welcher Gruppe er gehört. Ist der Teilnehmer Cloud Computing-Nutzer (Endanwender), Administrator einer Cloud, Reseller/(kommerzieller) Anbieter einer Cloud Computing-Lösung, Berater für Cloud Computing (IT-Consultant mit dem Schwerpunkt Cloud Computing) oder etwas anderes? Abgerundet wird der allgemeine Bereich mit der Frage, seit wann der Teilnehmer - falls er ein Endanwender ist - Cloud Computing nutzt, bzw. falls der Teilnehmer kein Endanwender ist, sondern eine Cloud Computing-Lösung bereitstellt, seit wann er dies tut.

### Operative Phase

Dieser Teil enthält Fragen über den Betrieb der virtuellen Maschinen und der Managementoberfläche. Dieser Teil könnte auch den Titel „Alltäglicher Einsatz und Zugriff auf die virtuellen Maschinen“ bzw. „Alltäglicher Einsatz und Zugriff auf die Managementoberfläche“ tragen.

**Virtuelle Maschinen** Um zu erfahren, wofür die virtuellen Maschinen verwendet werden, soll der Teilnehmer zunächst typische Anwendungsfälle und Einsatzszenarien beschreiben. Falls der Teilnehmer kein Endanwender ist, soll er, wenn möglich, erläutern, wofür die Cloud Computing-Lösung typischerweise verwendet wird. Danach sollen (unabhängig davon, ob sie angeboten werden oder nicht) verschiedene Zugriffsarten auf die in der Cloud erstellten virtuellen Maschinen bewertet werden. Darunter sind der Zugang über den Web-Browser, über eine Programmierschnittstelle, über einen entfernten Konsolenzugriff (z.B. SSH) und über einen entfernten Desktopzugriff (z.B. nx Client für Linux-Maschinen oder Remote Desktop für Windows-Maschinen).<sup>1</sup> Falls der Teilnehmer noch andere Zugriffsmethoden nutzt, oder gerne nutzen würde, kann er diese gerne angeben.

**Managementoberfläche** Wie beim vorhergehenden Teil soll auch hier erörtert werden, wie auf das Managementinterface der Cloud Computing-Lösung zugegriffen wird und welchen Tätigkeiten dort nachgegangen wird. Diesen Teil können alle Teilnehmergruppen gleichermaßen ausfüllen, obwohl sie sich auf verschiedene Managementinterfaces beziehen. Der Endnutzer nutzt eine Managementoberfläche, in der er z.B. seine virtuellen Maschinen erstellt und verwaltet, wohingegen beispielsweise der Administrator einer Cloud eine Oberfläche nutzt, in der er einen Gesamtüberblick über laufende Instanzen und angemeldete Nutzer sieht. Zuerst sollen verschiedene Zugriffsarten auf das Management der Cloud Computing-Lösung bewertet werden. Interessant ist, wie wichtig dem Teilnehmer der Zugriff auf eine grafische Managementoberfläche über den Web-Browser, der Zugriff über ein gesondertes Programm, die Integration in eigene Programme und der Zugriff über eine Kommandozeile sind. Diese Liste kann durch die Teilnehmer noch erweitert werden. Daraufhin soll noch abgeschätzt werden, wie oft verschiedene Funktionen der Managementoberfläche genutzt werden. Zu bewerten sind

- die Erstellung virtueller Maschinen,
- eine Übersicht über aktuell laufende virtuelle Maschinen,
- die Überwachung des laufenden Betriebs,
- die grundlegende Steuerung der virtuellen Maschinen (z.B. Neustarten und Abschalten),
- das Vornehmen von Änderungen an der Konfiguration der virtuellen Maschinen (z.B. bzgl. der Größe des Arbeitsspeichers oder der Anzahl der Prozessoren),
- das Einsehen von Log-Files,

---

<sup>1</sup>Es werden noch einige Fragen folgen, in denen etwas bewertet werden soll. Wie dies dann tatsächlich in der Umfrage umgesetzt wird, kann in Abschnitt 4.2 gelesen werden.

- das Einstellen von Ereignissen, die einen Alarm auslösen (d.h. die Konfiguration von Triggern, die z.B. bei Überschreitung eines Grenzwerts eine Email-Benachrichtigung an jemanden senden) und
- das Einsehen aktueller Rechnungsdaten.

Dem Teilnehmer wird anschließend noch die Gelegenheit gegeben, weitere Interaktionsmöglichkeiten auf der Managementoberfläche anzugeben, die er nutzt, oder gerne nutzen würde, aber über den Funktionsumfang der aktuell verwendeten Lösung hinausgehen. Diese Frage ist somit von zentraler Bedeutung für den Zweck dieser Arbeit.

### Strategische Phase

Alle weiteren Fragen des Fragebogens sollen die Managementfunktionen nach [HAN99, S. 75–84] abdecken. Dabei orientiert sich der Fragebogen an der FCAPS-Klassifizierung, die die folgenden fünf Funktionsbereiche enthält. Diese sind das Fehlermanagement (Fault Management), Konfigurationsmanagement (Configuration Management), Abrechnungsmanagement und Benutzerverwaltung (Accounting Management), Leistungsmanagement (Performance Management) und Sicherheitsmanagement (Security Management).

**Fehlermanagement** Für das Fehlermanagement ist von Interesse, was der Nutzer einer Cloud Computing-Lösung machen kann, falls Probleme auftreten. Aus diesem Grund wird gefragt, wie der Endanwender bei Problemen mit der Cloud vorgehen kann. Verschiedene Antwortmöglichkeiten werden vorgegeben. Es kann sein, dass Fehlermeldungen zunächst an die eigene IT-Abteilung geleitet werden. Oft haben Nutzer auch die Möglichkeit, in einer *Knowledge Base*, zum Beispiel in Form von FAQs (Frequently Asked Questions) oder Wiki-Seiten, nach einer Lösung zu suchen. Der wohl häufigste Fall ist aber der direkte Kontakt zum Kundenservice des Cloud-Betreibers, sei es über ein Trouble Ticket-System, das in die Managementoberfläche integriert ist, über einen Email- oder Telefonsupport oder direkt vor Ort. Des Weiteren kann der Teilnehmer noch andere Verfahren angeben.

Weitere, für das Fehlermanagement relevante Fragestellungen, sind in andere Fragen integriert. Bei einer Frage bezüglich des Leistungsmanagements, welche Leistungsdaten und Logs für den Teilnehmer von besonderem Interesse sind, wird auch nach Logs über Störfälle, also Error Logs, gefragt.

Fragen zur Überwachung des Netz- und Systemzustandes sind bereits bei den Fragen zur Verwendung der Managementoberfläche gestellt worden.

**Konfigurationsmanagement** Zum Konfigurationsmanagement werden zunächst Fragen über die verwendete Cloud Computing-Lösung und die physischen Standorte der zugehörigen Rechenzentren gestellt. Der Teilnehmer soll angeben, welche Produkte für Cloud Computing in seinem Unternehmen verwendet werden und ob es sich um eine Public Cloud, Private Cloud oder Hybrid Cloud handelt. Falls es sich um eine Private Cloud handelt, ist von Interesse, wo sich das Rechenzentrum befindet. Beispielsweise könnte es an einem Standort in ein Rechenzentrum des Unternehmens integriert sein oder sich auf mehrere Standorte verteilen. Da die meisten Betreiber von Public Clouds mit mehreren Rechenzentren operieren, wird gefragt, wie wichtig es den Endanwendern ist, Einfluss auf den Standort, an dem die Daten gehalten werden, nehmen zu können.

#### 4. Umfrage

Zur Konfiguration von virtuellen Maschinen sind besonders die dafür verwendeten Templates wichtig. Was für Betriebssysteme bietet der Anbieter der Cloud Computing-Lösung an und können virtuelle Maschinen auch mit eigenen Templates erstellt werden? Um dies herauszufinden soll der Teilnehmer zunächst beurteilen, wie wichtig es für ihn (bzw. falls der Teilnehmer kein Endanwender ist: für seine Kunden) ist, ein Betriebssystem eigener Wahl (z.B. eine ganz bestimmte Windows- oder Linux-Version), als Betriebssystem der virtuellen Maschinen nutzen zu können. Anschließend sollen verschiedene Upload-Möglichkeiten für Templates für virtuelle Maschinen bewertet werden. Der Teilnehmer soll bewerten, wie wichtig es ihm ist, Templates direkt über die Managementoberfläche oder über FTP hochladen zu können. Zudem kann der Teilnehmer die Liste der Upload-Möglichkeiten mit Verfahren, die er nutzt oder sich wünschen würde, vervollständigen. Administratoren oder Betreiber von Cloud Computing-Lösungen werden noch gefragt, ob virtuelle Maschinen der Kunden zur Lastverteilung von einem Server auf einen anderen verschoben werden können, und ob dies manuell möglich ist oder automatisch passiert.

**Abrechnungsmanagement** Da es zwei verschiedene Abrechnungsarten für Cloud Computing gibt, die sich gegenüber stehen, werden die Teilnehmer im Bereich des Abrechnungsmanagements gefragt, welche sie bevorzugen. Dabei haben sie die Auswahl zwischen einer nutzungsabhängigen Abrechnung (Pay per use) oder einer vorher festgelegten monatlichen Gebühr (Flatrate). Anschließend werden sie gefragt, wie wichtig ihnen bei einer nutzungsabhängigen Abrechnung der Detailreichtum verschiedener Faktoren, wie der Uptime der virtuellen Maschinen, des genutzten Hintergrundspeichers oder der Belastung des Netzes, ist. Dabei haben sie auch hier wieder die Möglichkeit noch weitere Faktoren anzugeben, die einen Einfluss auf eine nutzungsbasierte Abrechnung haben sollten.

**Leistungsmanagement** In diesem Bereich soll der Teilnehmer für verschiedene Leistungsdaten und Logs angeben, wie wichtig sie ihm persönlich sind. Die zu bewertenden Punkte sind die momentane und durchschnittliche historische Prozessorauslastung der einzelnen virtuellen Maschinen, die momentane und durchschnittliche historische Arbeitsspeicherauslastung der einzelnen virtuellen Maschinen, die verwendete Hintergrundspeicherkapazität, die aktuelle Netzauslastung und aufgetretene Störfälle<sup>2</sup>. Auch hier soll der Teilnehmer noch weitere Leistungsdaten und Logs angeben, die für ihn von Interesse sind.

Ein wichtiger Teil des Leistungsmanagements sind Dienstgütevereinbarungen. Die Teilnehmer werden gefragt, ob es zwischen dem Endanwender und dem Betreiber der Cloud Computing-Lösung Service Level Agreements gibt. Falls ja, soll angegeben werden, welche Punkte sie beinhalten. Weiter von Interesse ist, ob die aktuelle Dienstgüte über die Managementoberfläche einsehbar ist, und ob über die Managementoberfläche erkennbar ist, inwieweit Service Level-Verträge eingehalten werden.

**Sicherheitsmanagement** Im letzten Bereich der FCAPS-Klassifizierung ist zunächst interessant, ob für den Einsatz der Cloud Computing-Lösung spezielle Sicherheitsmaßnahmen getroffen worden sind. Dazu gehören z.B. Maßnahmen wie der Aufbau eines VPN oder

---

<sup>2</sup>Logs über aufgetretene Störfälle betreffen, wie bereits erwähnt, eigentlich das Fehlermanagement, passen aber von der Einordnung der Fragen eher in diesen Bereich

die Verschlüsselung der Daten, die zwischen virtuellen Maschinen oder Managementoberfläche und dem lokalen Host ausgetauscht werden. Außerdem wird der Teilnehmer gefragt, ob Firewall-Regeln für die virtuellen Maschinen direkt über die Managementoberfläche erstellt werden können, und für wie kompliziert der Teilnehmer deren Konfiguration erachtet.

## 4.2. Durchführung der Umfrage

Zwei zentrale Forderungen waren an den Fragebogen gerichtet: zum einen sollte er möglichst vollständig sein, andererseits aber auch nicht zu lang, um nicht die Geduld und Zeit der Teilnehmer zu sehr zu beanspruchen. Ferner wurde er in zwei Sprachen - deutsch und englisch - erstellt.

Um den Fragebogen für die Teilnehmer übersichtlich zu strukturieren, werden die Fragen nicht in der gerade erläuterten Reihenfolge gestellt. Vielmehr bietet sich eine etwas umgestellte Aufteilung wie folgt an:

- Allgemeine Fragen
- Einsatzszenarien
- Virtuelle Maschinen
- Managementoberfläche
- Abrechnung
- Sicherheit
- Servicequalität
- Support

Für Fragen, in denen eine Bewertung durchgeführt werden sollte, wurde eine Likert-Skala verwendet. Eine Likert-Skala ist eine Ordinalskala, auf der die Teilnehmer der Umfrage zu bestimmten Thesen ihre Zustimmung bewerten können. Dabei wurde eine gerade Anzahl von Auswahlmöglichkeiten gewählt, um den Teilnehmern nicht die Möglichkeit zu bieten, eine mittlere Position auszuwählen.

Zur Durchführung der Umfrage wurde LimeService (<http://www.limeservice.com/>) verwendet. Es handelt sich dabei um eine Online-Plattform auf der Umfragen erstellt und durchgeführt werden können.

Die dort erstellten Fragebögen sind im Anhang unter A.2 zu finden. Die englische Version des Fragebogens wird hier aus Platzgründen nicht abgedruckt.

Für die Umfrage wurden 82 Personen und Unternehmen angeschrieben. Insgesamt wurden 22 Fragebögen vollständig ausgefüllt. Hiermit möchte ich mich noch einmal bei folgenden Institutionen und Unternehmen für die Teilnahme bedanken (Auflistung in keiner bestimmten Reihenfolge):

- Deutsche Telekom
- Peritor
- Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik
- Wegner IT Service

## 4. Umfrage

- Maryme
- Ludwig-Maximilians-Universität München: Institut für Informatik
- Karlsruhe Institute of Technology
- University of Berkeley: Electrical Engineering and Computer Sciences Department
- Lyquidity
- NTT Europe Online
- Abiquo
- Newrelic
- University of Melbourne: Department of Computer Science and Software Engineering
- Harvard Medical School: Laboratory for Personalized Medicine am Center for Biomedical Informatics
- buysellads.com

### 4.3. Auswertung der Umfrageergebnisse

In diesem Abschnitt werden nun die Ergebnisse der Umfrage ausgewertet. Dabei wird anhand der in Kapitel 4.2 beschriebenen Reihenfolge vorgegangen.

#### 4.3.1. Allgemeine Fragen

##### **Frage 1. *In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?***

Die Teilnehmer der Umfrage kamen aus verschiedenen Branchen. Zwei Teilnehmer gaben an, in der Telekommunikations- und IT-Branche tätig zu sein. Fünf Teilnehmer sind Software-Entwickler und -Anbieter aus verschiedensten Bereichen (z.B. Business Intelligence oder interaktive Web-Software). Drei kamen aus dem Bereich des *Biomedical Computings* oder der Bioinformatik. Zwei Teilnehmer sind IT-Berater, einer für Systemintegration und Outsourcing und einer mit dem Schwerpunkt Cloud Computing. Vier Teilnehmer sind in Forschungsinstituten beschäftigt und weitere drei sind in der Forschung und Lehre an Universitäten beschäftigt. Des Weiteren stammen drei Teilnehmer aus dem Werbe- und Marketingbereich.

##### **Frage 2. *Welcher Gruppe gehören Sie an?***

Auch hier setzt sich die Diversität der Teilnehmer fort. Den größten Teil mit sechs Teilnehmern machen die Cloud Computing-Nutzer (Endanwender) aus. Jeweils fünf Personen sind Administratoren einer Cloud Computing-Lösung oder Reseller, d.h. (kommerzielle) Anbieter einer Cloud Computing-Lösung. Zwei sind Berater für Cloud Computing. Ein Teilnehmer ist Reseller und Berater und ein weiterer gehört gar den drei Gruppen Endanwender, Administrator und Berater an. Ein weiterer Teilnehmer ist Administrator von Private Cloud-Lösungen und Endanwender von Public Clouds. Interessant ist auch der Fall eines Teilnehmers, der für sein Unternehmen eine Cloud Computing-Lösung administriert und andererseits über diese eine *Software as a Service*-Lösung anbietet.

**Frage 3. Seit wann nutzen Sie Cloud Computing bzw. bieten Sie Ihren Kunden Cloud Computing an?**

Bei den meisten der Teilnehmer haben sich, wie Tabelle 4.1 zeigt, die Erfahrungen in Cloud Computing in den letzten Jahren abgespielt. Beachtet man, dass Cloud Computing eine recht neue Technologie ist, ist das keineswegs verwundernswert.

| Jahr | Anzahl |
|------|--------|
| 2005 | 1      |
| 2006 | 1      |
| 2007 | 3      |
| 2008 | 7      |
| 2009 | 10     |

Tabelle 4.1.: Auswertung von Frage 3

**Fragen 4 und 5. Eingesetzte Produkte und Cloud-Typen**

Elf Teilnehmer, also die Hälfte, verwenden Public Clouds. Vier verwenden Private Clouds und weitere fünf benutzen Hybrid Clouds. Ein Teilnehmer gab an, sowohl Public Clouds, als auch Private Clouds zu benutzen; ein weiterer verwendet sogar alle drei Arten. Zum Einsatz kommen dabei (Mehrfachnennungen waren möglich) vor allem Dienste von Amazon Web Services, also z.B. EC2. Dies wurde 16 Mal angegeben. Des Weiteren finden VMware-Produkte und die Lösungen von den Cloud-Anbietern GoGrid, Rackspace, Platform ISF, Zimory und abiCloud Verwendung. Jeweils ein Teilnehmer verwendet auch Skytap und EMC ATMOS (Cloud Storage). Als Open-Source-Anwendungen zum Aufbau einer Private Cloud wurden Eucalyptus, Ubuntu Enterprise Cloud, Hadoop, OpenNebula und openQRM verwendet. Außerdem wurden auch Cloud Computing-Lösungen angegeben, die nicht in die Rubrik *Infrastructure as a Service* fallen. Diese sind Google Apps, Google App Engine, Microsoft Azure, Microsoft HMC, Microsoft BPOS, Aneka und Zoho.

**Frage 6. Standort des Rechenzentrums bei Private Clouds**

Bei Private Clouds befindet sich das Rechenzentrum, in dem die virtuellen Maschinen gehostet werden, bei den Umfrageteilnehmern immer beim Anwender.

**Frage 7. Wie wichtig wäre es Ihnen (bzw. Ihren Kunden) bei einer Public Cloud mit verschiedenen Standorten, Einfluss darauf nehmen zu können, in welchem Rechenzentrum die Daten gehalten werden?**

Viele Teilnehmer erachten es als sehr wichtig, selbst festlegen zu können, wo ihre Daten - geographisch gesehen - gehalten werden. Jedoch ist es für einige Teilnehmer auch nebensächlich, ob ihre Daten in einem Rechenzentrum in ihrem oder einem anderen Land gespeichert sind. Abb. 4.2 zeigt die Verteilung der Antworten.

**4.3.2. Einsatzszenarien****Frage 8. Wie setzen Sie (bzw. falls Sie kein Endanwender sind: Wie setzen Ihre Kunden) Cloud Computing ein?**

In den meisten Fällen werden virtuelle Maschinen dazu verwendet, um Tests darauf

#### 4. Umfrage

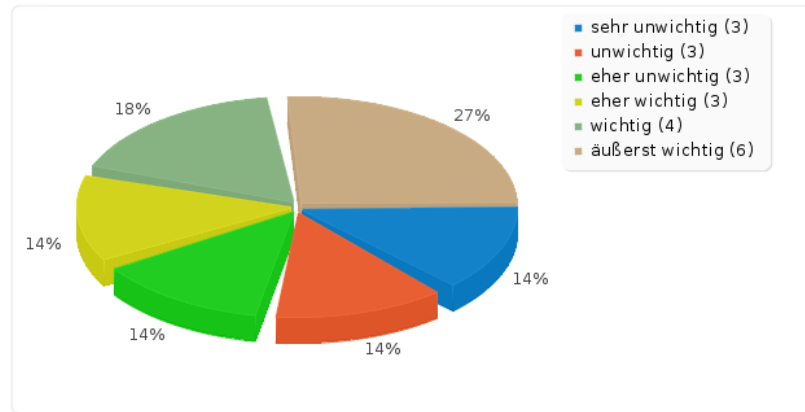


Abbildung 4.2.: Auswertung von Frage 7

auszuführen. Anstatt einen (physischen) Rechner speziell für Testzwecke mit einer bestimmten Hardware-Konfiguration und einem bestimmten Betriebssystem auszustatten, werden einfach virtuelle Maschinen in der Cloud erstellt. Oft werden virtuelle Maschinen auch dazu verwendet, um rechenintensive Operationen auf ihnen durchzuführen oder um web-basierte Dienste bereitzustellen. Eine weitere Verwendung wäre die Nutzung als Speicher zur Archivierung von Daten, wobei hier aber Revisioning- oder Cloud Storage-Lösungen spezialisierter wären. Ein Teilnehmer gab an, virtuelle Maschinen als temporären Scale-Out zu verwenden, also als zusätzlich leicht zu beschaffende Ressource, wenn eigene Rechenzentrumskapazitäten erschöpft sind. Ein Teilnehmer bietet über virtuelle Maschinen in der Cloud Server an, die z.B. VoIP- und Mail-Dienste bereitstellen, wodurch er sich eine teure Internetverbindung in das eigene Rechenzentrum mit einer garantierten Verfügbarkeit von 99,9% spart. Abb. 4.3 zeigt die Verteilung der Antworten; Mehrfachnennungen waren möglich.

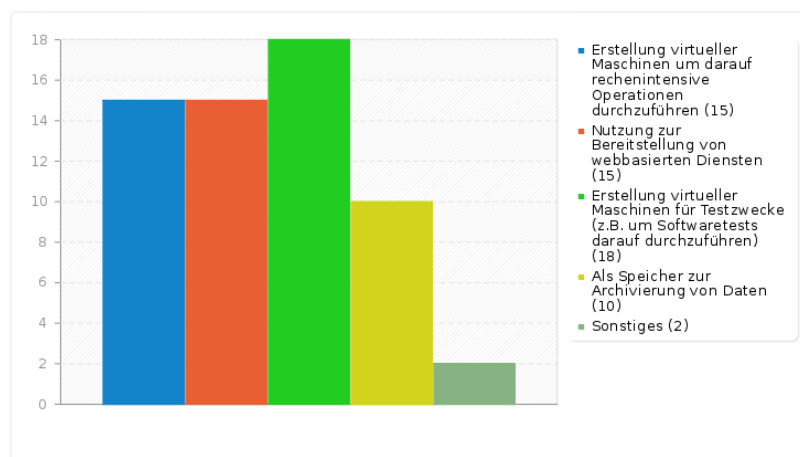


Abbildung 4.3.: Auswertung von Frage 8



### 4.3.3. Virtuelle Maschinen

#### Fragen 9 und 10. Zugriffsarten auf in der Cloud erstellte virtuelle Maschinen

18 Teilnehmer halten den Zugriff auf die virtuellen Maschinen über den Web-Browser für wichtig oder äußerst wichtig. Fast genau so viele, nämlich 17 Teilnehmer, halten den Zugriff über eine Konsole, also beispielsweise über SSH, für wichtig oder äußerst wichtig. Am wenigsten Stimmen für die Wichtigkeit erhielt der entfernte Desktopzugriff, beispielsweise über Remote Desktop bei Windows-Maschinen oder über nx bei Linux-Maschinen. Abb. 4.4 stellt die Verteilung der Antworten für alle vier Antwortmöglichkeiten dar.

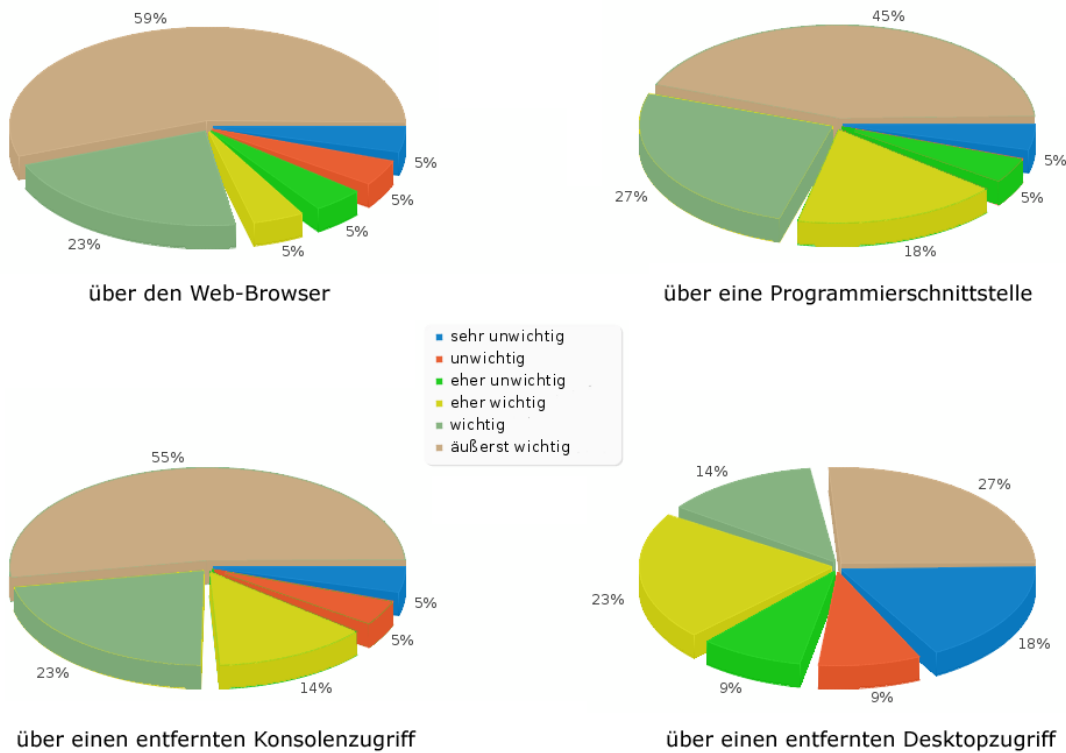


Abbildung 4.4.: Auswertung von Frage 9

Zudem gaben die Teilnehmer an, dass ihnen ein sicherer Kanal für den Zugriff auf die virtuellen Maschinen sehr wichtig sei. Dieser könne z.B. durch die Realisierung eines VPN, über das der Zugriff erfolgen muss, realisiert werden. Für den schnelleren Zugriff auf die virtuellen Maschinen und die darauf abgespeicherten Daten wünschen sich die Teilnehmer auch die Möglichkeit Akamai oder andere *WAN Content Acceleration*-Verfahren zu nutzen. Des Weiteren wurde auch angemerkt, dass ein FTP-Zugriff auf die virtuellen Maschinen von Vorteil wäre. Dies ist standardmäßig zwar nicht vorgesehen, aber es könnten Templates für die Erstellung von virtuellen Maschinen bereitgestellt werden, die bereits einen vorkonfigurierten FTP-Server installiert haben.

**Frage 11. *Wie wichtig ist es, ein Betriebssystem der eigenen Wahl als Betriebssystem der virtuellen Maschinen nutzen zu können?***

Bei dieser Frage fällt die Auswertung eindeutig aus. 19 Teilnehmer, also 86,36%, halten es für wichtig oder sogar äußerst wichtig, Betriebssysteme der eigenen Wahl nutzen zu können. Das erscheint auch vor dem Hintergrund, dass virtuellen Maschinen oft für Testzwecke genutzt werden, schlüssig.

**Fragen 12 und 13. *Upload-Möglichkeiten für Templates***

17 Teilnehmer (77,27%) halten einen Upload-Mechanismus für Templates über die Managementoberfläche für wichtig oder äußerst wichtig. Dahingegen halten nur sieben (31,82%) einen Upload über FTP für wichtig oder äußerst wichtig. Das ist damit zu begründen, dass das Hochladen über die Managementoberfläche weitaus komfortabler ist, als über den Umweg, ein FTP-Programm starten und konfigurieren zu müssen, zu gehen. Weitere Möglichkeiten, Templates bereitzustellen, wurden von den Teilnehmern auch genannt. Demnach sollen Templates auch über die API (z.B. über eine REST API) hochgeladen werden können. Diese könne dann auf eine SSH- oder HTTPS-Verbindung zugreifen, um die Templates über eine Versionsverwaltung wie Subversion oder Git hochzuladen. Außer den eigenen und den vom Anbieter bereitgestellten Templates sollten auch Templates von Dritten vorhanden sein. Dazu wäre eine Art Marktplatz denkbar, auf dem die Ersteller eines Templates Gebühren für deren Verwendung verlangen könnten. Wichtig sei aber noch, dass - um Templates selbst erstellen zu können - ihr Format gut dokumentiert ist und eine ebenso gut dokumentierte Anleitung zur Erstellung und Einbindung vorhanden ist. Um Templates leichter erstellen und bereitstellen zu können, wird auch die nähere Einbindung von Provisioning Software wie rPath vorgeschlagen.

**Frage 14. *Können virtuelle Maschinen zur Lastverteilung von einem Server auf einen anderen verschoben werden?***

15 der 16 Personen, die diese Frage beantwortet haben, können virtuelle Maschinen von einem Host auf einen anderen Host verschieben (*migrieren*). Bei neun Teilnehmern kann dies sowohl automatisch als auch manuell geschehen.

#### 4.3.4. Managementoberfläche

**Fragen 15 und 16. *Zugriff auf das Management der Cloud Computing-Lösung***

Fast alle Teilnehmer halten ein web-basiertes Cloud-Portal für wichtig oder äußerst wichtig. Mit 86,36% hat diese Möglichkeit den höchste Wert in dieser Frage. Beim Zugriff über ein gesondertes Programm herrscht Unentschlossenheit: 14 Teilnehmer haben die beiden mittleren Möglichkeiten ausgewählt (eher wichtig und eher unwichtig haben je 31,82%), jedoch zeigt die Tendenz, dass sich der Zugriff über ein gesondertes Programm nicht besonders großer Beliebtheit erfreut. Das Management über eine Kommandozeile halten 15 der 22 Teilnehmer, also 68,18% für wichtig oder äußerst wichtig. Bei der Integration der Managementfunktionalitäten in eigene Programme sind es dagegen nur 10 der 22 Teilnehmer. In Abb. 4.5 wird die genaue Verteilung der Antworten anhand von Kreisdiagrammen dargestellt.

Weitere gewünschte Zugriffsarten auf das Management erfolgen über Programme Dritter. Zu nennen wären da beispielhaft der KOALA Cloud Manager und RightScale,

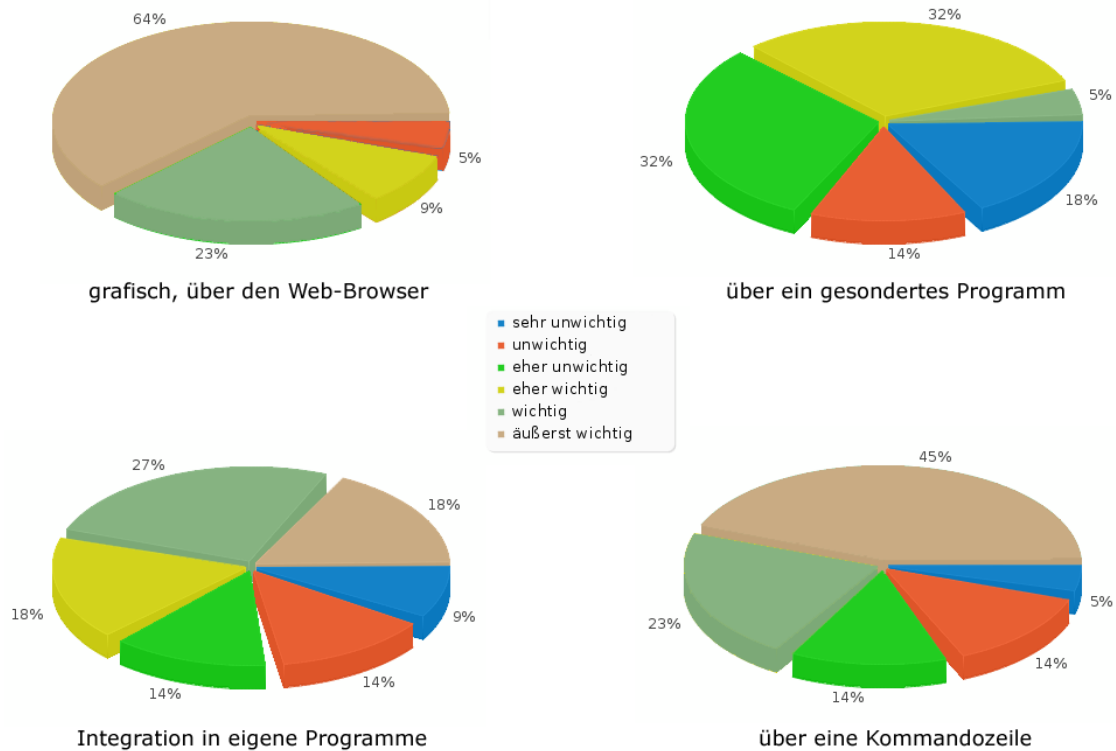


Abbildung 4.5.: Auswertung von Frage 15

über die man Cloud Computing-Lösungen mehrerer Anbieter verwalten kann. Das Integrieren der Verwaltung mehrerer Cloud Computing-Lösungen in eine Oberfläche mit SLA-Überwachung, Monitoring-Tools, Abrechnungsverwaltung u.ä. nennt man auch *Cloud Orchestration*.

**Fragen 17 und 18. Genutzte Funktionen der Managementoberfläche**

Die Funktionen auf der Managementoberfläche, die die meisten Teilnehmer am häufigsten nutzen (Felder „häufig“ und „sehr häufig“), sind die Überwachung des laufenden Betriebs, die Erstellung von virtuellen Maschinen und die grundlegende Steuerung der virtuellen Maschinen (z.B. hochfahren, neustarten, löschen). Dabei macht es keinen Unterschied, welcher Personengruppe die antwortende Person angehört. Was das Einsehen von Log-Files angeht, gehen die Nutzungshäufigkeiten auseinander. Diese Funktion wird von genau gleich vielen Teilnehmer nie oder sehr häufig verwendet. Es benutzen sie auch gleich viele Teilnehmer fast nie oder häufig. Unter den Teilnehmern, die Log-Files häufig oder sehr häufig einsehen, sind sowohl Endanwender, als auch Berater und Anbieter von Cloud Computing-Lösungen. Ebenso divers ist auch die Gruppe der Personen, die Ereignisse, die Alarme auslösen, häufig oder sehr häufig konfigurieren: darunter finden sich Anwender, Administratoren und Anbieter. Dennoch wird diese Funktion tendenziell eher selten genutzt. Es gibt auch eine hohe Zahl an Teilnehmern, denen diese Funktion gar nicht angeboten wird. Sechs der Teilnehmer gaben an, keine aktuelle Rechnungsdaten einsehen zu können. Interessanterweise befindet sich unter

#### 4. Umfrage

ihnen kein einziger Endanwender, und nur zwei von ihnen nutzen eine Private Cloud. Des Weiteren wurde für die Übersicht über die aktuell laufenden virtuellen Maschinen und Änderungen an der Konfiguration der virtuellen Maschinen gefragt, wie oft diese Funktionen genutzt werden. Eine detaillierte Auswertung ist in Abb. 4.6 dargestellt.

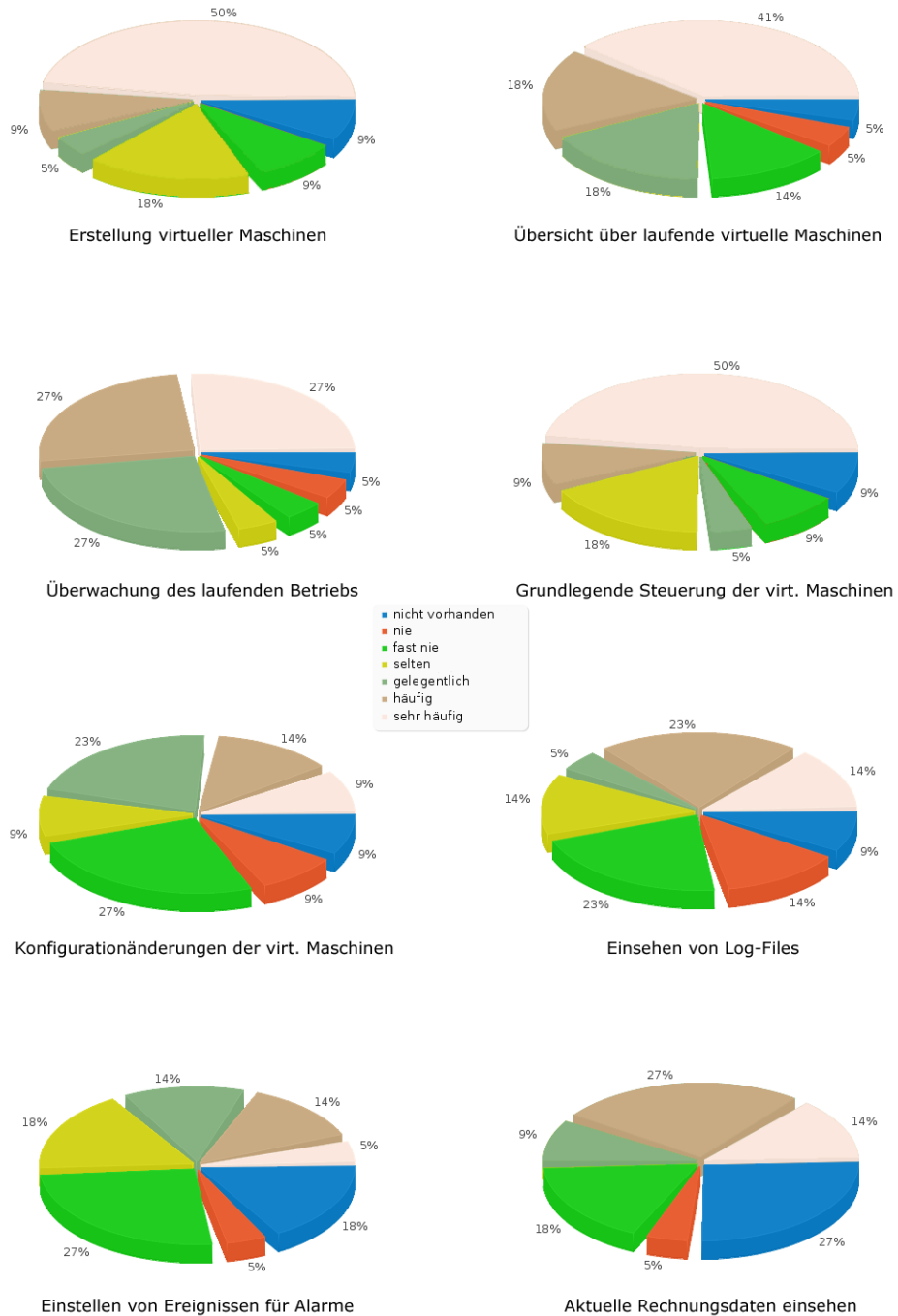


Abbildung 4.6.: Auswertung von Frage 17

Abgesehen von den abgefragten Funktionen nutzen die Teilnehmer noch die folgenden:

- Anlegen von Backups (Snapshots) und deren Planung.
- Die Speicherung einer gerade verwendeten virtuellen Maschine als neues Template.
- Festlegen von Zugriffsrechten für Templates, um eigene Templates für andere (ausgewählte) Personen zugänglich zu machen.
- Einbinden von VMotion um laufende virtuelle Maschinen von einem Host auf einen anderen zu verschieben (*Live Migration* in Private Clouds).
- Die Möglichkeit über die Managementoberfläche einen Konsolenzugriff auf die virtuelle Maschine zu erhalten, beispielsweise über einen VNC-Viewer. Dieser kann sehr hilfreich sein, wenn andere Remote-Techniken wie SSH nicht funktionieren.
- Der virtuellen Maschine eine feste IP-Adresse zuweisen. Viele Dienste erfordern, dass eine Maschine eine fest zugewiesene IP-Adresse besitzt.
- Verwalten verfügbarer IP-Adressen, d.h. weitere IP-Adressen beantragen oder wieder zurückgeben.
- Die Verwendung einer virtuelle Maschinen kurz aussetzen, d.h. sie temporär zu entfernen, um sie aber später wieder weiter zu verwenden.
- Die Verwendung von *Access Control Lists* um festzulegen, wer Zugriff auf welche Ressourcen hat. Dies ist insbesondere interessant, wenn man als Nutzer Sub-Accounts einrichten kann und Personengruppen gemeinsame Ressourcen verwenden.
- Ein Dashboard, in dem man auf einen Blick alle relevanten Informationen, wie die Zahl der aktiven virtuellen Maschinen, aktuelle Kosten u.ä. sieht.
- Nutzer der virtuellen Maschinen verfolgen (*tracken*). Dies ist aber wohl eher keine Anforderung an die Managementoberfläche, sondern an die jeweiligen auf der virtuellen Maschine laufenden Anwendungen.
- Einstellen von Skripten, die beim Start der virtuellen Maschine automatisch ausgeführt werden sollen. Diese können dann z.B. Installationsroutinen oder Portkonfigurationen beinhalten.
- Datenträger/Hintergrundspeicher an die virtuellen Maschinen anhängen, sei es durch Cloud Storage, der über alle eigenen virtuellen Maschinen zugänglich ist, oder über den virtuellen Maschinen direkt zugeordneten Speicher.
- Synchronisation von in der Cloud abgespeicherten Daten mit dem lokalen Rechner.

Als Administrator oder Anbieter ist ferner wichtig, SLAs und Preise konfigurieren zu können und auch das Cluster, in dem eine (Private) Cloud Computing-Lösung betrieben wird, zu verwalten. Das schließt auch ein, Rechenressourcen an den jeweiligen aktuellen Bedarf anzupassen.

**Frage 19. Weitere Funktionen, die in momentan verwendeten Cloud Computing-Lösungen nicht vorhanden sind**

Um ein reibungsloses Funktionieren von virtuellen Maschinen und damit auch den störungsfreien Betrieb eines Dienstes zu gewährleisten, wäre es praktisch, eine sog. *Load Distribution Policy* zu spezifizieren. Somit könnte man festlegen, dass virtuelle Maschinen ab einer gewissen Auslastung oder einer gewissen Auslastung des Hosts, auf dem sie laufen, auf einen anderen Host migriert werden.

Eine Erleichterung des Arbeitsalltags würde die Möglichkeit bieten, Daten von einer virtuellen Maschine zu einer anderen virtuellen Maschine (des selben oder eines anderen Nutzers, in der selben oder in einer anderen Cloud) zu transferieren.

Sicher sinnvoll wäre auch die Versendung von Benachrichtigungen per Email oder SMS, wenn eine bestimmte Auslastung erreicht wird.

Angeregt wurde auch die Integration des Monitorings einer Cloud Computing-Lösung in Systeme wie Monitis.

Falls man ein System erstellt hat, das automatisch skaliert, also bei Bedarf neue virtuelle Maschinen erstellt, wäre es im Sinne des Nutzers, wenn das Cluster der virtuellen Maschinen sich nach Beendigung eines Jobs wieder abschaltet, um somit laufende Kosten einzusparen.

Ferner wünschen sich einige Teilnehmer auch eine bessere Benutzerverwaltung, in der man als eine Art Administrator neue Accounts anlegen kann, die bestimmten Einschränkungen bzgl. der Rechte und des Umfangs der Verwendung der Cloud Computing-Lösung genügen. Dies umfasst somit auch eine Rollenverwaltung.

Oftmals vermissen die Teilnehmer auch Funktionalitäten, die in ihrer Lösung nicht bereitgestellt werden, in anderen aber bereits implementiert wurden, z.B. eine *Live Migration* von virtuellen Maschinen, die Möglichkeit sich über X11 oder nx mit seinen virtuellen Maschinen zu verbinden und die Fähigkeit, die Größe des Arbeitsspeichers einer virtuellen Maschine zu verändern. Ebenfalls relevant, aber nur vereinzelt anzutreffen, ist die Möglichkeit zu spezifizieren, an welchem Ort die Daten des Nutzers gehalten und verarbeitet werden.

Ein Wunsch, der durch die unterschiedlichen Umsetzungen leider noch nicht realisiert werden kann, ist virtuelle Maschinen von einer Cloud in eine andere zu verschieben. Hierbei geht es nicht um die bereits mehrfach erwähnte *Live Migration*, sondern vielmehr darum, mit seiner virtuellen Maschine ohne eine Änderung ihrer Konfiguration von einem Anbieter zu einem anderen zu wechseln.

Oft werden auch Verbesserungen in den Managementoberflächen selbst angeregt: dabei werden eine schnellere Bedienbarkeit und einfachere Möglichkeiten, Template-Listen zu durchsuchen, genannt.

**Frage 20. Welche Leistungsdaten und Logs sind für Sie von Interesse?**

Am wichtigsten sind den Teilnehmern der Studie die aktuellen Leistungsdaten. Jeweils 16 Personen (72,73%) gaben an, dass ihnen die Anzeige der momentanen CPU- bzw. RAM-Auslastung der einzelnen virtuellen Maschinen wichtig oder äußerst wichtig sei. Die historischen Durchschnittswerte sind aber kaum unwichtiger; 12 bzw. 13 Personen gaben an, dass ihnen die historische Durchschnitts-CPU- bzw. -RAM-Auslastung der einzelnen virtuellen Maschinen wichtig oder äußerst wichtig sei. Sehr wichtig ist

auch die Möglichkeit, Logs über Störfälle einsehen zu können; 15 Teilnehmer (68,18%) halten das für wichtig oder äußerst wichtig. Bei der Anzeige der verwendeten Hintergrundspeicherkapazität hingegen fiel das Votum ausgewogen aus, jedoch gab auch hier keiner an, dass diese Anzeige sehr unwichtig ist. Ebenso uneindeutig ist die Wichtigkeit der Anzeige der Netzauslastung. Sechs Personen (27,27%) geben an, dass sie äußerst wichtig sei, aber knapp die Hälfte (zehn Teilnehmer oder 45,45%) tendieren eher dazu, dass sie unwichtig sei. Abb. 4.7 zeigt die genaue Verteilung der Antworten.

#### **Frage 21. Weitere Leistungsdaten und Logs, die von Interesse sind**

Abgesehen von den oben genannten, sind auch folgende Logs und Leistungsdaten für die Teilnehmer relevant:

- historische Netzauslastung
- grafische Darstellung der Auslastungen über die Zeit
- statistische Auswertung der Daten (arithmetisches Mittel, Maxima)
- Log über die Ein-/Ausgabe-Operationen pro Sekunde um anfallende Kosten besser vorhersehen zu können (falls diese in die Kostenabrechnung mit einbezogen werden)
- durchschnittliche Lade- und Zugriffszeiten (z.B. auf die Managementoberfläche, auf die virtuellen Maschinen oder - wenn die virtuelle Maschine als Web-Server verwendet wird - auf darauf abgelegte Daten)
- Dauer, die vergeht, bis eine virtuelle Maschine fertig erstellt und voll verwendbar ist
- Logs, die den Erstellungsprozess von virtuellen Maschinen mitdokumentieren
- Ausfallzeiten und Anzeige der Gebühren, die gezahlt wurden, während die virtuelle Maschine nicht erreichbar war
- Log über Hardwareprobleme der Hosts, auf denen die virtuellen Maschinen laufen und der Einfluss der Fehler auf Anwendungen, die auf darauf laufenden virtuellen Maschinen ausgeführt werden
- Leistungsdaten der virtuellen Maschinen im Vergleich zu den in den SLAs festgelegten Werten
- Log über SLA-Verletzungen

Für Administratoren und Anbieter von Cloud Computing-Lösungen sind ferner noch eine Übersicht über verwendete Templates und eine Übersicht über virtuelle Maschinen, die viele Ressourcen beanspruchen (bzw. vorhalten) aber momentan nicht genutzt werden, interessant.

#### **4.3.5. Abrechnung**

##### **Fragen 22 und 24. Bevorzugte Abrechnungsart und Einflussfaktoren für Abrechnung**

Wenn die Teilnehmer sich zwischen den beiden Abrechnungsvarianten Pay per use oder Flatrate (nutzungsabhängige Abrechnung versus zuvor festgelegte monatlich Gebühr, die die gesamte Verwendung inkludiert) entscheiden müssten, fiel die Wahl deutlich zu Gunsten der nutzungsabhängigen Abrechnung aus. 19 Teilnehmer (86,36%) ziehen

#### 4. Umfrage

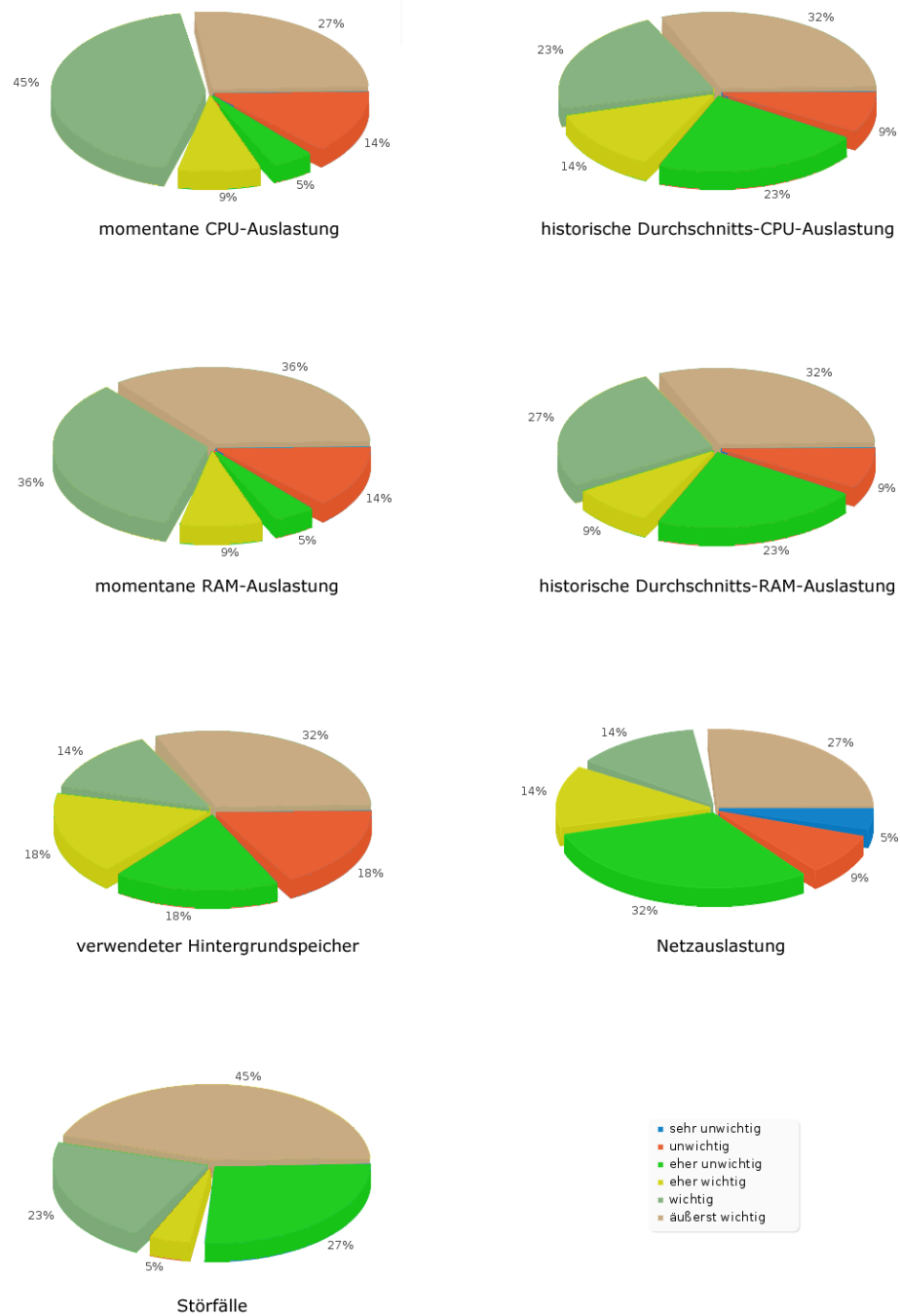


Abbildung 4.7.: Auswertung von Frage 20

Pay per use der Flatrate vor. Jedoch ist oftmals ein Abrechnungsparadigma gewünscht, das Charakteristika aus beiden zuvor genannten Varianten vereint. Dies wird z.B. durch eine monatliche Grundgebühr realisiert, die eine gewisse Nutzung abdeckt. Jede Nutzung, die darüber hinausgeht (z.B. RAM-GB-Stunden oder die Anzahl erstellter



virtueller Maschinen o.ä.) wird separat berechnet. Viele Nutzer verwenden auch beide Varianten, Pay per use und Flatrate. Pay per use bietet sich für Testmaschinen oder Demomaschinen an, wohingegen sich eine Flatrate-Abrechnung oft bei längerfristiger Vertragsbindung rentiert. Die Faktoren, die die Kosten bei einer nutzungsabhängigen Abrechnung verursachen, sind zumeist die Uptime der virtuellen Maschinen, also die Nutzungszeit, sowie Parameter wie genutzter Haupt- und Hintergrundspeicher und verursachte Netzlast (Transfervolumen).

Die Teilnehmer der Umfrage gaben auch weitere Faktoren an, durch die die Kosten - sei es bei Pay per use oder bei der Flatrate - variieren können oder sollten. Zum einen sollten die Kosten bei zunehmender Nutzung pro Einheit sinken, d.h. es sollte eine Art Rabatt für besonders nutzungsintensive Kunden angeboten werden. Auch langfristige Bindungen zwischen Nutzer und Anbieter könnten durch einen Rabatt belohnt werden. Der Preis könnte auch standortabhängig variieren; so könnte die Nutzung eines gut abgesicherten Rechenzentrums in der EU teurer sein als die Nutzung eines einfach gehaltenen Rechenzentrums in einem Entwicklungsland. Auch die Reputation, also der „Name“ des Anbieters könnte einen Einfluss auf die Kosten haben. Oftmals ist man bereit, für ein bekanntes Produkt, mit dem bereits viele Leute gute Erfahrungen gemacht haben, mehr zu bezahlen, als für einen unbekanntes oder nicht vertrauenswürdigen Anbieter. Vor allem unterschiedliche Versprechen der Anbieter, die in SLAs niedergelegt sind, verändern die Kosten für die Nutzung einer Cloud Computing-Lösung. Dabei sollten aber nicht nur die SLAs entscheidend sein, sondern auch die historische Dienstgüte. Letztendlich muss immer ein Trade-Off zwischen den Kosten und der gewählten Dienstgüte stattfinden. Preise könnten auch noch mehr nach Marktkriterien variieren, d.h. die aktuelle Nachfrage und die aktuelle Auslastung der Cloud verändern den Preis.

#### **Frage 23. Faktoren für nutzungsabhängige Abrechnung**

Bei Pay per use soll laut Meinung der Teilnehmer die Uptime, also die tatsächliche Nutzungszeit, am genauesten von allen Faktoren dargestellt werden. Für 19 Teilnehmer (86,36%) ist es wichtig oder äußerst wichtig, dass über die Nutzungszeit genau Buch geführt wird. Beim genutzten Hintergrundspeicher sind es nur 13 (59,09%), die eine solche Meinung vertreten. Eine Buchführung über die Nutzung des Netzes ist noch uninteressanter für die Abrechnungsdaten. Sieben Teilnehmer (31,82%) halten sie für unwichtig oder sehr unwichtig. Die tatsächlich darzustellenden Faktoren hängen natürlich immer davon ab, welche genau zur Abrechnung verwendet werden. Wenn z.B. Ein-/Ausgabe-Operationen pro Sekunde eine Rolle spielen, sollten diese natürlich genau dokumentiert werden.

#### **4.3.6. Sicherheit**

##### **Frage 25. Erstellen von Firewall-Regeln über die Managementoberfläche**

Selbst eine Firewall für die virtuellen Maschinen über die Managementoberfläche anzulegen ist oft nicht möglich. Wenn es aber möglich ist, gibt der größte Teil der Teilnehmer an, dass man dazu kein Experte sein muss, sondern dass es mit Grundwissen möglich ist. Das liegt daran, dass Firewalls in Cloud-Portalen oftmals über einfache Regelsätze Schritt für Schritt angelegt werden. Abb. 4.8 stellt dar, wie die Einschätzung der Teilnehmer bezüglich der Schwierigkeit, eine Firewall zu konfigurieren, war.

#### 4. Umfrage

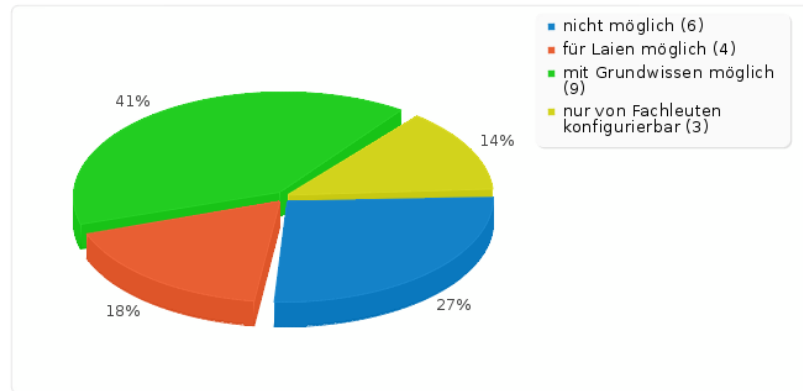


Abbildung 4.8.: Auswertung von Frage 25

#### **Fragen 26 und 27. Sicherheitsmaßnahmen für den Einsatz der Cloud Computing-Lösung**

Nur bei sechs Teilnehmern wurden Sicherheitsmaßnahmen getroffen. Diese unterscheiden sich häufig nicht von den üblichen Maßnahmen, die getroffen werden, wenn man ein System betreibt. Getroffene Maßnahmen waren am häufigsten die verpflichtende Verwendung eines VPN für den Zugriff auf die Ressourcen. Des Weiteren werden Datentransfers von und zu den in der Cloud erstellten Maschinen verschlüsselt durchgeführt. Vor der Auswahl eines Cloud-Anbieters hat ein Teilnehmer ein Audit Management eingeführt und eine Gefährdungsanalyse durchgeführt. Für den Zugriff auf die Cloud-Ressourcen hat dieser Teilnehmer eine zweigliedrige Authentifizierung geschaltet. Ein anderer Teilnehmer hat für seine Private Cloud aus Sicherheitsgründen ein eigenes LAN für die Cloud-Infrastruktur angelegt.

#### **4.3.7. Servicequalität**

#### **Fragen 28 mit 30. Service Level Agreements zwischen dem Endanwender und dem Betreiber der Cloud Computing-Lösung**

50% der Teilnehmer gaben an, dass Service Level Agreements zwischen dem Endanwender und dem Cloud-Anbieter geschlossen wurden. Betrachtet man keine Private Clouds, sondern nur Public Clouds und Hybrid Clouds, so haben 10 von 17 (58,82%) SLAs abgeschlossen. Man kann annehmen, dass der Wert so niedrig ist, weil bei der Verwendung von Public Clouds SLAs nicht explizit verhandelt und vereinbart werden. Vielmehr werden sie durch die Registrierung beim Anbieter implizit akzeptiert.

Die SLAs beinhalteten folgende Punkte (Mehrfachnennungen waren möglich): in neun von elf Fällen wurde eine bestimmte Verfügbarkeit der Cloud Computing-Lösung garantiert. In zwei Fällen wurde eine gewisse Zugriffsgeschwindigkeit auf die Managementoberfläche garantiert. In vier Fällen wurden Leistungsmerkmale wie z.B. CPU-Zyklen zugesichert. Drei Mal wurde die Sicherheit des Dienstes und der Daten versprochen. Des Weiteren wurden die Erreichbarkeit, die Kapazität und der Preis des Kundendienstes pro Monat und seine Reaktionszeit auf Anfragen sowie Bestimmungen über Schadensersatzzahlungen bei SLA-Verletzungen vereinbart.

**Fragen 31 und 32. Ist die aktuelle Dienstgüte über die Managementoberfläche einsehbar? und Ist über die Managementoberfläche erkennbar, inwieweit Service Level Agreements eingehalten werden?**

Neun der Teilnehmer (40,91%) können sehen, wie die aktuelle Dienstgüte ist. Jedoch können nur drei von den elf, die SLAs geschlossen haben, sehen, inwieweit die geleistete Dienstgüte mit den SLAs vereinbar ist.

#### 4.3.8. Support

**Frage 33. Wie kann der Endanwender bei Problemen mit der Cloud vorgehen?**

Alle zur Auswahl gestandenen Möglichkeiten, mit dem Support des Cloud-Anbieters in Kontakt zu treten, wurden zahlreich ausgewählt. Der Email-Support ist dabei die am häufigsten mögliche Anlaufstelle für Fragen und Probleme. An zweiter Stelle steht die Kommunikation per Telefon. Häufig ist auch die eigene IT-Abteilung der erste Ansprechpartner für Probleme mit der Cloud; das gilt nicht nur für die Endanwender sondern auch für Administratoren und Berater. Etwas außer Konkurrenz dazu steht die Knowledge Base, die bei kleineren Fragen oft auch hilfreiche Antworten bieten kann. Abb. 4.9 zeigt die Verteilung der Antworten; Mehrfachnennungen waren möglich.

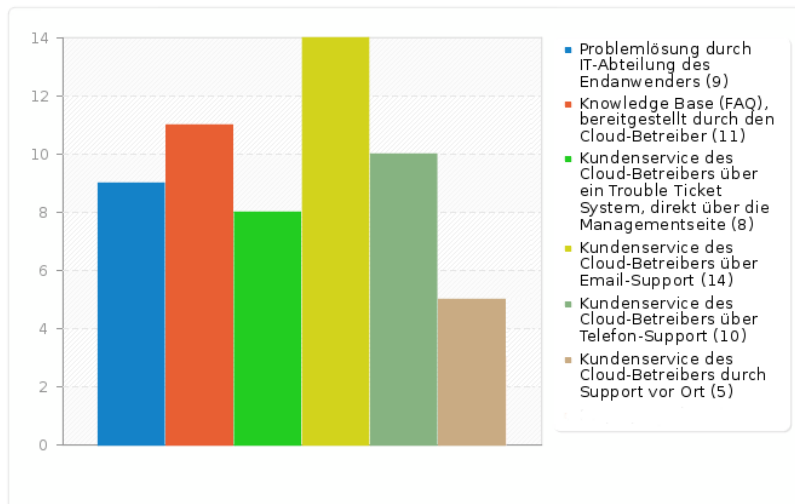


Abbildung 4.9.: Auswertung von Frage 33

#### 4. *Umfrage*

## 5. Ausarbeitung des kategorisierten Anforderungskataloges

In diesem Kapitel soll nun schließlich der Anforderungskatalog für Cloud Computing-Lösungen aus der Bestandsaufnahme und der Umfrage zusammengesetzt werden. Hinzu kommen aber noch ein paar weitere Faktoren, die im Folgenden genannt werden.

### 5.1. Themenverwandte Arbeiten

Weitere Anforderungen an eine Cloud Computing-Lösung stammen einerseits aus der Literaturrecherche, und werden andererseits aus dem Abschnitt über die Bedenken bei ihrer Einführung (Kapitel 2.2.3) abgeleitet.

Dabei ist zu beachten, dass durch die Cloud Computing-Lösung alle Basisanwendungen einer Managementplattform unterstützt werden können. Diese sind nach [HAN99, S. 288–296] die Zustandsüberwachung, Schwellwertüberwachung (auch die Erzeugung von Ereignissen bei Überschreitung eines Schwellwertes), Ereignismanagement, Konfigurationsmanagement (d.h. Verändern und Anzeigen von Konfigurierungen) und Leistungsüberwachung (Messen von Leistungen). Das Topologie-Management, also Autodiscovery- und Autotopology-Mechanismen sind hier unwesentlich, da der Nutzer keinen Einblick in interne Strukturen hat.

Der Anbieter sollte nach [Gen08b] eine Komplettlösung anbieten können, ein großes Partnernetzwerk aufweisen können, zukunftsorientiert sein und viele der IT-Bedürfnisse des Kunden unterstützen können. Zudem wäre es von Vorteil, wenn der Anbieter bereits Geschäfte mit dem Unternehmen des Kunden gemacht hat. Dass die Cloud-Angebote notfalls wieder zurückverlagert werden können, ist bei Cloud Computing als *Infrastructure as a Service* gegeben, wenn der Nutzer entsprechende Rechenzentrumskapazitäten aufweisen kann.

Außerdem wird es als positiv angesehen, wenn der Anbieter eine große etablierte Firma ist (vgl. [Gen08b]). Das kann damit begründet werden, dass sich das System, wenn der Anbieter eine gewisse Marktmacht besitzt, eher durchsetzen kann (vgl. [HAN99, S. 300–301]).

Der Support des Anbieters (*Customer Service*) spielt auch eine wichtige Rolle bei der Entscheidung für eine Lösung (vgl. [LC09, S. 3]). Wie und wann ist der Support erreichbar und wie schnell werden Supportfälle bearbeitet?

Die Cloud Computing-Lösung sollte an das Einsatzumfeld anpassbar und in eine vorhandene Managementumgebung (u.a. Benutzerdaten und Abrechnungsdaten) integrierbar sein (vgl. [HAN99, S. 299–300]).

Ferner sollte sie eine standardisierte API und standardisierte Datenformate bieten, um Lock-In-Effekte zu vermeiden.

Von Interesse könnte auch sein, welche Systemarchitektur der Lösung zugrundeliegt, z.B. ob Virtualisierung verwendet wird (vgl. [Leo09, S. 3–4]).

Auch die dem Nutzer angebotene Netzstruktur ist von Interesse. Bietet die Lösung z.B. jedem Kunden ein eigenes VLAN und eigene fest zugewiesene IP-Adressen an? Gibt es

interne Netze, die die Kommunikation zwischen virtuellen Maschinen erlauben (vgl. [Leo09, S. 4])? Oftmals ist auch der Aufbau eines VPNs (Virtual Private Network) möglich, das die in der Cloud erstellten virtuellen Maschinen in das unternehmenseigene Netz integriert (vgl. [Thu09, S. 31], [Kir09]).

Einer der Vorteile von Cloud Computing ist die Skalierbarkeit. Die Cloud Computing-Lösung sollte so skalierbar sein, dass der Nutzer möglichst wenig zahlen muss, um seine Bedürfnisse zuverlässig zu erfüllen (vgl. [LC09, S. 3–4]).

Überhaupt spielt der Preis für die Einführung und Nutzung einer Cloud Computing-Lösung bei der Auswahl eine Rolle. Einerseits soll das Preismodell (z.B. Pay per use, monatliche Grundgebühren oder Varianten davon) stimmen (vgl. [Leo09]), andererseits soll auch der Preis selbst wettbewerbsfähig und transparent gestaltet sein (vgl. [LC09, S. 3–4], [Gen08b]). Letztendlich muss der Einsatz der Cloud-Dienste rentabel sein, d.h. die Kosten, die durch den Einsatz anfallen (einschließlich nötiger Hardware, Software und Schulungen), müssen in Relation zu dem erzielbaren Nutzen stehen (vgl. [HAN99, S. 300]).

Die Verträge für die Verwendung einer Cloud Computing-Lösung sollten nicht länger als ein Jahr gültig sein. Damit kann leichter gewährleistet werden, dass Vertragskonditionen aktuellen Entwicklungen, z.B. bzgl. Kosten oder Leistungen, angepasst werden (vgl. [Sco08, S. 4]).

Wie bereits in Kapitel 2.2.3 erwähnt, spielt die Lage des Rechenzentrums des Betreibers eine wichtige Rolle. Es muss eine gewisse Transparenz geboten werden, durch die die Nutzer der Cloud Computing-Lösung versichert sein können, dass die Daten in einer Region gehalten werden, die es erlaubt, unternehmensinternen oder gesetzlichen Vorgaben zu entsprechen (vgl. [WAB<sup>+</sup>09, S. 461]).

Natürlich ist auch die tatsächliche Leistung der Cloud Computing-Dienste nicht außer Acht zu lassen. Ein Vergleich von Hintergrund-, Hauptspeicher- und Prozessorgeschwindigkeiten zwischen Cloud Computing-Lösungen und „realer Hardware“ aus dem eigenen Rechenzentrum wird in [Pae09] durchgeführt. [Win09] führt auf einem Cloud-basierten Dienst einen Belastungstest mit 2000 simulierten Nutzern durch. An dieser Stelle soll nur darauf verwiesen werden, dass sich eine ganze Reihe von Arbeiten mit Leistungstests von Cloud Computing-Lösungen befasst hat. Es ist wichtig, dass die angegebene Leistung mit der tatsächlich erbrachten übereinstimmt; im Rahmen dieser Arbeit soll ein solcher Test aber nicht vollzogen werden.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der insbesondere die Vertrauenswürdigkeit des Anbieters erhöht, sind Audits. Das bedeutet, dass unabhängige Dritte zertifizieren, dass die Daten sicher und geschützt abgelegt werden und z.B. keine Unbefugten Zugriff auf sie haben und angegebene Richtlinien und Vertragsklauseln eingehalten werden (vgl. [Lea09, S. 19], [Cav08, S. 102]). Des Weiteren könnten auch Prozesse beim Anbieter, wie das Change Management oder das Incident Management, bewertet werden, um darzulegen, dass SLAs auch in Fehlerfällen eingehalten werden können (vgl. [Sco08, S. 2]).

Service Level Agreements für die Cloud-Dienste sind sehr wichtig (vgl. [Gen08b]), und sollten am besten maschinenlesbar sein (vgl. [MG09a, S. 48]). Es gibt zwei Phasen, in denen SLAs eine Rolle spielen: bei der Vereinbarung der zu erbringenden Leistung und bei der Überwachung zur Laufzeit. Jedoch ist bei beiden Phasen die Unterstützung von SLAs noch nicht vollständig möglich; zumeist wird nach dem Prinzip des *Best Effort* gehandelt (vgl. [BKNT10, S. 60]).

Oft wird sogar die eigene Verantwortung für Ausfälle ausgeschlossen. So steht z.B. in den SLAs von Googles Cloud-Diensten „Google shall not be liable for failing or delaying

performance of its obligations resulting from any condition beyond its reasonable control“ ([Goo09]). Bedenkt man, dass der Anbieter einer Cloud Computing-Lösung natürlich keine Verantwortung für das Netz hat, das zwischen ihm und dem Nutzer liegt, erscheint klar, dass Antwortzeiten zumeist nicht Teil von SLAs sind ([IDC09, S. 243]).

Sollte der Cloud-Dienst tatsächlich einmal ausfallen, sichern die meisten SLAs Credits zu, d.h. Gutschriften auf kommende Rechnungen. Umsatzausfälle, die eventuell durch das Nicht-Funktionieren der Cloud Computing-Lösung entstehen, werden jedoch nicht ersetzt (vgl. [Wax09, S. 26]).

SLAs zwischen dem Betreiber der Cloud Computing-Lösung und dem Kunden sollten folgende, aus [Sco08, S. 2–3] und [HAN99, S. 404–406] stammende Punkte, beinhalten:

- Funktionsbeschreibung des Dienstes
- technische Anforderungen auf der Kundenseite (in diesem Fall nicht nötig, da der Kunde nur einen Browser und ggf. einen Remotezugang (z.B. SSH) benötigt)
- verfügbare Service Level
- Betriebs- und Wartungszeiten, geplante Downtimes
- Verfügbarkeit des Dienstes
- Leistungsgrößen (Leistung des Dienstes inklusive Antwortzeiten)
- Sanktionen (Strafen bei SLA-Verletzungen)
- Kosten
- Kapazität und Nachfrage: Wie schnell und zu welchem Preis können Kapazitäten bei großer Nachfrage erhöht werden?
- Kontaktierungsmöglichkeiten des Supports
- Antwortzeiten für Supportfälle
- durchschnittliche und maximale Dauer für Reparaturen
- Anzahl der maximalen Dienstausfälle in einem bestimmten Zeitraum
- Datenwiederherstellung (Wie können Daten, die verloren gegangen oder beschädigt worden sind, wieder hergestellt werden? Wie alt ist die letzte Sicherungskopie?)
- Beschreibung der *Disaster Recovery*, also der Reparatur eines Komplettausfalls z.B. durch mehrere Fehlerursachen, Naturkatastrophen o.ä., Service Level bzgl. der Wiederherstellung der Daten und der Zeit, die bis zur Wiederherstellung vergeht (*Recovery Point Objective* und *Recovery Time Objective*)

Zusammenfassend sind also folgende Anforderungen gegeben:

- Die Cloud Computing-Lösung soll...
  - alle Basisanwendungen einer Managementplattform unterstützen
  - flexibel sein
  - integrationsfähig sein
  - eine standardisierte API aufweisen
  - standardisierte Datenformate bieten

## 5. Ausarbeitung des kategorisierten Anforderungskataloges

- skalierbar sein
- Der Anbieter soll...
  - eine Komplettlösung anbieten
  - ein großes Partnernetzwerk aufweisen können
  - zukunftsorientiert sein
  - die IT-Bedürfnisse des Kunden unterstützen können
  - eine große etablierte Firma sein
  - seine Vertrauenswürdigkeit durch Audits bestätigen
  - Prozesse offenlegen
- Es sollen folgende Angaben gemacht werden:
  - zum Customer Service (Erreichbarkeit des Supports und Bearbeitungszeiten)
  - zur zugrundeliegenden Systemarchitektur
  - zur Netzstruktur
- Das Preismodell soll...
  - transparent gestaltet sein
  - wettbewerbsfähig sein
  - unterschiedliche Abrechnungsarten bieten
- Des Weiteren...
  - muss die Lage des Rechenzentrums offengelegt werden
  - soll die Vertragslänge kürzer als ein Jahr sein
  - sollen Service Level Agreements maschinenlesbar sein und die zuvor angegebenen Punkte enthalten
  - ist die tatsächlich erbrachte Leistung der Cloud Computing-Dienste mit den angegebenen zu vergleichen



## 5.2. Zusammenführung und Kategorisierung des Anforderungskataloges

In diesem Abschnitt wird nun schließlich der Anforderungskatalog erstellt. Wie bereits erwähnt, besteht dieser aus den Faktoren, die in der Bestandsaufnahme (Kapitel 3) und der Umfrage (Kapitel 4) ermittelt wurden, sowie weiteren Faktoren (Kapitel 5.1).

Für die Bewertung der einzelnen Faktoren wurden einerseits seine Komplexität (z.B. Anzahl an Parametern, Detailreichtum) und andererseits die Einschätzung der Umfrageteilnehmer sowie die Häufigkeit der Nennung in der Literatur beachtet. Insgesamt hat der Katalog einen Umfang von 200 Bewertungseinheiten. Bei der Bewertung muss keineswegs immer die volle Punktzahl gegeben werden; ist beispielsweise eine Funktionalität verfügbar, jedoch nur gegen eine speziell zu entrichtende Gebühr zu nutzen, kann auch die halbe Punktzahl vergeben werden.

Der Anforderungskatalog wird hier nun zweigliedrig vorgestellt. Im ersten Teil werden die Oberkategorien mit ihren Unterkategorien dargestellt; diese werden im zweiten Schritt jeweils mit Inhalten gefüllt, die die Bewertung einer Cloud Computing-Lösung ermöglichen.

Die Kategorien, nach denen sich der erste Teil gliedert, richten sich nach der Systematik des Fragebogens (vgl. Kapitel 4.1). Der Bereich mit den allgemeinen Fragen entspricht dabei dem Bereich mit allgemeinen Anforderungen an den Anbieter und die Cloud Computing-Lösung. Die Kategorien sind somit:

- Allgemeine Anforderungen an den Anbieter und die Cloud Computing-Lösung
- Managementoberfläche
- Virtuelle Maschinen
- F (Fehlermanagement)
- C (Konfigurationsmanagement)
- A (Abrechnungsmanagement und Benutzerverwaltung)
- P (Leistungsmanagement)
- S (Sicherheitsmanagement)

Tabelle 5.1 zeigt eine Übersicht des Anforderungskataloges mit Bewertungsmetrik, also die Oberkategorien und die dazugehörigen Unterkategorien. Die in der jeweiligen Kategorie erzielbaren Punkte sind in der rechten Spalte aufgeführt.

Tabelle A.1 im Abschnitt A.3 im Anhang ab Seite 108 stellt den gesamten Anforderungskatalog dar, anhand dessen granulareren Aufschlüsselung eine Bewertung von Cloud Computing-Lösungen erfolgen kann. Auch hier werden die erzielbaren Punkte rechts dargestellt.

Wie eine Bewertung durchgeführt wird, wird in Kapitel 6.1 erläutert. Anschließend wird exemplarisch eine Bewertung für eine ausgewählte Cloud Computing-Lösung vorgenommen.

5. Ausarbeitung des kategorisierten Anforderungskataloges

|  |            |
|--|------------|
| <b>Allgemeine Anforderungen<br/>an den Anbieter und die Cloud Computing-Lösung</b> | <b>16</b>  |
| Allgemeine Anforderungen an den Anbieter   | 2          |
| Interaktionen zwischen versch. Cloud Computing-Lösungen/Standardisierung           | 4          |
| permanenter Speicher   | 3,75       |
| API  | 5          |
| Sonstiges  | 1,25       |
| <b>Managementoberfläche</b>  | <b>10</b>  |
| Zugang zum Management  | 4,5        |
| Logging  | 5,5        |
| <b>Virtuelle Maschinen</b>   | <b>27</b>  |
| Zugang zu virtuellen Maschinen   | 7          |
| Interaktionen mit virtuellen Maschinen   | 5          |
| Backups von virtuellen Maschinen   | 5          |
| Übersicht über virtuelle Maschinen mit Serverdetails                               | 10         |
| <b>F (Fehlermanagement)</b>  | <b>23</b>  |
| Fehler-Logs  | 3          |
| Selbstdiagnose, schwellwertbedingte/zeitlich getriggerte Aktionen                  | 4,5        |
| Support  | 15,5       |
| <b>C (Konfigurationsmanagement)</b>  | <b>56</b>  |
| Standortkonfiguration/Rechenzentren  | 5,75       |
| Erstellung neuer virtueller Maschinen  | 14         |
| Templates für virtuelle Maschinen  | 11,75      |
| Virtuelle Maschine verändern   | 9,5        |
| Netzmanagement (IP-Adressen, VLAN, DNS, Load Balancer)                             | 15         |
| <b>A (Abrechnungsmanagement und Benutzerverwaltung)</b>                            | <b>18</b>  |
| Darstellung und Aufschlüsselung der Gebühren                                       | 8,5        |
| Verschiedene Abrechnungsmodi   | 5,5        |
| Benutzerverwaltung   | 4          |
| <b>P (Leistungsmanagement)</b>   | <b>36</b>  |
| Nutzungsdaten für jede virtuelle Maschine  | 15         |
| Nutzungsdaten aller virtuellen Maschinen (akkumuliert)                             | 4          |
| weitere Monitoringfunktionalitäten   | 2,5        |
| Inhalte der Service Level Agreements   | 11         |
| SLA-Überwachung  | 3,5        |
| <b>S (Sicherheitsmanagement)</b>   | <b>14</b>  |
| Firewall   | 3          |
| Zugriffsverwaltung   | 7          |
| Sicherheit der Daten beim Anbieter   | 4          |
| <i>Gesamtpunktzahl</i>   | <b>200</b> |

# 6. Bewertung von Cloud Computing-Lösungen

In diesem Kapitel wird der zuvor erstellte Anforderungskatalog praktisch eingesetzt. Dazu wird zunächst erläutert, wie er verwendet wird. Anschließend wird eine Bewertung der Cloud Computing-Lösung FlexiScale, die in Kapitel 3.4 vorgestellt wurde, durchgeführt.

## 6.1. Anleitung zur Bewertung von Cloud Computing-Lösungen

Für eine Bewertung einer Cloud Computing-Lösung ist der in Abschnitt A.3, Tabelle A.1, abgedruckte Katalog zu verwenden. Dabei kann die Tabelle wie eine Checkliste von oben nach unten durchgegangen werden. Mit Hilfe von drei Beispielfällen soll nun erläutert werden, wie dabei vorzugehen ist.

### Beispiel a

Zugang zu virtuellen Maschinen  
Root-Zugang

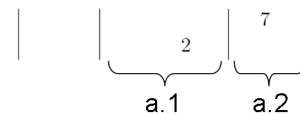


Abbildung 6.1.: Veranschaulichung des Vorgehens bei einer Bewertung (Beispiel a)

Die Kategorie „Zugang zu virtuellen Maschinen“ enthält Faktoren im Wert von 7 Punkten (siehe (a.2) in Abb. 6.1). Einer dieser Faktoren ist der „Root-Zugang“. Bietet die zu bewertende Cloud Computing-Lösung einen administrativen Zugang zu den virtuellen Maschinen (der bei Linux-Maschinen gewöhnlich root und bei Windows-Maschinen Administrator heißt), so sind 2 Punkte zu vergeben (siehe (a.1) in Abb. 6.1).

### Beispiel b

Support  
Kommunikationswege: über Telefon, Live Chat, Email(-Formular), Trouble Ticket-System

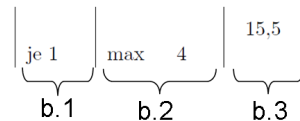


Abbildung 6.2.: Veranschaulichung des Vorgehens bei einer Bewertung (Beispiel b)

Die Kategorie „Support“ umfasst insgesamt 15,5 Punkte (siehe (b.3) in Abb. 6.2). Laut (b.1) in Abb. 6.2 gibt es für jeden Kommunikationsweg zum Support des Anbieters jeweils 1 Punkt, maximal jedoch 4 Punkte (siehe (b.2) in Abb. 6.2). D.h. für vier Kommunikationswege gäbe es vier Punkte; alle weiteren Kommunikationswege fließen nicht weiter in die Bewertung ein.

## 6. Bewertung von Cloud Computing-Lösungen

### Beispiel c

Einstellen von Alarmen (Schwellwertüberwachung) (z.B. per Email oder SMS)

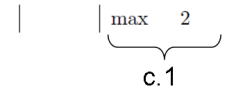


Abbildung 6.3.: Veranschaulichung des Vorgehens bei einer Bewertung (Beispiel c)

Ist die Bezeichnung „max“ neben der zu vergebenden Punktezahl abgedruckt (siehe (c.1) in Abb. 6.3), kann u. U. die halbe Punktezahl vergeben werden. Dieser Fall tritt ein, wenn eine Funktionalität vorhanden ist, jedoch nicht ausreichend umgesetzt wurde. Somit können auch Grenzfälle entsprechend behandelt werden. Ist eine Funktionalität vorhanden, jedoch nur kostenpflichtig zu nutzen, wird ebenfalls nur die halbe Punktezahl vergeben.

Wurde der Anforderungskatalog komplett durchgegangen, können die vergebenen Punkte addiert werden. Setzt man die Summe zur möglichen Gesamtpunktezahl von 200 Punkten in Relation (dazu genügt es, die Summe durch zwei zu teilen), sieht man, wie viel Prozent der Anforderungen erfüllt wurden. Dieser Wert kann mit den Werten anderer Cloud Computing-Lösungen verglichen werden, um ein Entscheidungskriterium für die Wahl einer Lösung zu erhalten. Sind nur bestimmte Kategorien von Interesse (beispielsweise das Fehlermanagement), kann auch explizit nur dieser Bereich betrachtet und mit anderen Cloud Computing-Lösungen verglichen werden.

## 6.2. Exemplarische Durchführung der Bewertung für FlexiScale

In diesem Abschnitt wird exemplarisch FlexiScale zum Stand vom 18. April 2010 bewertet. Die detaillierte Bewertung erfolgt in Tabelle 6.2. Tabelle 6.1 zeigt die Verteilung der Punkte auf die einzelnen Oberkategorien. Im Folgenden werden die Stärken und Schwächen in den acht Oberkategorien erläutert.

| Oberkategorie   | Punkte |          | %     |
|---|--------|----------|-------|
|   | max.   | erreicht |       |
| Allgemeine Anforderungen an den Anbieter und die Cloud Computing-Lösung | 16     | 5,5      | 34,4% |
| Managementoberfläche  | 10     | 6        | 60 %  |
| Virtuelle Maschinen   | 27     | 16       | 59,3% |
| F (Fehlermanagement)  | 23     | 12,5     | 54,3% |
| C (Konfigurationsmanagement)  | 56     | 27       | 48,2% |
| A (Abrechnungsmgmt. & Benutzerverwaltung)                               | 18     | 8        | 44,4% |
| P (Leistungsmanagement)   | 36     | 9,25     | 25,7% |
| S (Sicherheitsmanagement)   | 14     | 5,5      | 39,3% |
| Gesamt  | 200    | 89,75    | 44,9% |

Tabelle 6.1.: Bewertung der Oberkategorien für FlexiScale

**Allgemeine Anforderungen an den Anbieter und die Cloud Computing-Lösung** In dieser Kategorie erreicht FlexiScale nur rund ein Drittel der Punkte. Das liegt vor allem am Fehlen eines permanenten Speichers außerhalb der virtuellen Maschinen und daran, dass keine Standards für die API und Datenformate eingesetzt werden.

**Managementoberfläche** In dieser Kategorie erreicht FlexiScale einen guten Wert, den es vor allem durch die zahlreichen Logging-Mechanismen erhält. FlexiScale kann nicht über Programme von Drittanbietern oder über eine Konsole gesteuert werden.

**Virtuelle Maschinen** Auch hier wird ein guter Wert erreicht. Positiv ist, dass man diverse Interaktionen mit seinen virtuellen Maschinen über die Managementoberfläche steuern kann. Die Übersicht über die virtuellen Maschinen bietet zahlreiche Details. Leider gibt es keinen Backup-Mechanismus. Somit ist es nicht möglich, Sicherungskopien der virtuellen Maschinen zu erstellen.

**Fehlermanagement** Der Support von FlexiScale hat in der Bewertung sehr gut abgeschnitten. Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, mit dem Support, der rund um die Uhr erreichbar ist, in Kontakt zu treten. Ein Trigger-Mechanismus fehlt in FlexiScale. Somit kann nicht eingestellt werden, dass bei bestimmten Situationen, z.B. bei einer gewissen Prozessorauslastung, eine Aktion (z.B. virtuelle Maschine duplizieren) ausgeführt werden soll.

**Konfigurationsmanagement** Ein großer Kritikpunkt ist das Fehlen von eigenen Templates. Es gibt keine Möglichkeit eigene Templates einfach hochzuladen oder gar anderen bereitzustellen. Sehr positiv hingegen ist, dass man große Freiheiten in Bezug auf Veränderungen an der Konfiguration seiner virtuellen Maschinen hat. Des Weiteren hat jeder Nutzer eigene VLANs, deren Verwendung detailliert dargestellt wird.

**Abrechnungsmanagement und Benutzerverwaltung** Entstandene Gebühren werden detailliert aufgeschlüsselt. Ab 5000 abgerechneten Einheiten gibt es einen stetig wachsenden Mengenrabatt. Die Benutzerverwaltung ist sehr eingeschränkt. Zwar kann man verschiedene Adressen für verschiedene Kontaktpersonen eingeben, aber es gibt keine Möglichkeit neue Benutzer zu erstellen und ihnen bestimmte Rechte zuzuweisen.

**Leistungsmanagement** In diesem Bereich hat FlexiScale am schlechtesten abgeschnitten. Dies liegt daran, dass es keine Darstellung der Auslastungen der virtuellen Maschinen in der Managementoberfläche gibt. Es gibt weder eine textuelle Darstellung der aktuellen Auslastungen für Prozessoren, Arbeitsspeicher u.ä., noch eine grafische. Lediglich die Auslastung der VLANs wird für drei verschiedene Zeiträume dargestellt. Eine SLA-Überwachung ist nicht möglich, jedoch werden der aktuelle Betriebszustand der Cloud Computing-Lösung und anstehende Wartungsarbeiten bekannt gegeben.

**Sicherheitsmanagement** Die Erstellung und Konfiguration von Firewalls ist für jede virtuelle Maschine möglich, jedoch wird eine Gebühr für ihre Verwendung fällig. Leider legt FlexiScale die Sicherheit der Rechenzentren oder die Sicherheit der Daten der Kunden nicht durch Audits dar.

FlexiScale erreicht einen Wert von 89,75 Punkten. Das entspricht 44,875% von 200 möglichen Punkten. Wenn man (dank der Vielzahl vorgegebener Templates) auf eigene Templates verzichten kann, bietet FlexiScale trotz einiger fehlender Funktionalitäten in dieser Version eine gute Rundumlösung mit sehr gutem Support. Jedoch ist eine genaue Interpretation des Ergebnisses (und insbesondere der Bewertung der einzelnen Kategorien) immer vom geplanten Einsatzzweck abhängig.

|   | pro Element | Punkte | erzielt    |
|---|-------------|--------|------------|
| <b>Allgemeine Anforderungen an den Anbieter und die Cloud Computing-Lösung</b>      |             |        |            |
| Allgemeine Anforderungen an den Anbieter  |             |        | <b>5,5</b> |
| Anbieter bietet Komplettlösung an   |             | 0,25   | 0,25       |
| Anbieter hat großes Partnernetzwerk   |             | 0,25   | –          |
| Anbieter ist große/etablierte Firma   |             | 1      | 1          |
| Offenlegung von Prozessen (z.B. Incident Management o.ä.)                           |             | 0,5    | –          |
|   |             | max    |            |
| Interaktionen zwischen verschiedenen Cloud Computing-Lösungen/Standardisierung      |             | 0,5    | –          |
| Datenaustausch zwischen verschiedenen virtuellen Maschinen möglich                  |             | 0,5    | –          |
| Virtuelle Maschinen können von einer Cloud in eine andere geschoben werden          |             | 0,5    | –          |
| Verwendung von Standards bzgl. API / Datenformaten (z.B. für Backups und Templates) | je 1,5      | 3      | –          |
|   |             | max    |            |
| permanenten Speicher  |             | 2      | –          |
| Cloud-Speicher verfügbar, kann an virtuelle Maschinen gehängt werden                |             | 1      | –          |
| Snapshots des Speichers erstellbar  |             | 0,25   | –          |
| Snapshots veröffentlichten möglich, Rechte für Verwendung setzbar                   |             | 0,5    | –          |
| Synchronisation des Speichers mit lokalem Datenträger                               |             |        |            |
| API   |             |        |            |
| SOAP API, REST API  | je 1        | 2      | 1          |
| offene Schnittstellen für Integration an bestehende Systeme                         |             | 1      | 1          |
| Sprachanbindungen für verschiedene Programmiersprachen                              | je 0,25     | 2      | 1,75       |
| Sonstiges   |             |        |            |
| für selbstskalierende Systeme: Abschaltung des Clusters nach Beendigung des Jobs    |             | 0,25   | –          |
| Nutzung eines CDN für Webserver   |             | 0,5    | –          |
| Vertragslänge unter einem Jahr  |             | 0,5    | 0,5        |

| pro Element  | Punkte | erzielt  |
|--|--------|----------|
| <b>Managementoberfläche</b>  |        |          |
| Zugang zum Management  |        | <b>6</b> |
| web-basiertes Cloud-Portal   | 2      | 2        |
| Portal bietet Dashboard (Übersicht über aktuelle Kosten, virtuelle Maschinen etc.) | 1      | –        |
| Integration in oder Zugriff über Produkte von Drittanbietern                       | 1      | –        |
| konsolenbasiertes Management   | 0,5    | –        |
| Logging  |        |          |
| letzte Aktivitäten bezüglich virtueller Maschinen: Details                         | 2,5    | 2,5      |
| letzte Aktivitäten im Cloud-Portal: Details  | max    | 1,5      |
| System-Log der virtuellen Maschinen  | je 0,5 | –        |
| Log über Erstellungsprozess der virtuellen Maschinen                               | je 0,5 | –        |
| <b>Virtuelle Maschinen</b>   |        |          |
| <b>16</b>  |        |          |
| Zugang zu virtuellen Maschinen   |        |          |
| Root-Zugang  | 2      | 2        |
| Konsole im Web-Browser   | 2      | –        |
| Remote-Zugriff   | 2      | 2        |
| Zugangsdaten rücksetzbar   | 0,5    | –        |
| Rescue Modus   | 0,5    | –        |
| Interaktionen mit virtuellen Maschinen   |        |          |
| löschen, starten, stoppen, neustarten  | 4      | 4        |
| Aktionen verzögert ausführbar  | je 1   | 1        |
| Backups von virtuellen Maschinen   |        |          |
| manuelle Backups   | 1      | –        |
| automatische Backup-Erstellung, planbar  | 2      | –        |
| Backups nach Löschen der virtuellen Maschine noch verfügbar                        | 1      | –        |
| Backup auf virtuelle Maschine aufspielbar (Rollback auf Backup)                    | 1      | –        |

| pro Element   |  | Punkte  | erzielt     |
|---|--|---------|-------------|
| Übersicht über virtuelle Maschinen mit Serverdetails<br>Details (Name, Status, RAM-Größe, Alter etc.) |  | max 10  | 7           |
| <b>F (Fehlermanagement)</b>   |  |         | <b>12,5</b> |
| Fehler-Logs   |  |         |             |
| Log über Störfälle auf Hosts, auf denen die virtuellen Maschinen laufen                               |  | 1       | –           |
| Anzeige der Ausfallzeiten und der während dessen bezahlten Gebühren                                   |  | 1       | –           |
| Log über Störfälle der virtuellen Maschinen   |  | 1       | –           |
| Selbstdiagnose, schwellwertbedingte/zeitlich getriggerte Aktionen                                     |  | 0,5     | –           |
| Netzwerktest verfügbar (virtuelle Maschine anpingen etc.)   |  | 2       | –           |
| verschiedene Trigger  |  | max     | –           |
| verschiedene Aktionen   |  | 2       | –           |
| Support   |  |         |             |
| Kommunikationswege: über Telefon, Live Chat, Email(-Formular), Trouble Ticket-System                  |  | je 1    | 3           |
| Knowledge Base, FAQs, Foren   |  | je 0,5  | 1           |
| Ticketerstellung: angebbare Details, Anhänge o.ä.   |  | max 1,5 | 1           |
| geschlossene/offene Tickets ansehen: Details (Status, Ticketnummer o.ä.)                              |  | max 3   | 2           |
| 24x7 Support  |  | je 0,25 | 1,5         |
| Ansprechpartner namentlich bekannt  |  | 2       | 2           |
| Meldung von geplanten Downtimes/Wartungszeiten, Betriebszustand der Cloud-Lösung                      |  | 1       | 1           |
| je 1  |  | max 2   | 2           |
| <b>C (Konfigurationsmanagement)</b>   |  |         | <b>27</b>   |
| Standortkonfiguration/Rechenzentren   |  |         |             |
| Anzeige des Standorts   |  | 2,5     | 2,5         |
| Standorte weltweit verteilt, manuell festlegbar   |  | max 2   | –           |
| Virtualisierungstechnik, Architektur wird dargestellt   |  | 1       | –           |
| Preis standortabhängig  |  | 0,25    | –           |



| pro Element  | Punkte  | erzielt |
|--|---------|---------|
| Erstellung neuer virtueller Maschinen  |         |         |
| Definition von Systemparametern (Name, IP-Adresse etc.)                                | max 8   | 5       |
| Definition von Sicherheitsparametern (Firewall, Passwort)                              | max 2   | –       |
| Erstellung mehrerer virtueller Maschinen mit gleichen Werten                           | 1       | –       |
| Einstellung von Start- und Endzeit   | 0,5     | –       |
| Erstellung ab bestimmtem Preis, Preishistorie  | max 1,5 | –       |
| aus existierender virtueller Maschine neue erstellen                                   | 1       | –       |
| je 1   |         |         |
| je 1   |         |         |
| 1+0,5  |         |         |
| Templates für virtuelle Maschinen  |         |         |
| Template-Übersicht (Details, Suchfunktion etc.)  | max 3,5 | 0,5     |
| diverse Linux-Distributionen   | max 1,5 | 1,5     |
| diverse Windows-Versionen  | max 1   | 1       |
| 32- und 64-bit-Versionen   | 0,5     | 0,5     |
| eigene Templates aus virtuellen Maschinen erstellen                                    | 2       | –       |
| eigene Templates von extern hochladen: über Managementoberfläche                       | 1       | –       |
| eigene Templates von extern hochladen: andere Verfahren (FTP o.ä.)                     | 0,5     | –       |
| eigene Templates öffentlich anbieten   | 1       | –       |
| eigene Templates öffentlich anbieten: Einschränkungen festlegbar                       | 0,5     | –       |
| eigene Templates öffentlich anbieten: Marktplatz, Zahlen/Erhalten von Gebühren         | 0,25    | –       |
| Virtuelle Maschine verändern   |         |         |
| Ändern der Systemkonfiguration (CPU, RAM, Name o.ä.)                                   | max 4   | 3       |
| Netzkonfiguration ändern (Netzwerkarten, IP-Adressen fest zuweisen o.ä.)               | max 3   | 3       |
| Rollback der Veränderungen möglich   | 1       | –       |
| Server mit ursprünglicher Konfiguration neu aufsetzen                                  | 1       | –       |
| Einstellen von Skripten für automatische Ausführung beim Start der virtuellen Maschine | 0,5     | –       |
| je 1   |         |         |
| je 1   |         |         |
| Netzmanagement (IP-Adressen, VLAN, DNS, Load Balancer)                                 |         |         |
| dem Kunden fest zugewiesener IP-Addresspool  | 1,5     | 1,5     |
| IP-Addresspool erweiterbar   | 1       | 1       |
| virtueller Maschine bestimmte IP-Adresse zuweisen möglich                              | 1,5     | 1,5     |

| pro Element   | Punkte  | erzielt  |
|---|---------|----------|
| privates VLAN pro Nutzer  | 2       | 2        |
| Darstellung der Verwendung der Adressen im VLAN                                     | 1       | 1        |
| VLAN Monitoring   | 1       | 1        |
| DNS Management vorhanden  | 1       | 1        |
| DNS Management: Funktionen (Domainregistrierung, Reserve DNS Management etc.)       | max 2,5 | 1        |
| Load Balancer konfigurierbar, mehrere Load Balancer erstellbar                      | 1,5     | —        |
| Load Balancer Konfiguration: Algorithmen, Persistence, Health Check o.ä.            | max 2   | —        |
| <b>A (Abrechnungsmanagement und Benutzerverwaltung)</b>                             |         |          |
| Darstellung und Aufschlüsselung der Gebühren  |         | <b>8</b> |
| aktuelle Gebühren auf der Startseite  | 0,5     | —        |
| Darstellung der Gesamtgebühren  | 1       | 1        |
| genaue Aufschlüsselung der Gebühren   | 2       | 2        |
| Darstellung der Uptime  | 1       | 1        |
| Hochrechnung der Kosten   | 1       | —        |
| Zuordnung der virtuellen Maschinen zu Abrechnungspackages                           | 1       | 1        |
| Kostenaufschlüsselung nach Sub-Accounts/Zusammenfassen der Rechnungen mehrerer Acc. | 1       | —        |
| Rechnungen/Quittungen abspeicherbar (als PDF o.ä.)                                  | 1       | —        |
| Verschiedene Abrechnungsmodi  |         |          |
| Preisvorteil durch längerfristige Bindung   | 1,5     | —        |
| Preisvorteil durch größere Abnahmemengen  | 1       | 1        |
| verschiedene Tarifvarianten   | 2       | —        |
| wettbewerbsfähiger Preis  | 1       | 1        |
| Benutzerverwaltung  |         |          |
| Accountverwaltung (Anschriften, Passwörter)   | 1       | 1        |
| Sub-Accounts erstellen und verwalten  | 2       | —        |
| Sub-Accounts mit Rollenverwaltung   | 1       | —        |

| pro Element   | Punkte  | erzielt     |
|---|---------|-------------|
| <b>P (Leistungsmanagement)</b>  |         |             |
| Nutzungsdaten für jede virtuelle Maschine   |         | <b>9,25</b> |
| aktuelle Daten (Auslastung von RAM, CPU o.ä.)                                       | max 7,5 |             |
| grafische Aufbereitung historischer Verläufe  | max 5   |             |
| grafische Aufbereitung historischer Verläufe: Abtastrate, Zeitspanne einstellbar    | max 1   |             |
| statistische Auswertung (Mittel, Maxima o.ä.)                                       | max 1   |             |
| Snapshots speichern   | 0,5     |             |
| Nutzungsdaten aller virtuellen Maschinen (akkumuliert)                              |         | -           |
| textuell (RAM, CPU, HDD, Netz o.ä.)   | max 2   |             |
| grafisch (RAM, CPU, HDD, Netz o.ä.)   | max 2   | 0,5         |
| weitere Monitoringfunktionalitäten  |         | 0,25        |
| Überwachung durch Betreiber (kostenpflichtig)                                       | 0,25    |             |
| Einstellen von Alarmen (Schwellwertüberwachung) (z.B. per Email oder SMS)           | 2       |             |
| Abspeichern von Nutzungsdaten, Nutzungsverläufen                                    | 0,25    | -           |
| Inhalte der Service Level Agreements  |         | 1           |
| Funktionsbeschreibung des Dienstes, Leistungsgrößen                                 | 1       |             |
| verschiedene verfügbare Service Level   | 0,5     |             |
| Verfügbarkeit (max. 100% = 2 Punkte), Anzahl max. Dienstaussfälle in best. Zeitraum | max 2   |             |
| Antwortzeiten für Supportfälle  | max 2   |             |
| durchschnittliche und maximale Dauer für Reparaturen                                | max 1   |             |
| Persistenz der gespeicherten Daten  | 1,5     |             |
| Erstattung von Gebühren bei SLA-Verletzung (Sanktionen bei SLA-Verletzungen)        | 1,5     |             |
| Zugriffsgeschwindigkeit auf Managementoberfläche                                    | 0,5     |             |
| Beschreibung der Datenwiederherstellung   | 0,5     | -           |
| Beschreibung der Disaster Recovery  | 0,5     | 0,5         |

| pro Element   | Punkte                    | erzielt                 |
|---|---------------------------|-------------------------|
| SLA-Überwachung<br>Log über SLA-Verletzungen<br>Vergleich der Leistungsdaten mit in den SLAs festgelegten Werten (Soll/Ist-Vergleich)<br>SLAs maschinenlesbar   | 2<br>1<br>0,5             | —<br>—<br>—             |
| <b>S (Sicherheitsmanagement)</b>  |                           | <b>5,5</b>              |
| Firewall<br>Firewall in Managementoberfläche konfigurierbar<br>Speichern der Einstellungen zur Verwendung bei anderen virtuellen Maschinen möglich  | 2<br>1                    | 1<br>—                  |
| Zugriffsverwaltung<br>Autorisierung für Zugriff auf virtuelle Maschine (durch Public Key/Passwort o.ä.)<br>Festlegen, wer Zugriff auf virtuelle Maschine hat<br>Konfiguration und Einbindung in VPN<br>API-Verwendung nur mit Authentifizierung<br>Verwendung der Managementoberfläche nur nach Authentifizierung | 2<br>1<br>1,5<br>1,5<br>1 | 2<br>—<br>—<br>1,5<br>1 |
| Sicherheit der Daten beim Anbieter<br>Sicherstellung der Sicherheit der Daten durch Audits o.ä.<br>physische Sicherheit der Serverräume   | max<br>3<br>1             | —<br>—                  |
| <i>Erreichte Punktzahl von 200</i>  |                           | <b>89,75</b>            |

Tabelle 6.2.: Bewertung von FlexiScale

## 7. Fazit

In dieser Arbeit wurde ein kategorisierter Anforderungskatalog mit Bewertungsmetrik für *Infrastructure as a Service* Cloud Computing-Lösungen erstellt. Dieser beruht zum einen auf den Wünschen und Bedürfnissen der Nutzer und zum anderen auf einer Bestandsaufnahme bei heute verfügbaren Lösungen. Zur Ermittlung der Wünsche und Bedürfnisse der Nutzer wurde eine Umfrage durchgeführt. Diese Arbeit schildert den gesamten Verlauf von der Erstellung des Fragebogens bis zur Analyse der Umfrageergebnisse. Für die Bestandsaufnahme wurden fünf aktuell verfügbare Cloud Computing-Lösungen auf ihre Funktionalität hin überprüft. Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme wurden für jedes Produkt visuell in Form von erweiterten Sitemaps und textuell festgehalten. Die Zusammenführung der einzelnen Bestandsaufnahmen resultierte in einer zwölfseitigen Tabelle, die aufzeigt, welche Funktionalität in welchem Produkt gefunden wurde. Die Umfrageergebnisse sowie die Ergebnisse der Bestandsaufnahme wurden unter Berücksichtigung weiterer Faktoren aus themenverwandten Arbeiten zu einem Anforderungskatalog zusammengestellt. Dieser enthält auch eine Bewertungsmetrik. Die Gewichtung der jeweiligen Funktionalitäten hängt davon ab, wie sie bei der Umfrage eingeschätzt wurden, bzw. wie häufig sie bei der Bestandsaufnahme vorkamen.

Der entstandene Anforderungskatalog ist zweigliedrig. Der erste Teil führt alle Kategorien auf. Durch ihn gewinnt man eine Übersicht über die Struktur des Kataloges und die Gewichtung der einzelnen Kategorien. Im zweiten Teil sind diese Kategorien genau aufgeschlüsselt. Anhand des zweiten Teils des erstellten Kataloges kann eine Bewertung von Cloud Computing-Lösungen durchgeführt werden. Diese zeigt auf, inwiefern die bewertete Lösung gut oder vollständig ist. Es lässt sich auch erkennen, wo noch Verbesserungsbedarf besteht und inwieweit diese Lösung verändert und erweitert werden muss, um den Bedürfnissen der Nutzer und dem Stand der Technik zu entsprechen. Da Cloud Computing ein wichtiger Trend in der Informatik ist, und ständig neue Produkte auf den Markt kommen, kann dieser Anforderungskatalog für immer mehr Anwender ein praktisches Hilfsmittel bei der Auswahl einer solchen Lösung sein.

### Ausblick

Cloud Computing-Lösungen, und damit auch Produkte für *Infrastructure as a Service*, verzeichnen eine wachsende Nachfrage. Einem großflächigerem Einsatz von Cloud Computing in Produktivumgebungen stehen jedoch oftmals Sicherheitsbedenken im Wege. Besteht Anlass zur Sorge, dass die Daten beim Anbieter nicht sicher sind, können auch große Vorteile durch den Einsatz von Cloud Computing diese Bedenken nicht ausgleichen. Deshalb ist es wichtig, einheitliche Zertifikate und Prüfstellen einzurichten, anhand derer sich der Nutzer sicher sein kann, dass eine bestimmte Lösung als sicher angesehen werden kann. Auch Lock-In-Effekte sind ein großes Hindernis; weitere Schritte in Richtung Standardisierung von Angeboten, Templates und APIs sind noch nötig. Hilfreiche neue Konzepte wären beispielsweise ein Cloud-Speicher, auf den über verschiedene Cloud Computing-Lösungen zugegriffen

## 7. Fazit

werden kann, oder eine Anwendung, die Templates für virtuelle Maschinen für diverse Cloud Computing-Lösungen ineinander konvertiert.

Dennoch wird sich, wie in [BYV<sup>+</sup>09] beschrieben, in Zukunft ein globaler Cloud-Markt bilden. Auf diesem Markt kaufen Broker Ressourcen, also z.B. Rechenkapazitäten, verschiedener Anbieter von Cloud Computing-Lösungen ein, und verkaufen sie - für den Nutzer transparent als eine Lösung - an ihre Kunden.

In Zukunft wird Cloud Computing einen immer größer werdenden Stellenwert in der IT einnehmen. Durch die steigende Leistung mobiler Endgeräte und die allgegenwärtige Verfügbarkeit von Breitband-Internetanschlüssen können Cloud-Dienste auch bereits unterwegs genutzt werden. Beispielsweise bietet Rackspace bereits eine iPad-Anwendung an, über die virtuelle Maschinen erstellt und verwaltet werden können. Auch eine Steuerung von Cloud Computing-Lösungen über Handys oder Smartphones ist keine Vision mehr.

# A. Anhang

## A.1. Trouble Ticket-System von FlexiScale

In Abb. A.1 ist eine Antwort von FlexiScale auf eine über das Trouble Ticket-System gesendete Anfrage zu sehen. Dabei wurden Fragen gestellt, auf die auf den Internetseiten von FlexiScale keine Antworten gefunden werden konnten.

The screenshot displays the FlexiScale ticket system interface. On the left is a navigation menu with categories like General, Contact Details, Billing, Tickets, and Firewalls. The main content area shows a ticket summary for [xcalibre.co.uk #742339]. The ticket details include the subject 'Image, SLA and Package', the name 'Nathan Higgins', and the creation time '2009-12-23 15:36:36'. The response text explains that the platform is unmanaged but offers managed packages for those who need assistance with maintaining and monitoring virtual environments. It also mentions that support engineers monitor the environment 24/7. The response is signed by Nathan Higgins, Systems Administrator at Flexiant Ltd, with contact information including a telephone number and website URL.

| Subject   | Name                | Created             |
|---|---------------------|---------------------|
| <a href="#">View</a> Image, SLA and Package       | (Marcel Michelmann) | 2009-12-23 10:58:58 |
| <a href="#">View</a> RE: [xcalibre.co.uk #742339] | Nathan Higgins      | 2009-12-23 15:36:36 |

[Reply to Ticket](#) [Close Ticket](#)

From: support@xcalibre.co.uk  
Time: 2009-12-23 15:36:36

Hi Marcel,

We are currently working on enabling the customers to upload their own images and mount them from a "virtual CD drive". This functionality is due to be released in BETA format in early January when we bring our new Sun Amber road storage solution online.

The Flexiscale platform is an unmanaged platform but we do offer managed packages for those customers who require assistance with maintaining and monitoring their virtual environments, currently this is on Linux O/S only. We have support engineers monitor our Flexiscale environment integrity 24/7 and we also monitor managed virtual servers in the same way.

'Packages' is simply used to separate out various types of accounts mainly for billing purposes, it is not directly related to the virtual servers. For example you may have a package for web hosting and one for virtual servers.

Regards,

Nathan Higgins  
Systems Administrator  
Flexiant Ltd

Telephone: 0870 050 0080

<http://www.xcalibre.co.uk>

Home || Network Status || [Open Ticket](#) || [Help](#) [Log Out](#)

Abbildung A.1.: Antwort im Trouble Ticket-System von FlexiScale

## A.2. Fragebogen in deutscher Sprache

### Allgemeine Fragen

**1 In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig? \***

**2 Welcher der folgenden Gruppen gehören Sie an? \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Cloud Computing-Nutzer (Endanwender)
- Administrator einer Cloud
- Reseller/(kommerzieller) Anbieter einer Cloud Computing-Lösung
- Berater für Cloud Computing
- Sonstiges

**3 Seit wann nutzen Sie Cloud Computing?  
bzw. Seit wann bieten Sie Ihren Kunden Cloud Computing an? \***

**4 Welches Produkt/Welche Produkte setzen Sie dafür ein? \***

**5 Handelt es sich um eine Public Cloud oder um eine Private Cloud? \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Public Cloud
- Private Cloud
- Hybrid Cloud
- unbekannt
- Sonstiges

**6 Falls es sich um eine Private Cloud handelt, wo befindet sich das Rechenzentrum dafür?  
(z.B. beim Kunden, bei Ihnen, beim Anbieter?)**

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

\* Die Antwort war 'Private Cloud' bei Frage '5' (Handelt es sich um eine Public Cloud oder um eine Private Cloud?)

**7 Wie wichtig wäre es Ihnen (bzw. Ihren Kunden) bei einer Public Cloud mit  
verschiedenen Standorten, Einfluss darauf nehmen zu können, in welchem  
Rechenzentrum die Daten gehalten werden? \***

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

sehr  
unwichtig

äußerst  
wichtig

Abbildung A.2.: Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 1/6)



### Einsatzszenarien

**8 Wie setzen Sie (bzw. falls Sie nicht Endanwender sind: Wie setzen Ihre Kunden) Cloud Computing ein? Bitte beschreiben Sie typische Anwendungsfälle und Einsatzszenarien. \***

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

Erstellung virtueller Maschinen um darauf rechenintensive Operationen durchzuführen

Nutzung zur Bereitstellung von webbasierten Diensten

Erstellung virtueller Maschinen für Testzwecke (z.B. um Softwaretests darauf durchzuführen)

Als Speicher zur Archivierung von Daten

Sonstiges:

### Virtuelle Maschinen

**9 Wie bewerten Sie (unabhängig davon, ob sie angeboten werden oder nicht) folgende Zugriffsarten auf die in der Cloud erstellten virtuellen Maschinen? \***

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

|   | sehr<br>unwichtig     |                       |                       |                       |                       | äußerst<br>wichtig    |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| über den Web-Browser  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| über eine Programmierschnittstelle  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| über einen entfernten Konsolenzugriff (z.B. ssh)                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| über einen entfernten Desktopzugriff (z.B. nx Client oder Remote Desktop) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**10 Falls Sie noch weitere Zugriffarten verwenden, oder gerne verwenden würden, können Sie diese hier angeben:**

**11 Wie wichtig ist es für Sie (bzw. falls Sie nicht Endanwender sind: Ihre Kunden), ein Betriebssystem Ihrer (bzw. ihrer) Wahl (z.B. eine ganz bestimmte Windows- oder Linux-Version), als Betriebssystem der virtuellen Maschinen nutzen zu können? \***

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

| sehr<br>unwichtig     |                       |                       |                       |                       | äußerst<br>wichtig    |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**12 Wie bewerten Sie folgende Upload-Möglichkeiten für Templates (Appliances) für virtuelle Maschinen? \***

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

|                                      | sehr<br>unwichtig     |                       |                       |                       |                       | äußerst<br>wichtig    |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| direkt über die Managementoberfläche | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| über FTP                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Abbildung A.3.: Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 2/6)

**13 Falls Sie noch weitere Upload-Möglichkeiten für Templates verwenden, oder gerne verwenden würden, können Sie diese hier angeben:**

**14 Falls Sie Administrator oder Betreiber der Cloud-Lösung sind: Können virtuelle Maschinen der Kunden (Deployments) zur Lastverteilung von einem Server auf einen anderen verschoben werden?**

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- nicht möglich
- manuell möglich
- erfolgt automatisch
- kann manuell und automatisch erfolgen

### Managementoberfläche

*Als Endanwender beziehen Sie sich bitte auf das Ihnen zugängliche Cloud-Portal; als Administrator/Betreiber beziehen Sie sich bitte auf Ihre Cloud-Managementoberfläche.*

**15 Wie bewerten Sie die folgenden Zugriffsarten auf das Management der Cloud Computing-Lösung? \***

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

|  | sehr<br>unwichtig     |                       |                       |                       |                       |                       | äußerst<br>wichtig    |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Zugriff auf eine grafische Managementoberfläche über den Web-Browser | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Zugriff über ein gesondertes Programm                                | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Integration in eigene Programme                                      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Zugriff über eine Kommandozeile                                      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**16 Falls Sie noch weitere Zugriffsarten auf das Management der Cloud Computing-Lösung verwenden, oder gerne verwenden würden, können Sie diese hier angeben:**

**17 Wie häufig nutzen Sie die folgenden Funktionen der Managementoberfläche? \***

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

|   | nicht<br>vorhanden    | nie                   |                       |                       |                       |                       |                       | sehr<br>häufig        |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Erstellung virtueller Maschinen   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Übersicht über die aktuell laufenden virtuellen Maschinen   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Überwachung des laufenden Betriebs  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Grundlegende Steuerung der virtuellen Maschinen (neustarten, abschalten,...)  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Änderungen an der Konfiguration der virtuellen Maschinen (z.B. RAM-Größe, Anzahl der CPUs)                          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Einsehen von Log-Files  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Einstellen von Ereignissen, die Alarm auslösen (z.B. bei einem Grenzwert Email-Benachrichtigung an jemanden senden) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Aktuelle Rechnungsdaten einsehen  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Abbildung A.4.: Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 3/6)

**18 Welche weiteren Funktionen der Managementoberfläche nutzen Sie? \***

**19 Welche Interaktionsmöglichkeiten auf der Managementoberfläche würden Sie sich über den aktuellen Funktionsumfang hinaus wünschen? \***

**20 Welche Leistungsdaten und Logs sind für Sie von Interesse? \***

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

|   | sehr<br>unwichtig     | ○                     | ○                     | ○                     | ○                     | ○                     | äußerst<br>wichtig    |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| momentane CPU-Auslastung der einzelnen virtuellen Maschinen                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| historische Durchschnitts-CPU-Auslastung der einzelnen virtuellen Maschinen | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| momentane RAM-Auslastung der einzelnen virtuellen Maschinen                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| historische Durchschnitts-RAM-Auslastung der einzelnen virtuellen Maschinen | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| verbrauchte Kapazität des Hintergrundspeichers                              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Netzauslastung  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Störfälle   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**21 Welche weiteren Leistungsdaten und Logs sind für Sie von Interesse?**

**Abrechnung**

**22 Welche Abrechnungsart bevorzugen Sie? \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

nutzungsabhängige Abrechnung (pay per use)

vorher festgelegte monatliche Gebühr (Flatrate)

**23 Wie wichtig ist für eine nutzungsabhängige Abrechnung ("pay per use") der Detailreichtum der folgenden Faktoren? \***

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

|                                    | sehr<br>unwichtig     | ○                     | ○                     | ○                     | ○                     | ○                     | äußerst<br>wichtig    |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Uptime (tatsächliche Nutzungszeit) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| genutzter Hintergrundspeicher      | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Belastung des Netzes               | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Abbildung A.5.: Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 4/6)

**24 Welche weiteren Faktoren sollten Einfluss auf die Nutzungsgebühr haben?**

### Sicherheit

**25 Können Sie über die Managementoberfläche Firewall-Regeln für die virtuellen Maschinen erstellen? \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- nicht möglich
- für Laien möglich
- mit Grundwissen möglich
- nur von Fachleuten konfigurierbar

**26 Sind für den Einsatz der Cloud Computing-Lösung spezielle Sicherheitsmaßnahmen, wie z.B. der Aufbau eines VPN, Verschlüsselung der Daten, getroffen worden? \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein

**27 Welche sicherheitsrelevanten Maßnahmen wurden getroffen? \***

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

\* Die Antwort war 'Ja' bei Frage '26' (Sind für den Einsatz der Cloud Computing-Lösung spezielle Sicherheitsmaßnahmen, wie z.B. der Aufbau eines VPN, Verschlüsselung der Daten, getroffen worden?)

### Servicequalität

**28 Gibt es zwischen dem Endanwender und dem Betreiber der Cloud Computing-Lösung Service Level Agreements, also Verträge über die Dienstgüte? \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein

Abbildung A.6.: Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 5/6)

**29 Welche Punkte beinhalten die Service Level Agreements? \***

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
\* Die Antwort war 'Ja' bei Frage '28' (Gibt es zwischen dem Endanwender und dem Betreiber der Cloud Computing-Lösung Service Level Agreements, also Verträge über die Dienstgüte?)

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Verfügbarkeit der Cloud Lösung
- Zugriffsgeschwindigkeit auf die Managementoberfläche
- zugesicherte Leistungsmerkmale (z.B. CPU-Zyklen)
- Sicherheit des Dienstes und der Daten

**30 Welche weiteren Punkte wurden in den Service Level Agreements festgelegt?**

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
\* Die Antwort war 'Ja' bei Frage '28' (Gibt es zwischen dem Endanwender und dem Betreiber der Cloud Computing-Lösung Service Level Agreements, also Verträge über die Dienstgüte?)

**31 Ist die aktuelle Dienstgüte über die Managementoberfläche einsehbar? \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein

**32 Ist über die Managementoberfläche erkennbar, inwieweit Service Level Verträge eingehalten werden? \***

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja
- Nein

## Support

**33 Wie kann der Endanwender bei Problemen mit der Cloud vorgehen? \***

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

- Problemlösung durch IT-Abteilung des Endanwenders
- Knowledge Base (FAQ), bereitgestellt durch den Cloud-Betreiber
- Kundenservice des Cloud-Betreibers über ein Trouble Ticket System, direkt über die Managementseite
- Kundenservice des Cloud-Betreibers über Email-Support
- Kundenservice des Cloud-Betreibers über Telefon-Support
- Kundenservice des Cloud-Betreibers durch Support vor Ort
- Sonstiges:

Abbildung A.7.: Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 6/6)

### A.3. Gesamter Anforderungskatalog mit Bewertungsmetrik

|   | pro Element | Punkte  | $\Sigma$ |
|---|-------------|---------|----------|
| <b>Allgemeine Anforderungen an den Anbieter und die Cloud Computing-Lösung</b>      |             |         |          |
| Allgemeine Anforderungen an den Anbieter  |             |         | 2        |
| Anbieter bietet Komplettlösung an   |             | 0,25    |          |
| Anbieter hat großes Partnernetzwerk   |             | 0,25    |          |
| Anbieter ist große/etablierte Firma   |             | 1       |          |
| Offenlegung von Prozessen (z.B. Incident Management o.ä.)                           |             | max 0,5 |          |
| Interaktionen zwischen verschiedenen Cloud Computing-Lösungen/Standardisierung      |             |         | 4        |
| Datenaustausch zwischen verschiedenen virtuellen Maschinen möglich                  |             | 0,5     |          |
| Virtuelle Maschinen können von einer Cloud in eine andere geschoben werden          |             | 0,5     |          |
| Verwendung von Standards bzgl. API / Datenformaten (z.B. für Backups und Templates) | je 1,5      | max 3   |          |
| permanenten Speicher  |             |         | 3,75     |
| Cloud-Speicher verfügbar, kann an virtuelle Maschinen gehängt werden                |             | 2       |          |
| Snapshots des Speichers erstellbar  |             | 1       |          |
| Snapshots veröffentlichten möglich, Rechte für Verwendung setzbar                   |             | 0,25    |          |
| Synchronisation des Speichers mit lokalem Datenträger                               |             | 0,5     |          |
| API   |             |         | 5        |
| SOAP API, REST API  | je 1        | max 2   |          |
| offene Schnittstellen für Integration an bestehende Systeme                         |             | 1       |          |
| Sprachanbindungen für verschiedene Programmiersprachen                              | je 0,25     | max 2   |          |
| Sonstiges   |             |         | 1,25     |
| für selbstskalierende Systeme: Abschaltung des Clusters nach Beendigung des Jobs    |             | 0,25    |          |
| Nutzung eines CDN für Webserver   |             | 0,5     |          |
| Vertragslänge unter einem Jahr  |             | 0,5     |          |

| pro Element  | Punkte | $\Sigma$  |
|--|--------|-----------|
| <b>Managementoberfläche</b>  |        |           |
| Zugang zum Management  |        | <b>10</b> |
| web-basiertes Cloud-Portal   | 2      | 4,5       |
| Portal bietet Dashboard (Übersicht über aktuelle Kosten, virtuelle Maschinen etc.) | 1      |           |
| Integration in oder Zugriff über Produkte von Drittanbietern                       | 1      |           |
| konsolenbasiertes Management   | 0,5    |           |
| Logging  |        | 5,5       |
| letzte Aktivitäten bezüglich virtueller Maschinen: Details                         | je 0,5 | max 2,5   |
| letzte Aktivitäten im Cloud-Portal: Details  | je 0,5 | max 1,5   |
| System-Log der virtuellen Maschinen  | 1      |           |
| Log über Erstellungsprozess der virtuellen Maschinen                               | 0,5    |           |
| <b>Virtuelle Maschinen</b>   |        |           |
| Zugang zu virtuellen Maschinen   |        | <b>27</b> |
| Root-Zugang  | 2      | 7         |
| Konsole im Web-Browser   | 2      |           |
| Remote-Zugriff   | 2      |           |
| Zugangsdaten rücksetzbar   | 0,5    |           |
| Rescue Modus   | 0,5    |           |
| Interaktionen mit virtuellen Maschinen   |        | 5         |
| löschen, starten, stoppen, neustarten  | max 4  |           |
| Aktionen verzögert ausführbar  | 1      |           |
| Backups von virtuellen Maschinen   |        | 5         |
| manuelle Backups   | 1      |           |
| automatische Backup-Erstellung, planbar  | 2      |           |
| Backups nach Löschen der virtuellen Maschine noch verfügbar                        | 1      |           |
| Backup auf virtuelle Maschine aufspielbar (Rollback auf Backup)                    | 1      |           |

|   | pro Element | Punkte  | $\Sigma$  |
|---|-------------|---------|-----------|
| Übersicht über virtuelle Maschinen mit Serverdetails<br>Details (Name, Status, RAM-Größe, Alter etc.) | je 0,5      | max 10  | 10        |
| <b>F (Fehlermanagement)</b>   |             |         | <b>23</b> |
| Fehler-Logs   |             |         | 3         |
| Log über Störfälle auf Hosts, auf denen die virtuellen Maschinen laufen                               |             | 1       |           |
| Anzeige der Ausfallzeiten und der während dessen bezahlten Gebühren                                   |             | 1       |           |
| Log über Störfälle der virtuellen Maschinen   |             | 1       |           |
| Selbstdiagnose, schwellwertbedingte/zeitlich getriggerte Aktionen                                     |             | 0,5     | 4,5       |
| Netzwerktest verfügbar (virtuelle Maschine anpingen etc.)   | je 0,5      | max 2   |           |
| verschiedene Trigger  | je 0,5      | max 2   |           |
| verschiedene Aktionen   |             |         |           |
| Support   |             |         | 15,5      |
| Kommunikationswege: über Telefon, Live Chat, Email(-Formular), Trouble Ticket-System                  | je 1        | max 4   |           |
| Knowledge Base, FAQs, Foren   | je 0,5      | max 1,5 |           |
| Ticketerstellung: angebbare Details, Anhänge o.ä.   | je 0,5      | max 3   |           |
| geschlossene/offene Tickets ansehen: Details (Status, Ticketnummer o.ä.)                              | je 0,25     | max 2   |           |
| 24x7 Support  |             | 2       |           |
| Ansprechpartner namentlich bekannt  |             | 1       |           |
| Meldung von geplanten Downtimes/Wartungszeiten, Betriebszustand der Cloud-Lösung                      | je 1        | max 2   |           |
| <b>C (Konfigurationsmanagement)</b>   |             |         | <b>56</b> |
| Standortkonfiguration/Rechenzentren   |             |         | 5,75      |
| Anzeige des Standorts   |             | 2,5     |           |
| Standorte weltweit verteilt, manuell festlegbar   | je 1        | max 2   |           |
| Virtualisierungstechnik, Architektur wird dargestellt   |             | 1       |           |
| Preis standortabhängig  |             | 0,25    |           |



| pro Element  | Punkte  | $\Sigma$ |
|--|---------|----------|
| Erstellung neuer virtueller Maschinen  |         | 14       |
| Definition von Systemparametern (Name, IP-Adresse etc.)                                | max 8   |          |
| Definition von Sicherheitsparametern (Firewall, Passwort)                              | max 2   |          |
| Erstellung mehrerer virtueller Maschinen mit gleichen Werten                           | 1       |          |
| Einstellung von Start- und Endzeit   | 0,5     |          |
| Erstellung ab bestimmtem Preis, Preishistorie  | 1,5     |          |
| aus existierender virtueller Maschine neue erstellen                                   | 1       |          |
| Templates für virtuelle Maschinen  |         | 11,75    |
| Template-Übersicht (Details, Suchfunktion etc.)  | max 3,5 |          |
| diverse Linux-Distributionen   | max 1,5 |          |
| diverse Windows-Versionen  | max 1   |          |
| 32- und 64-bit-Versionen   | 0,5     |          |
| eigene Templates aus virtuellen Maschinen erstellen                                    | 2       |          |
| eigene Templates von extern hochladen: über Managementoberfläche                       | 1       |          |
| eigene Templates von extern hochladen: andere Verfahren (FTP o.ä.)                     | 0,5     |          |
| eigene Templates öffentlich anbieten   | 1       |          |
| eigene Templates öffentlich anbieten: Einschränkungen festlegbar                       | 0,5     |          |
| eigene Templates öffentlich anbieten: Marktplatz, Zahlen/Erhalten von Gebühren         | 0,25    |          |
| Virtuelle Maschine verändern   |         | 9,5      |
| Ändern der Systemkonfiguration (CPU, RAM, Name o.ä.)                                   | max 4   |          |
| Netzkonfiguration ändern (Netzwerkarten, IP-Adressen fest zuweisen o.ä.)               | max 3   |          |
| Rollback der Veränderungen möglich   | 1       |          |
| Server mit ursprünglicher Konfiguration neu aufsetzen                                  | 1       |          |
| Einstellen von Skripten für automatische Ausführung beim Start der virtuellen Maschine | 0,5     |          |
| Netzmanagement (IP-Adressen, VLAN, DNS, Load Balancer)                                 |         | 15       |
| dem Kunden fest zugewiesener IP-Addresspool  | 1,5     |          |
| IP-Addresspool erweiterbar   | 1       |          |
| virtueller Maschine bestimmte IP-Adresse zuweisen möglich                              | 1,5     |          |

|   | pro Element | Punkte | $\Sigma$  |
|---|-------------|--------|-----------|
| privates VLAN pro Nutzer  |             | 2      |           |
| Darstellung der Verwendung der Adressen im VLAN                                     |             | 1      |           |
| VLAN Monitoring   |             | 1      |           |
| DNS Management vorhanden  |             | 1      |           |
| DNS Management: Funktionen (Domainregistrierung, Reserve DNS Management etc.)       | je 0,5      | max    | 2,5       |
| Load Balancer konfigurierbar, mehrere Load Balancer erstellbar                      | 1+0,5       | 1,5    |           |
| Load Balancer Konfiguration: Algorithmen, Persistence, Health Check o.ä.            | je 0,5      | max    | 2         |
| <b>A (Abrechnungsmanagement und Benutzerverwaltung)</b>                             |             |        | <b>18</b> |
| Darstellung und Aufschlüsselung der Gebühren  |             | 0,5    | 8,5       |
| aktuelle Gebühren auf der Startseite  |             | 1      |           |
| Darstellung der Gesamtgebühren  |             | 2      |           |
| genaue Aufschlüsselung der Gebühren   |             | 1      |           |
| Darstellung der Uptime  |             | 1      |           |
| Hochrechnung der Kosten   |             | 1      |           |
| Zuordnung der virtuellen Maschinen zu Abrechnungspackages                           |             | 1      |           |
| Kostenaufschlüsselung nach Sub-Accounts/Zusammenfassen der Rechnungen mehrerer Acc. |             | 1      |           |
| Rechnungen/Quittungen abspeicherbar (als PDF o.ä.)                                  |             | 1      |           |
| Verschiedene Abrechnungsmodi  |             |        | 5,5       |
| Preisvorteil durch längerfristige Bindung   |             | 1,5    |           |
| Preisvorteil durch größere Abnahmemengen  |             | 1      |           |
| verschiedene Tarifvarianten   |             | 2      |           |
| wettbewerbsfähiger Preis  |             | 1      |           |
| Benutzerverwaltung  |             |        | 4         |
| Accountverwaltung (Anschriften, Passwörter)   |             | 1      |           |
| Sub-Accounts erstellen und verwalten  |             | 2      |           |
| Sub-Accounts mit Rollenverwaltung   |             | 1      |           |

| pro Element   | Punkte   | $\Sigma$  |
|---|----------|-----------|
| <b>P (Leistungsmanagement)</b>  |          |           |
| Nutzungsdaten für jede virtuelle Maschine   |          | <b>36</b> |
| aktuelle Daten (Auslastung von RAM, CPU o.ä.)                                       | max 7,5  | 15        |
| grafische Aufbereitung historischer Verläufe  | max 5    |           |
| grafische Aufbereitung historischer Verläufe: Abstrakte, Zeitspanne einstellbar     | max 1    |           |
| statistische Auswertung (Mittel, Maxima o.ä.)                                       | max 1    |           |
| Snapshots speichern   | 0,5      |           |
|   |          |           |
| Nutzungsdaten aller virtuellen Maschinen (akkumuliert)                              |          | 4         |
| textuell (RAM, CPU, HDD, Netz o.ä.)   | max 2    |           |
| grafisch (RAM, CPU, HDD, Netz o.ä.)   | max 2    |           |
|   |          |           |
| weitere Monitoringfunktionalitäten  |          | 2,5       |
| Überwachung durch Betreiber (kostenpflichtig)                                       | je 0,5   |           |
| Einstellen von Alarmen (Schwellwertüberwachung) (z.B. per Email oder SMS)           | je 0,5   |           |
| Abspeichern von Nutzungsdaten, Nutzungsverläufen                                    | max 0,25 |           |
|   |          |           |
| Inhalte der Service Level Agreements  |          | 11        |
| Funktionsbeschreibung des Dienstes, Leistungsgrößen                                 | 1        |           |
| verschiedene verfügbare Service Level   | 0,5      |           |
| Verfügbarkeit (max. 100% = 2 Punkte), Anzahl max. Dienstaussfälle in best. Zeitraum | max 2    |           |
| Antwortzeiten für Supportfälle  | max 2    |           |
| durchschnittliche und maximale Dauer für Reparaturen                                | max 1    |           |
| Persistenz der gespeicherten Daten  | 1,5      |           |
| Erstattung von Gebühren bei SLA-Verletzung (Sanktionen bei SLA-Verletzungen)        | 1,5      |           |
| Zugriffsgeschwindigkeit auf Managementoberfläche                                    | 0,5      |           |
| Beschreibung der Datenwiederherstellung   | 0,5      |           |
| Beschreibung der Disaster Recovery  | 0,5      |           |

| pro Element   | Punkte                    | $\Sigma$  |
|---|---------------------------|-----------|
| SLA-Überwachung<br>Log über SLA-Verletzungen<br>Vergleich der Leistungsdaten mit in den SLAs festgelegten Werten (Soll/Ist-Vergleich)<br>SLAs maschinenlesbar   | 2<br>1<br>0,5             | 3,5       |
| <b>S (Sicherheitsmanagement)</b>  |                           | <b>14</b> |
| Firewall<br>Firewall in Managementoberfläche konfigurierbar<br>Speichern der Einstellungen zur Verwendung bei anderen virtuellen Maschinen möglich  | 2<br>1                    | 3         |
| Zugriffsverwaltung<br>Autorisierung für Zugriff auf virtuelle Maschine (durch Public Key/Passwort o.ä.)<br>Festlegen, wer Zugriff auf virtuelle Maschine hat<br>Konfiguration und Einbindung in VPN<br>API-Verwendung nur mit Authentifizierung<br>Verwendung der Managementoberfläche nur nach Authentifizierung | 2<br>1<br>1,5<br>1,5<br>1 | 7         |
| Sicherheit der Daten beim Anbieter<br>Sicherstellung der Sicherheit der Daten durch Audits o.ä.<br>physische Sicherheit der Serverräume   | max<br>3<br>1             | 4         |
| <i>Gesamtpunktzahl</i>  |                           | 200       |

Tabelle A.1.: Gesamter Anforderungskatalog mit Bewertungsmetrik

# Abbildungsverzeichnis

|   |     |
|---|-----|
| 1.1. Aufbau der Arbeit mit Kapitelnummern . . . . .                                   | 2   |
| 2.1. Übersicht über Cloud-Dienste mit Fokus auf Infrastructure as a Service . . . . . | 4   |
| 2.2. Zwei Varianten von Clouds . . . . .  | 5   |
| 3.1. Aus einer Webseite wird eine normale Sitemap . . . . .                           | 12  |
| 3.2. Aus einer Webseite wird eine erweiterte Sitemap . . . . .                        | 13  |
| 3.3. Legende für die hier erstellten Sitemaps . . . . .                               | 13  |
| 3.4. Diagnose einer virtuellen Maschine bei Rackspace . . . . .                       | 16  |
| 3.5. Sitemap des Rackspace Cloud-Portals . . . . .                                    | 19  |
| 3.6. Startseite des GoGrid Cloud-Portals . . . . .                                    | 21  |
| 3.7. Übersicht über erstellte Images bei GoGrid . . . . .                             | 22  |
| 3.8. Sitemap des GoGrid Cloud-Portals . . . . .                                       | 25  |
| 3.9. Serverdetails bei FlexiScale . . . . .   | 28  |
| 3.10. Verwaltung von Firewalls in FlexiScale . . . . .                                | 30  |
| 3.11. Details eines VLANs bei FlexiScale . . . . .                                    | 31  |
| 3.12. Sitemap des FlexiScale Cloud-Portals . . . . .                                  | 32  |
| 3.13. Sitemap der Amazon Web Services Internetseite . . . . .                         | 35  |
| 3.14. CloudWatch Monitoring in der Amazon EC2 Managementkonsole . . . . .             | 39  |
| 3.15. Sitemap der Amazon EC2 Managementkonsole (Teil 1/2) . . . . .                   | 42  |
| 3.16. Sitemap der Amazon EC2 Managementkonsole (Teil 2/2) . . . . .                   | 43  |
| 3.17. Cloud-Verwaltung bei Zimory . . . . .   | 47  |
| 3.18. Sitemap des Zimory Cloud-Portals . . . . .                                      | 48  |
| 4.1. Systematik des Fragebogens . . . . .   | 63  |
| 4.2. Auswertung von Frage 7 . . . . .   | 70  |
| 4.3. Auswertung von Frage 8 . . . . .   | 70  |
| 4.4. Auswertung von Frage 9 . . . . .   | 71  |
| 4.5. Auswertung von Frage 15 . . . . .  | 73  |
| 4.6. Auswertung von Frage 17 . . . . .  | 74  |
| 4.7. Auswertung von Frage 20 . . . . .  | 78  |
| 4.8. Auswertung von Frage 25 . . . . .  | 80  |
| 4.9. Auswertung von Frage 33 . . . . .  | 81  |
| 6.1. Veranschaulichung des Vorgehens bei einer Bewertung (Beispiel a) . . . . .       | 89  |
| 6.2. Veranschaulichung des Vorgehens bei einer Bewertung (Beispiel b) . . . . .       | 89  |
| 6.3. Veranschaulichung des Vorgehens bei einer Bewertung (Beispiel c) . . . . .       | 90  |
| A.1. Antwort im Trouble Ticket-System von FlexiScale . . . . .                        | 101 |
| A.2. Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 1/6) . . . . .                             | 102 |

*Abbildungsverzeichnis*

|   |     |
|---|-----|
| A.3. Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 2/6) | 103 |
| A.4. Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 3/6) | 104 |
| A.5. Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 4/6) | 105 |
| A.6. Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 5/6) | 106 |
| A.7. Fragebogen in deutscher Sprache (Teil 6/6) | 107 |

# Literaturverzeichnis

- [AFG<sup>+</sup>09] ARMBRUST, MICHAEL, ARMANDO FOX, REAN GRIFFITH, ANTHONY D. JOSEPH, RANDY H. KATZ, ANDREW KONWINSKI, GUNHO LEE, DAVID A. PATTERSON, ARIEL RABKIN, ION STOICA und MATEI ZAHARIA: *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. University of California at Berkeley, Electrical Engineering and Computer Sciences, 10.02.2009.
- [Bab09] BABCOCK, CHARLES: *Why 'Private Cloud' Computing Is Real – And Worth Considering*. InformationWeek, (13.04.2009), 2009. <http://www.informationweek.com/news/software/hosted/showArticle.jhtml?articleID=216500083>.
- [BIT09] *Cloud Computing - Evolution in der Technik, Revolution im Business: BITKOM-Leitfaden*, 2009.
- [BKNT10] BAUN, CHRISTIAN, MARCEL KUNZE, JENS NIMIS und STEFAN TAI: *Cloud Computing: Web-basierte dynamische IT-Services*. Informatik im Fokus. Springer, Berlin, 2010.
- [BYV<sup>+</sup>09] BUYYA, RAJKUMAR, CHEE SHIN YEO, SRIKUMAR VENUGOPAL, JAMES BROBERG und IVONA BRANDIC: *Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility*. *Future Generation Computer Systems*, 25(6):599–216, 2009.
- [Cav08] CAVOUKIAN, ANN: *Privacy in the clouds*. *Identity in the Information Society*, 1(1):89–108, 2008.
- [CGJ<sup>+</sup>09] CHOW, RICHARD, PHILIPPE GOLLE, MARKUS JAKOBSSON, ELAINE SHI, JESSICA STADDON, RYUSUKE MASUOKA und JESUS MOLINA: *Controlling data in the cloud: outsourcing computation without outsourcing control*. In: ACM (Herausgeber): *CCSW '09: Proceedings of the 2009 ACM workshop on Cloud computing security*, Seiten 85–90, New York, 2009.
- [DB08] DAWSON, PHILIP und THOMAS J. BITTMAN: *Virtualization Changes Virtually Everything*. Gartner Research, (Nr. G00156488), 28.03.2008.
- [DRMD08] DA ROLD, CLAUDIO, WILLIAM MAURER und PHILIP DAWSON: *The Impact of Virtualization and Alternative Models on Outsourcing*. Gartner Research, (Nr. G00155034), 15.02.2008.
- [EC2] *Amazon EC2 Instance Types*. <http://aws.amazon.com/ec2/instance-types/>.
- [EC210] *Amazon EC2 - Service Level Agreement, 2008-2010*. <http://aws.amazon.com/ec2-sla/>.

- [EMS94] EDWARDS, W. KEITH, ELIZABETH D. MYNATT und KATHRYN STOCKTON: *Providing Access to Graphical User Interfaces - Not Graphical Screens*. In: ACM (Herausgeber): *Assets '94: Proceedings of the first annual ACM conference on Assistive technologies*, Seiten 47–54, New York, 1994.
- [Far09] FARBER, ROB: *Cloud Computing: Pie in the sky?* Scientific Computing, 26(6):18–20, 2009.
- [Fle08] *FlexiScale - API 0.5 Reference*, 2008. <https://api.flexiscale.com/current/doc/>.
- [Fle09a] *FlexiScale - FAQs*, 2009. <http://www.flexiscale.com/faqs.php>.
- [Fle09b] *FlexiScale - Support & Services*, 2009. [http://www.flexiscale.com/support\\_and\\_services.php](http://www.flexiscale.com/support_and_services.php).
- [Gag02] GAGNON, GABRIELLE: *Mapping Your Site*. PC Magazine, 21(3):IP01–03, 2002.
- [Gen08a] GENS, FRANK: *IT Cloud Services User Survey, pt.2: Top Benefits & Challenges*, 2008. <http://blogs.idc.com/ie/?p=210>.
- [Gen08b] GENS, FRANK: *IT Cloud Services User Survey, pt.3: What Users Want From Cloud Services Providers*, 2008. <http://blogs.idc.com/ie/?p=213>.
- [Gil09] GILMAN, RICK: *Clearing confusion on cloud computing*. American Agent & Broker, 81(9):22–24, 2009.
- [GoG] *GoGrid - GoGrid's San Francisco Data Center*. <http://www.gogrid.com/company/facilities.php>.
- [GoG08] *GoGrid - Service Level Agreement*, 31.10.2008. <http://www.gogrid.com/legal/sla.php>.
- [GoG09a] *GoGrid - Content Delivery Network*, 2009. <http://www.gogrid.com/content-delivery-network/>.
- [GoG09b] *GoGrid - Glossary of Terms*, 2009. [http://wiki.gogrid.com/wiki/index.php/Glossary\\_of\\_Terms#X](http://wiki.gogrid.com/wiki/index.php/Glossary_of_Terms#X).
- [GoG09c] *GoGrid Wiki - API*, 30.11.2009. <http://wiki.gogrid.com/wiki/index.php/API>.
- [Goo09] *Google App Engine Terms of Service*, 17.11.2009. <http://code.google.com/intl/de-DE/appengine/terms.html>.
- [HAN99] HEGERING, HEINZ-GERD, SEBASTIAN ABECK und BERNHARD NEUMAIR: *Integriertes Management vernetzter Systeme: Konzepte, Architekturen und deren betrieblicher Einsatz*. dpunkt, Heidelberg, 1999.
- [Hen03] HENNING, PETER A.: *Taschenbuch Multimedia*. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München, 3., bearbeitete Auflage Auflage, 2003.



- [Her09] HERRMANN, WOLFGANG: *Der Nutzen von Cloud Computing - Analyse: Die Wahrheit über Cloud Computing*, 2009. <http://www.computerwoche.de/management/cloud-computing/1904964/>.
- [IDC09] IQBAL, WAHEED, MATTHEW DAILEY und DAVID CARRERA: *SLA-Driven Adaptive Resource Management for Web Applications on a Heterogeneous Compute Cloud*. In: JAATUN, MARTIN GILJE, GANSEN ZHAO und CHUNMING RONG (Herausgeber): *Cloud computing*, Band 5931 der Reihe *Lecture notes in computer science*, Seiten 243–253, Berlin/Heidelberg, 2009. Springer.
- [Kir09] KIRSCH, CHRISTIAN: *Amazons private Wolke erweitert die Unternehmens-IT*, 2009. <http://www.heise.de/ix/meldung/Amazons-private-Wolke-erweitert-die-Unternehmens-IT-753297.html>.
- [KNT08] KLEMS, MARKUS, JENS NIMIS und STEFAN TAI: *Do Clouds Compute? A Framework for Estimating the Value of Cloud Computing*. In: WEINHARDT, CHRISTOF, STEFAN LUCKNER und JOCHEN STÖSSER (Herausgeber): *Designing E-Business Systems. Markets, Services, and Networks*, Band 22 der Reihe *Lecture Notes in Business Information Processing*, Seiten 110–123, Berlin, Heidelberg, 2008. Springer.
- [LC09] LEONG, LYDIA und TED CHAMBERLIN: *Decision Framework for Web Hosting and Cloud Infrastructure Services (On-Demand)*. Gartner Research, (Nr. G00165471), 19.02.2009.
- [LDTY09] LI, HONGWEI, YUANSHUN DAI, LING TIAN und HAOMIAO YANG: *Identity-Based Authentication for Cloud Computing*. In: JAATUN, MARTIN GILJE, GANSEN ZHAO und CHUNMING RONG (Herausgeber): *Cloud computing*, Band 5931 der Reihe *Lecture notes in computer science*, Seiten 157–166, Berlin/Heidelberg, 2009. Springer.
- [Lea09] LEAVITT, NEAL: *Is Cloud Computing Really Ready for Prime Time?* *Computer*, 42(1):15–20, 2009.
- [Leo08] LEONG, LYDIA: *Is Amazon EC2 Right for You?* Gartner Research, (Nr. G00162672), 10.11.2008.
- [Leo09] LEONG, LYDIA: *How to Select a Cloud Computing Infrastructure Provider*. Gartner Research, (Nr. G00166565), 20.04.2009.
- [LKN<sup>+</sup>09] LENK, ALEXANDER, MARKUS KLEMS, JENS NIMIS, STEFAN TAI und THOMAS SANDHOLM: *What's inside the Cloud? An architectural map of the Cloud landscape*. In: IEEE COMPUTER SOCIETY (Herausgeber): *CLOUD '09: Proceedings of the 2009 ICSE Workshop on Software Engineering Challenges of Cloud Computing*, Seiten 23–31, Washington DC, 2009.
- [LPWR90] LEWIS, CLAYTON, PETER G. POLSON, CATHLEEN WHARTON und JOHN RIEMAN: *Testing a walkthrough methodology for theory-based design of walk-up-and-use interfaces*. In: ACM (Herausgeber): *CHI '90: Proceedings of the SIG-CHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people*, Seiten 235–242, New York, 1990.

- [Man09a] MANHART, KLAUS: *Cloud-Piloten - Virtualisierung von Storage und Co: Mit drei Schritten in die Wolke*, 2009. <http://www.computerwoche.de/management/cloud-computing/1908750/index2.html>.
- [Man09b] MANHART, KLAUS: *Virtualisierte Rechenzentren: Chancen - und Herausforderungen*, 2009. <http://www.computerwoche.de/hardware/data-center-server/1909944/>.
- [McL08] MCLAUGHLIN, LAURIANNE: *Cloud Computing Survey: IT Leaders See Big Promise, Have Big Security Questions*, 2008. [http://www.cio.com/article/455832/Cloud\\_Computing\\_Survey\\_IT\\_Leaders\\_See\\_Big\\_Promise\\_Have\\_Big\\_Security\\_Questions?page=1&taxonomyId=168354](http://www.cio.com/article/455832/Cloud_Computing_Survey_IT_Leaders_See_Big_Promise_Have_Big_Security_Questions?page=1&taxonomyId=168354).
- [MG09a] MELL, PETER und TIM GRANCE: *Effectively and Securely Using the Cloud Computing Paradigm*, 10.07.2009. <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-computing-v26.ppt>.
- [MG09b] MELL, PETER und TIM GRANCE: *The NIST Definition of Cloud Computing*, 2009. <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-def-v15.doc>.
- [Nao09] NAONE, ERICA: *The Standards Question*. Technology Review, 112(4):59–60, 2009.
- [Nie08] NIELSEN, JAKOB: *Site Map Usability*, 2008. <http://www.useit.com/alertbox/sitemaps.html>.
- [Pae09] PAESSLER, DIRK: *Comparing Amazon EC2 performance with other cloud/VPS hosting options... and real hardware*, 2009. <http://www.paessler.com/blog/2009/04/14/prtg-7/comparing-amazon-ec2-performance-with-other-cloudvps-hosting-options-and-real-hardware/>.
- [PBF<sup>+</sup>09] PRING, BEN, ROBERT H. BROWN, ANDREW FRANK, SIMON HAYWARD und LYDIA LEONG: *Forecast: Sizing the Cloud; Understanding the Opportunities in Cloud Services*. Gartner Research, (Nr. G00166525), 18.03.2009.
- [PSB<sup>+</sup>09] PLUMMER, DARYL C., DAVID MITCHELL SMITH, THOMAS J. BITTMAN, DAVID W. CEARLEY, DAVID J. CAPPuccio, DONNA SCOTT, RAKESH KUMAR und BRUCE ROBERTSON: *Five Refining Attributes of Public and Private Cloud Computing*. Gartner Research, (Nr. G00167182), 05.05.2009.
- [Rac09a] *Rackspace Cloud - FAQ*, 2009. [http://www.rackspacecloud.com/cloud\\_hosting\\_faq](http://www.rackspacecloud.com/cloud_hosting_faq).
- [Rac09b] *Rackspace Cloud - Service Level Agreement*, 23.06.2009. <http://www.rackspacecloud.com/legal/sla>.
- [Ras09] RASH, WAYNE: *Is cloud computing secure? Prove it*. eWeek, 26(16):8–10, 2009.
- [Sco08] SCOTT, DONNA: *IT Operational Considerations for Cloud Computing*. Gartner Research, (Nr. G00157184), 13.06.2008.

- [Smi09] SMITH, ROGER: *Computing In The Cloud*. Research Technology Management, 52(5):65–68, 2009.
- [SMLF09] SOTOMAYOR, BORJA, RUBÉN S. MONTERO, IGNACIO M. LLORENTE und IAN FOSTER: *Virtual Infrastructure Management in Private and Hybrid Clouds*. IEEE Internet Computing, 13(5):14–22, 2009.
- [Thu09] THURMAN, MATHIAS: *So Far, the Cloud Seems Too Leaky*. Computerworld, 43(20):31, 2009.
- [Var08] VARIA, JINESH: *Cloud Architectures: White Paper*, 24.07.2008.
- [VRMCL08] VAQUERO, LUIS M., LUIS RODERO-MERINO, JUAN CACERES und MAIK LINDNER: *A break in the clouds: towards a cloud definition*. In: ACM (Herausgeber): *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*. 39. Jg., Band 1, Seiten 50–55. New York, 2008.
- [WAB<sup>+</sup>09] WEINHARDT, CHRISTOF, ARUN ANANDASIVAM, BENJAMIN BLAU, NIKOLAY BORISSOV, THOMAS MEINL, WIBKE MICHALK und JOCHEN STÖSSER: *Cloud-Computing - Eine Abgrenzung, Geschäftsmodelle und Forschungsgebiete*. Wirtschaftsinformatik, 51(5):453–462, 2009.
- [Wal01] WALLMÜLLER, ERNEST: *Software-Qualitätsmanagement in der Praxis: Software-Qualität durch Führung und Verbesserung von Software-Prozessen*. Hanser, München, 2., völlig überarbeitete Auflage Auflage, 2001.
- [Wax09] WAXER, CINDY: *Can You Trust The Cloud?* Computerworld, 43(20):22–26, 2009.
- [Way08] WAYNER, PETER: *Cloud versus cloud: A guided tour of Amazon, Google, AppNexus, and GoGrid*, 2008. [http://www.computerworld.com.au/article/253954/cloud\\_versus\\_cloud\\_guided\\_tour\\_amazon\\_google\\_appnexus\\_gogrid?pp=6](http://www.computerworld.com.au/article/253954/cloud_versus_cloud_guided_tour_amazon_google_appnexus_gogrid?pp=6).
- [Win09] WINTERFORD, BRETT: *Stress tests rain on Amazon's cloud*, 20.08.2009. <http://www.itnews.com.au/News/153451,stress-tests-rain-on-amazons-cloud.aspx>.
- [WZA<sup>+</sup>09] WEI, JINPENG, XIAOLAN ZHANG, GLENN AMMONS, VASANTH BALA und PENG NING: *Managing security of virtual machine images in a cloud environment*. In: ACM (Herausgeber): *CCSW '09: Proceedings of the 2009 ACM workshop on Cloud computing security*, Seiten 91–96, New York, 2009.
- [Zim09a] ZIMORY: *Lösungen - Übersicht*, 2009. <http://www.zimory.de/index.php?id=10>.
- [Zim09b] ZIMORY: *Über Zimory*, 2009. <http://www.zimory.de/index.php?id=27>.
- [Zim09c] ZIMORY: *Zimory erweitert Public Cloud, den Internet-Marktplatz für Serverkapazitäten*, 2009. <http://www.zimory.de/index.php?id=103>.