



Cloud Computing

Praxisratgeber und Einstiegsstrategien

Mario Meir-Huber

Mario Meir-Huber

Cloud Computing

Praxisratgeber und Einstiegsstrategien

Mario Meir-Huber
Cloud Computing
ISBN: 978-3-86802-055-7

© 2010 entwickler.press
Ein Imprint der Software & Support Media GmbH

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Ihr Kontakt zum Verlag und Lektorat:
Software & Support Media GmbH
entwickler.press
Geleitsstr. 14
60599 Frankfurt am Main
Tel.: +49 (0)69 630089 0
Fax: +49 (0)69 930089 89
lektorat@entwickler-press.de
<http://www.entwickler-press.de>

Lektorat: Sebastian Burkart
Korrektorat: Frauke Pesch
Satz: Pobporn Fischer
Belichtung, Druck & Bindung: M.P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, Paderborn

Alle Rechte, auch für Übersetzungen, sind vorbehalten. Reproduktion jeglicher Art (Foto-
kopie, Nachdruck, Mikrofilm, Erfassung auf elektronischen Datenträgern oder anderen Ver-
fahren) nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags. Jegliche Haftung für die Richtigkeit
des gesamten Werks kann, trotz sorgfältiger Prüfung durch Autor und Verlag, nicht über-
nommen werden. Die im Buch genannten Produkte, Warenzeichen und Firmennamen sind
in der Regel durch deren Inhaber geschützt.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
1 Einführung in Cloud Computing	11
1.1 Was ist Cloud Computing?	11
1.2 Cloud Computing – Evolution oder Revolution?	15
1.3 Abgrenzung zu anderen Technologien	19
2 Technische Grundlagen	21
2.1 Datacenter Design	21
2.1.1 Virtualisierung	22
2.2 REST und SOAP	23
2.2.1 REST	24
2.3 Architekturinflüsse	29
2.3.1 Datenspeicher in der Cloud	30
2.3.2 Skalierung	32
2.4 Sicherheit in der Cloud	33
3 Begrifflichkeiten	39
3.1 On-Premise	39
3.2 Private, Public und Hybrid Clouds	40
3.3 Ebenen des Cloud Computings	42
3.3.1 Infrastructure as a Service (IaaS)	42
3.3.2 Platform as a Service (PaaS)	44
3.3.3 Software as a Service (SaaS)	46
3.3.4 Vergleich der Anwendungen	48
3.4 Weitere Ansätze	48
3.4.1 Software plus Services	49
3.4.2 Everything as a Service	49

4 Preismodelle und Verträge	51
4.1 Service Level Agreements (SLAs)	51
4.1.1 Begrifflichkeiten in Service Level Agreements	53
4.1.2 Inhalte von SLAs	53
4.2 Preismodelle	55
5 Was bringt Cloud Computing?	59
5.1 Outsourcing als Produktivitätsfaktor?	59
5.2 Wann macht es Sinn, Cloud Computing zu verwenden?	63
5.3 Kostenbeispiele	67
5.3.1 SaaS-Beispiele	67
5.3.2 PaaS-Beispiele	70
5.3.3 IaaS-Beispiele	73
6 Cloud-Computing-Plattformen und -Anbieter	79
6.1 Amazon	79
6.1.1 Amazon Elastic Compute Cloud (EC2)	82
6.1.2 Amazon CloudFront	91
6.1.3 Amazon Elastic MapReduce	92
6.1.4 Amazon SimpleDB	93
6.1.5 Amazon Relational Database Service (Amazon RDS)	96
6.1.6 Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)	101
6.1.7 Amazon Simple Queue Service	105
6.1.8 Amazon Mechanical Turk	110
6.1.9 Weitere Dienste von Amazon	113
6.2 Microsofts Cloud-Computing-Angebote	118
6.2.1 Überblick über die Azure-Services-Plattform	118
6.2.2 Windows Azure Compute	119
6.2.3 Windows Azure Storage	125
6.2.4 SQL Azure	136
6.2.5 Windows Azure AppFabric	138
6.2.6 Microsoft Codename „Dallas“	141
6.2.7 Microsoft BPOS Solutions	145
6.3 IBMs Cloud-Computing-Angebote	146
6.3.1 IBM Lotus Live	146
6.3.2 IBM Smart Business Development and Test	149

6.4	Cloud-Computing-Angebote von Google	151
6.4.1	Google Apps	151
6.4.2	Google App Engine	154
6.5	Cloud-Computing-Angebote von SalesForce	161
6.5.1	SalesForce Software-as-a-Service-Angebote	162
6.5.2	PaaS-Angebote von SalesForce	168
6.6	Weitere Cloud-Computing-Anbieter und -Angebote	175
6.6.1	Rackspace	175
6.6.2	Novell	178
6.6.3	Red Hat	180
6.6.4	Eucalyptus	181
6.6.5	RightScale	182
6.6.6	CloudSwitch	183
6.6.7	VMware	184
6.6.8	Enomaly	185
6.6.9	Oracle	186
6.6.10	Canonical – Ubuntu	187
6.6.11	Fazit	188
6.7	Vergleich der Cloud-Computing-Plattformen	188
6.7.1	SaaS-Plattformen	188
6.7.2	PaaS-Plattformen und IaaS-Plattformen	190
6.7.3	PaaS-Plattformen und IaaS-Plattformen	190
7	Rechtliche Grundlagen für Cloud Computing	197
7.1	Einwirkungen durch das Europäische Datenschutzgesetz	198
7.2	Verträge und Servicelevel-Agreements (SLAs)	205
7.3	Fazit	206
8	Ausblick	209
8.1	Die Risiken von Cloud Computing	209
8.2	Die Einführung von Cloud Computing in Unternehmen	213
8.3	Open-Cloud-Standards?	215
8.4	Ausblick	217
Stichwortverzeichnis		219

Vorwort

Cloud Computing ist im Jahr 2010 eines der Hype- und Modeworte in der IT. Doch was verbirgt sich hinter diesem Hype? Dieses Buch soll Aufschluss darüber geben, wie und vor allem wann man Cloud Computing einsetzt. Denn nicht jedes Szenario ist für den Einsatz von Cloud Computing geeignet.

Prinzipiell richtet sich dieses Buch an jeden, der Interesse an der IT hat, in der IT arbeitet oder forscht. Das Buch klammert zu tiefe technische Fakten explizit aus. In einigen Kapiteln wird stärker auf technische Möglichkeiten und Grundlagen eingegangen, aber auch die wirtschaftlichen Aspekte werden nicht vernachlässigt. Jedes Kapitel gibt einen Überblick über die verschiedenen Facetten des Cloud Computing und enthält Hinweise auf weiterführende Literatur.

Kapitel 1 dient vor allem der Definition der Begrifflichkeiten. Hier werden die wichtigsten Begriffe, Abgrenzungen sowie Möglichkeiten des Cloud Computing vorgestellt. Kapitel 2 widmet sich voll und ganz den technischen Grundlagen. Es wird auf das Design von Rechenzentren, Virtualisierung und verschiedenste Architekturinflüsse wie Datenbanken und Skalierung eingegangen. Kapitel 3 konzentriert sich auf die verschiedenen Ebenen des Cloud Computing und gibt einen Überblick über Public Clouds, Hybrid Clouds, Software as a Service, Platform as a Service und Infrastructure as a Service. Kapitel 4 und 5 stellen die Preismodelle und Verträge vor, die bei Cloud-Computing-Plattformen häufig angewandt werden. Kapitel 6 geht auf die verschiedenen Plattformen wie Amazon EC2, Microsoft Windows Azure und SalesForce ein. Ferner finden auch einige weniger bekannte Plattformen eine Erwähnung. Das Kapitel soll vor allem einen Überblick über die verschiedenen Cloud-Computing-Anbieter geben und enthält einige einfache Beispiele, von Low-Level APIs bis zu .NET- und Java-Implementierungen. Kapitel 7 gibt einen Überblick über das heikle Thema der rechtlichen Stellung von Cloud Computing und verweist dabei auf das europäische Datenschutzrecht, das von den Gerichten unterschiedlich ausgelegt wird. An dieser Stelle kann das Buch nur informierend zur Seite stehen und nicht die Konsultation eines Rechtsanwalts ersetzen. Kapitel 8 soll dazu anregen, Cloud Computing kritisch zu sehen und sich nicht blind auf den Hype zu verlassen. Ziel des Buches ist es, dem Leser zu zeigen, wie er Cloud Computing richtig und verantwortungsbewusst einsetzen kann.

Und nun noch einige Danksagungen. Sie gelten vor allem meinen Freunden und meiner Familie, die mich während der Bucherstellung unterstützt haben und oft auf mich verzichten mussten. In der heißen Phase des Schreibens gab es neben dem Buch nur Essen und Schlafen als „Freizeitaktivitäten“. Ich möchte auch meinem Geschäftspartner Andre-

as Aschauer für seine Geduld danken, er ist in vielen Situationen für mich in die Bresche gesprungen. Mein Dank gilt außerdem all den Unternehmen, die mich bei der Recherche unterstützt haben, besonders Matt Wood von Amazon für die Unterstützung beim Thema Amazon Web Services. Des Weiteren möchte ich mich bei Microsoft bedanken, wo ich von Christian Liensberger, Rolf Mistelbacher, Max Knor und Jürgen Mayrbäurl tatkräftig unterstützt wurde. Viel Unterstützung habe ich auch durch die Organisationen VITE (Vienna IT Enterprises) und OCG (Österreichische Computer Gesellschaft) erfahren, auch ihnen möchte ich an dieser Stelle einen herzlichen Dank aussprechen. Schlussendlich möchte ich Werner Kurschl, Professor an der Fachhochschule Hagenberg und Cloud-Computing-Experte, für seine Unterstützung danken. Werner stand mir stets für Fragen zur Seite und ich arbeite seit vielen Jahren mit ihm zusammen. Natürlich gilt mein Dank auch Herrn Burkart, dem Lektor dieses Buches, für seine stilistischen Ratschläge und die Korrektur. Ein Dank geht auch Thomas Mutzl, der auf dem Flug von Wien nach Las Vegas neben mir saß und mir beim ersten Kapitel tatkräftig zur Seite stand.

Einführung in Cloud Computing

"It's stupidity. It's worse than stupidity: it's a marketing hype campaign"

Richard Stallman, Open Source Advokat, in „The Guardian“, September 2008

Bevor es um die technologischen Grundlagen von Cloud Computing geht, muss Cloud Computing korrekt definiert werden. Kapitel 1 soll sich diesem heiklen Thema widmen. Zu Beginn steht eine Anforderungsdefinition an Cloud Computing, die die Definition des Begriffs sowie die wichtigsten Punkte umfasst, die eine Cloud-Computing-Plattform ausmachen. In Folge wird der Frage nachgegangen, ob es sich bei Cloud Computing um eine Revolution oder doch „nur“ um eine Evolution handelt. Liest man derzeit diverse Blogs, so lässt alles auf eine Revolution schließen. Ob das tatsächlich der Fall ist, soll in diesem Kapitel auch geklärt werden. Hierfür werden die generelle Entwicklung der IT und die Entwicklungen der letzten sechs Jahre beleuchtet. Schließlich wird Cloud Computing vom wissenschaftlichen Grid Computing abgegrenzt. Grid Computing gilt oft als nächster Verwandter von Cloud Computing, und oft wird Cloud Computing von Grid Computing abgeleitet. Unterkapitel 3 wird sich mit dieser Frage auseinandersetzen.

1.1 Was ist Cloud Computing?

Cloud Computing ist eines der Modeworte in der IT. Viele Hersteller setzen auf Cloud Computing und bieten Cloud-Plattformen an. Sogar traditionelle IT-Unternehmen, die Umsätze primär durch Software generieren, bieten zunehmend Cloud-Dienste und -Plattformen an. Ein prominentes Beispiel ist Microsoft. Im November 2008 hat Microsoft seine Cloud-Computing-Plattform vorgestellt. Die Bedeutung von Cloud Computing wurde durch diesen Schritt noch stärker betont. Für Microsoft ist dies ein gewagter Schritt, da ein Großteil des Unternehmensgewinns mit traditioneller Software und dem Betriebssystem Windows eingespielt wird. In der webbasierten Cloud spielt das Betriebssystem eine untergeordnete Rolle und speziell für die Windows-Plattform geschriebene Anwendungen verlieren an Bedeutung. Trotzdem misst Microsoft der Cloud-Technologie eine große Bedeutung zu, sonst wäre dieser Schritt wohl kaum gegangen worden.

Doch nun wollen wir erst einmal eruieren, worum es bei Cloud Computing geht. Viel wird darüber gesprochen, wenig ist darüber bekannt. Generell betrachtet geht es um die Auslagerung von Anwendungen, Daten und Rechenvorgängen ins Web. Das kann zum Beispiel die Auslagerung der Bürossoftware wie Tabellenkalkulation oder Textverarbeitung oder das CRM-System in die Cloud sein. Der Vorteil der Auslagerungen ganzer Anwendun-

gen liegt auf der Hand: Die Synchronisation zwischen mehreren Rechnern wird unnötig und gemeinsames Arbeiten an Dokumenten durch die zentrale Ablage vereinfacht. Die gemeinsame Verwendung von Dokumenten bietet jedoch auch viele andere Vorteile in Unternehmen, da es damit möglich ist Dokumente freizugeben. Das können beispielsweise Vorlagen für Rechnungen oder Ähnliches sein. Viele in Kapitel 6 vorgestellte Cloud-Plattformen erlauben es ferner, selbst Anwendungen in der Cloud zu erstellen. Hierbei sprechen einige Anwender sogar von einem neuen „Betriebssystem“, das speziell für die Cloud ausgelegt ist. Derartige Plattformen können außerdem als Ergänzung zu ausgelagerten Anwendungen verwendet werden. Damit kann man Anpassungen für die Cloud-basierte Bürossoftware erstellen. All dies erfordert es, dass Daten in die Cloud ausgelagert werden können, hierfür stellen verschiedene Anbieter große Datenspeicher in der Wolke zur Verfügung, die meist die Eigenschaft haben, nahezu unendlich viele Daten aufzunehmen zu können. Natürlich sind auch diese Datenspeicher begrenzt, sie bieten jedoch für (fast) jeden Anwendungsfall ausreichenden Speicherplatz an. Schlussendlich kommt hinzu, dass Rechenvorgänge in die Cloud ausgelagert werden können. Hier kann man auf einen großen „Pool“ an virtuellen Maschinen zurückgreifen. Muss man mehrere Millionen eingescannte Bilder verarbeiten, hätte man vor der Cloud-Computing-Ära eine große Anzahl an Servern benötigt. Dank Cloud Computing kann man nun diese Server für die wenigen Stunden, in denen sie benötigt werden, mieten und somit Budget einsparen. Cloud Computing bedeutet in einem Satz:

Cloud Computing ist die Auslagerung von Anwendungen, Daten und Rechenvorgängen in das Internet.

Was noch nicht definiert wurde, ist, was Cloud Computing überhaupt bedeutet. Prinzipiell kommt der Begriff „Cloud“ aus dem Englischen, was wortwörtlich Wolke bedeutet. Der Grund für den Namen dieser Technologie ist, dass Dienste, die ins Internet ausgelagert wurden, stets in einer Wolke gezeichnet wurden, die das Internet repräsentiert.

Nach der Definition des Cloud Computings geht es nun an die Anforderungen. Hier stellt sich die Frage, was eine Cloud-Computing-Plattform ausmacht. Gewisse Anforderungen wie Skalierung und Kostensenkung sollten bereits zu Beginn klar sein. In der Wissenschaft gibt es einige gute Quellen, die zentrale Anforderungen an eine Cloud-Computing-Plattform bzw. -Anwendung beschreiben. Typische Cloud-Computing-Anwendungen haben einige gemeinsame Merkmale, die im Folgenden genauer beleuchtet werden sollen:

Hohe Skalierung und Elastizität

Jede Cloud-Computing-Plattform bietet eine sehr hohe Skalierung. Die dazu notwendigen Techniken werden in Kapitel 2 genauer beschrieben. Skalierung und Elastizität beziehen sich hierbei auf mehrere Bereiche. Das ist zum einen die Bandbreite, die immer die wirkliche benötigte Größe hat. Wenn ein Ticketsystem Karten für eine Top-Band verkauft, kann es vorkommen, dass diese Seite aufgrund der vielen Anfragen in die Knie gezwungen wird. Mit Cloud Computing passiert das nicht, da unabhängig von der Belastung die richtige Bandbreite zur Verfügung steht. Wichtig ist jedoch auch, dass die Anwendung

eine Vielzahl von Anfragen bearbeiten kann. Dies kann durch verschiedene Techniken der Parallelisierung erledigt werden. Viele Plattformen bieten darüber hinaus die Möglichkeit eines Management API, das bei Bedarf zusätzliche virtuelle CPUs allozieren kann.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Ressourcenskalierung. Auf Cloud-Computing-Plattformen spielt es keine Rolle, ob man 100 registrierte Benutzer hat oder 400 Millionen, wie es etwa bei Facebook der Fall ist. Die Speicher der Cloud-Plattformen bieten in den meisten Fällen nahezu unbegrenzt Kapazität an. Darüber hinaus ist die schnelle Skalierbarkeit der Anwendung(en) von Bedeutung, was in traditionellen Umgebungen oft sehr schwierig ist, da in diesem Fall neue Server benötigt werden. Die Anschaffung und Installation kann hierbei viel Zeit in Anspruch nehmen und der Zeitverlust bei dieser Vorgehensweise negative Auswirkungen auf das Geschäft haben.

Gemeinsame Benutzung der Ressourcen

Eine Anwendung verwendet gemeinsame Ressourcen, die sich verschiedene Benutzer teilen. Das bedeutet, dass die Daten eines Benutzers in einer von mehreren Nutzern verwendeten Tabelle liegen. Die Absicherung der Datensätze unterliegt der Cloud-Computing-Plattform und der Anwendung selbst. Außerdem kann eine Cloud-Computing-Anwendung stets auf die gleichen Ressourcen wie Bilder, Videos und andere Mediätypen zugreifen. Ressourcen werden auch physisch verwendet: Eine Anwendung in der Cloud kann sich einen physikalisch vorhandenen Rechner mit einer anderen Anwendung teilen. Das funktioniert durch Virtualisierung, die in Kapitel 2 genauer erklärt wird.

Pay per Usage

Ein zentrales Konzept ist das Pay-per-Usage-Konzept, bei dem nur für die tatsächlich genutzten Kapazitäten bezahlt wird. Die Abrechnung erfolgt typischerweise in Monatsintervallen. In vielen Cloud-Computing-Anwendungen kommt jedoch auch die Bandbreite (eingehende und ausgehende Verbindung) hinzu. Ferner gibt es Transaktionskosten für den Storage Account (dies sind HTTP-Anfragen), die häufig in wenigen Cent pro 10 000 Abfragen berechnet werden. Transaktionskosten fallen an, wenn man eine Datei löscht, Ressourcen manipuliert oder erstellt und so weiter. Die Transaktionen werden in Kapitel 2.3 genauer erklärt. Sofern man auch Computerinstanzen (virtuelle CPUs für Websites, Rechenvorgänge und Ähnliches) verwendet, wird eine Gebühr pro Stunde erhoben. Die Kosten sind ein komplexes Thema und werden in Kapitel 4.2 genauer beleuchtet.

Internet und Unabhängigkeit von Geräten

Eine zentrale Anforderung an Cloud-Computing-Anwendungen ist die ständige Verbindung zum Internet. In den meisten Anwendungen läuft alles im Web (mit Ausnahme von Software-plus-Service-Plattformen). Das macht das Internet daher zu einer wichtigen Anforderung. Mit dem Punkt „Internet“ geht eine weitere Anforderung einher, nämlich die Unabhängigkeit von konkreten Plattformen. Die Anwendungen basieren auf Webstandards wie HTML und sollten daher von allen Geräten unterstützt werden. Eine

Cloud-Computing-Anwendung wird im Normalfall nicht für ein bestimmtes Gerät oder Betriebssystem geschrieben. Dadurch haben Cloud-Computing-Plattformen eine wesentlich höhere Reichweite.

Einfache Verwaltung

Die meisten Cloud-Computing-Plattformen sind, verglichen mit traditionellen Systemumgebungen, wesentlich einfacher zu verwalten. Das liegt am hohen Abstraktionsgrad der Plattformen, sodass man sich nicht mehr um typische Administrationsaufgaben wie Load Balancing oder Serverwartung kümmern muss, da dies bereits vom Anbieter der Cloud-Computing-Plattform übernommen wird. Viele Plattformen bieten auch wesentlich vereinfachte Administrationsoberflächen an.

Nachdem nun der Begriff und sämtliche Anforderungen an die Cloud-Plattformen definiert sind, wollen wir uns den Layern zuwenden. Hierfür soll Abbildung 1.1 als Startpunkt dienen:

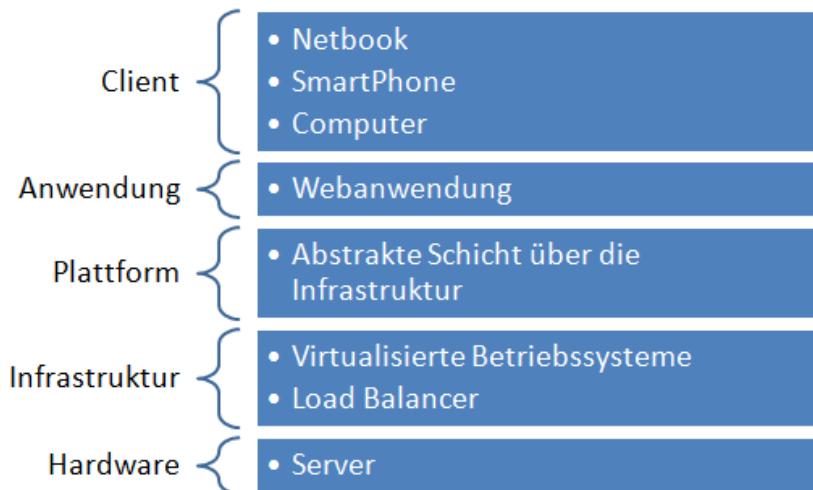


Abbildung 1.1: Ebenen des Cloud Computings

Abbildung 1.1 stellt die einzelnen Ebenen des Cloud Computings dar. Nun sehen wir uns die einzelnen Ebenen von oben nach unten im Detail an.

Hardware

Die Serverhardware, auf der normalerweise ein für die Virtualisierung optimiertes Betriebssystem (z. B. Linux oder Windows Server) installiert ist. Auf dieser Ebene findet noch keine Verteilung für späteres Cloud Computing statt. Die Hardware mit dem Betriebssystem und etwaiger Software für Cloud-Anwendungen bietet die Grundlage für die nächste Schicht.

Infrastruktur

Dieser Bereich baut auf der vorigen Schicht auf. Hierbei kommen auch Load Balancer zum Einsatz, die Lasten auf verschiedene Server verteilen. Betriebssysteme werden ab diesem Zeitpunkt lediglich virtuell zur Verfügung gestellt. Das bedeutet, dass man auf dieser Ebene nicht mehr darüber informiert ist, auf welchem Server das System läuft, er wird je nach Auslastung dynamisch zugewiesen. Diese Ebene wird auch als Infrastructure as a Service (IaaS) bezeichnet, siehe Kapitel 3.4.

Plattform

Eine Schicht über der Infrastruktur befindet sich nun eine weitere Abstrahierung, die Plattformschicht. Hier hat man keinen Zugriff mehr auf das darunter liegende (virtuelle) Betriebssystem, sie dient primär der Anwendungsentwicklung. Im Normalfall wird hier ein API (Application Programming Interface) zur Verfügung gestellt, auf dessen Basis man seine Anwendungen erstellen kann. Die Plattformschicht verteilt die Lasten je nach Belastungsspitzen auf verschiedenen virtuellen Betriebssystemen. Die meisten Plattformen erlauben es, das zu konfigurieren. Diese Schicht wird als Plattform-as-a-Service-(PaaS-)Schicht bezeichnet, Genaueres dazu in Kapitel 3.5.

Anwendung

Die Anwendungsschicht setzt auf der Plattformschicht auf. Hierbei wird eine Anwendung für den Endbenutzer bereitgestellt. Die Anwendung ist bereits gebrauchsfertig. Anwendungen, die auf dieser Schicht laufen, konsumieren oft die APIs der Plattformschicht. Diese Schicht wird auch als Software as a Service (SaaS) bezeichnet. Ein typisches Merkmal für eine SaaS-Anwendung ist es, dass sie lediglich einen Webbrowser benötigt, um die Anwendung auszuführen. Mehr zu dieser Schicht finden Sie in Kapitel 3.3.

Client

Die letzte Ebene ist die Clientebene. Es handelt sich dabei um Geräte und Anwendungen, die Cloud-Computing-Dienste konsumieren und auf verschiedenen Geräten wie Smartphones oder Netbooks laufen können. Der Unterschied zu Cloud-Anwendungen aus der vorigen Ebenen ist, dass die Anwendungen Cloud-Computing-Dienste verwenden, jedoch nicht ausschließlich in einer Cloud-Umgebung laufen. Oft ist es jedoch der Fall, das Anwendungen auf die Cloud angewiesen und ohne sie nicht lauffähig sind. Diese Ebene wird auch als Software plus Services bezeichnet, siehe Kapitel 3.6.

1.2 Cloud Computing – Evolution oder Revolution?

Damit man die Frage, ob es sich bei Cloud Computing um eine Evolution oder eine Revolution handelt, beantworten kann, ist es notwendig, in die Anfänge der IT zurückzugehen. Machen wir den Anfang mit dem Aufkommen des Personal Computers. Das war gewiss

einer der Wendepunkte für die IT. Es ging weg vom Mainframe-Rechner zu einem für jedermann erschwinglichen Personal Computer, kurz PC. Die ersten PCs kamen in den 1970er Jahren auf. Der erste PC war der Xerox Alto, der über ein GUI (Graphical User Interface), eine Maus, eine Tastatur und einen Bildschirm verfügte. Er war jedoch nur als Prototyp vorhanden und hatte für den Endanwender wenig Bedeutung. Bereits ein Jahr später, im Jahre 1974, wurde der Altair 8800 erstellt und interessanterweise als Bausatz ausgeliefert.

Richtig erfolgreich am Massenmarkt war aber erst der Apple II von Macintosh, der im April 1977 in den USA vorgestellt wurde. Hier war es bereits möglich, den PC durch Steckplätze anzupassen. Heutzutage werden anpassbare Systeme als PC bezeichnet. Der Apple II konnte bereits Töne wiedergeben und Farben darstellen.



Abbildung 1.2: Der IBM PC

Der Name „PC“ wird jedoch bis heute noch mit dem Unternehmen IBM in Verbindung gebracht. Inspiriert durch die Erfolge des Apple II erstellte IBM selbst einen PC, der 1981 als „IBM-PC“ vorgestellt wurde. IBM gelang es durch geschicktes Marketing, den Begriff „PC“ mit dem Unternehmen zu verknüpfen. Als Betriebssystem verwendete IBM hierbei ausschließlich „PC-DOS“, das von Microsoft an IBM lizenziert wurde. Microsoft entwickelte dessen Betriebssystem weiter und lizenzierte es auch an andere Unternehmen. Das führte dazu, dass eine Reihe an Hardwareherstellern eigene „IBM-PC-kompatible Com-

puter“ herstellten. Erst der Umstand, dass es kein Monopol am PC Bereich gab, führte zu dem bis heute anhaltenden Siegeszug von PCs.

Neben dem Vorhandensein eines PCs (oder Mac) ist für das Arbeiten in der Cloud eine Internetverbindung unerlässlich. In vielen Unternehmen ist das Internet heutzutage kaum mehr wegzudenken außerdem haben sich soziale Gebilde wie Facebook oder Twitter im Internet gebildet. Cloud Computing erfordert eine ständig vorhandene Verbindung zum Internet, da ja die Anwendungen nicht mehr lokal, sondern auf Servern im Web laufen. Auch das Internet gibt es bereits seit sehr vielen Jahren, richtig Bedeutung hat es jedoch erst in den letzten 10-15 Jahren erlangt. Hervorgegangen ist es aus einem Forschungsprojekt des US-Verteidigungsministeriums im Jahre 1969. Die erste wichtige Anwendung im Internet war die E-Mail, die bis heute eine hohe Relevanz in der sozialen Kommunikation hat. Erst 1993 entstand das Internet, so wie wir es heute kennen, und heute hat es eine sehr hohe Verbreitung. Von vielen Experten wird ihm gar eine ähnliche Bedeutung wie der Erfindung des Buchdrucks nachgesagt. Durch Blogs und Wikis wird Wissen frei und effektiv weiterverbreitet, IP-Telefonie erlaubt es, mit Freunden oder Bekannten an weit entfernten Orten kostenlos oder sehr billig zu telefonieren, Spiele zu spielen oder über verschiedenste soziale Plattformen wie Facebook oder Twitter Kontakt mit Freunden zu halten. Auch im kommerziellen Sinne hat sich das Internet sehr erfolgreich etabliert. Google kann man mittlerweile als Gelddruckmaschine bezeichnen, und Amazon oder eBay bieten Konsumenten eine schier endlose Auswahl an Artikeln. Ohne jeden Zweifel hat das Internet starken Einfluss auf das soziale Verhalten der Menschen genommen. Cloud Computing wäre ohne Internet nicht möglich. Die Bedeutung des Internets für Cloud Computing wird auch dadurch deutlich, dass viele Internetunternehmen wie Amazon oder Google eine der wichtigsten Plattformen in der Cloud sind.

Es ist allerdings nicht alles Gold, das glänzt. So gibt es noch einige Einschränkungen in der Cloud. Das Internet ist zwar in Ballungszentren sehr gut ausgebaut, in weniger urbanen Gebieten sieht es dagegen anders aus. Wenn ein Manager mit der Bahn unterwegs ist, so ist eine ständig vorhandene Internetverbindung meist ein Wunschtraum. Allein auf einer der meist befahrenen Strecken in Österreich, zwischen Linz und Wien, kommt es häufig vor, dass Tunnels oder ländliche Gebiete eine sehr schlechte oder gar nicht vorhandene Verbindung haben. Das führt dazu, dass Entscheidungsträger eher nicht auf Cloud-Anwendungen setzen werden. Wenn eine zuverlässige Internetverbindung nicht sichergestellt ist, kann das zu Problemen führen. Tatsache ist jedoch auch, dass die Verbindungen stets ausgebaut und verbessert werden. Bereits einige Flugzeuge bieten WLAN an Bord an. Dadurch kann man auch auf einer Geschäftsreise die Zeit mit Arbeit „totschlagen“. Ferner ist es möglich, Dokumente gemeinsam zu bearbeiten.

Ein weiterer Kritikpunkt, der bereits zu Beginn erwähnt werden sollte, ist, dass Cloud-Anwendungen traditionellen Anwendungen des Öfteren um einiges nachstehen. Anwendungen wie Google Docs sind zwar toll, hinken jedoch in der Funktionalität traditionellen Anwendungen noch um einiges hinterher. Die Tatsache, dass Cloud-Computing-Umgebungen einfacher zu aktualisieren sind, ist jedoch sehr verheißungsvoll. Das ist eindeutig

ein erheblicher Vorteil gegenüber traditioneller Software, schon alleine wegen der Möglichkeit der Fehlerbehebung (Patches) oder der Aktualisierung der Funktionalität.



Abbildung 1.3: 2004 vs. 2010

Das war der Blick auf die Vergangenheit, jetzt wollen wir uns auf das konzentrieren, was die Cloud-Plattformen in Zukunft zu den entscheidenden Plattformen machen wird. Auch hierzu ein kurzer Blick in die Vergangenheit. Erinnern wir uns an die IT im Jahre 2004: Damals war das Betriebssystem „Windows XP“ von Microsoft sehr stark verbreitet. Andere Plattformen existierten zwar, waren jedoch kaum relevant. Smartphones hatten primär für Manager Bedeutung und waren kaum auf die Verwendung von Anwendungen (Apps) ausgelegt. Die wichtigsten Funktionen waren E-Mail und der Organizer. Heutzutage sieht das radikal anders aus. Windows hat immer noch einen beträchtlichen Anteil am Markt, jedoch haben sich andere Gerätetypen etabliert. Das sind etwa die Smartphones, die vor allem durch das Betriebssystem Android oder das iPhone immer mehr an Bedeutung gewinnen. Auch Tablet PCs setzen sich stärker durch. Der Siegeszug des iPad von Apple ist zwar noch nicht gänzlich abzusehen, jedoch werden auch diese Plattformen zunehmend populärer. Oft haben Personen auch nicht nur einen PC in Verwendung, sondern zwei oder mehr. Das führt zu dem Problem, dass Daten zwischen den Geräten oft nicht synchron sind. Wenn jemand ein Textdokument auf dessen Smartphone kopiert und es während einer Reise manipuliert, ist das nicht mehr dasselbe wie auf dem PC. Hier muss entweder die Synchronisation von Hand oder per Software erfolgen. Mit Cloud

Computing wäre das nicht passiert. Sämtliche Dokumente befinden sich in der Cloud und sind dadurch für jedes Gerät mit demselben Inhalt belegt. Je mehr verschiedene Geräte mit unterschiedlichen Plattformen erhältlich sind, umso stärker wird die Bedeutung von Cloud-Computing-Plattformen werden. Eine wesentliche Verstärkung wird hier HTML5 bieten, wobei einige wichtige Funktionen wie die Offlinefähigkeit ergänzt werden.

Die Frage, ob Cloud Computing eine Revolution oder eine Evolution ist, kann auch hier nicht gänzlich geklärt werden. Zum einen beruht Cloud Computing auf bereits vorhandenen Technologien wie Servern oder Internet, zum anderen ist die Auslagerung sämtlicher Daten und Rechenvorgänge doch etwas Revolutionäreres. In diesem Kapitel haben wir etwas von beiden beschrieben. Fakt ist, dass die Cloud definitiv angekommen ist und die Voraussetzungen für ihren Siegeszug vorhanden sind. Vor allem die veränderten Benutzerbedürfnisse dürften Cloud Computing einen starken Aufschwung ermöglichen. Immer mehr Endgeräte umgeben den Endbenutzer. Damit die Daten synchron gehalten werden, muss ein zentraler Speicher vorhanden sein. Das ist ein klarer Pluspunkt für Cloud Computing.

1.3 Abgrenzung zu anderen Technologien

Cloud Computing ähnelt in den Grundzügen stark dem Grid Computing. Die Technologien sind sich in sehr vielen Bereichen ähnlich, jedoch unterscheiden sie sich in gewissen Punkten. Historisch gesehen kommt Cloud Computing aus dem Grid Computing. Was beide Technologien definitiv unterscheidet, ist die Tatsache, dass Grid Computing wesentlich häufiger in wissenschaftlichen Bereichen eingesetzt wird. Zwar hat sich das Grid Computing mittlerweile auch in wirtschaftlichen Bereichen durchgesetzt, doch dürfte die Bedeutung für kommerzielle Angebote für Cloud Computing wesentlich höher sein. Ein zentraler Unterschied ist auch, dass Cloud-Computing-Dienste von Anbietern für eine große Anzahl an potenziellen Kunden bereitgestellt wird, während Grid Computing meist für sehr spezielle Anwendungsfälle im Unternehmen selbst aufgebaut wird. Als spezielle Anwendungen könnte man etwa die Berechnung von komplexen mathematischen Problemen wie der Entschlüsselung einer DANN-Signatur anführen. Pharmaunternehmen haben für diesen Anwendungsfall meist ein eigens dafür abgestelltes Grid im Unternehmen. Natürlich kann man auch mit Cloud-Computing-Plattformen komplexe Rechenvorgänge ausführen, wenn man sich einen Algorithmus schreibt, der auf einer Vielzahl von gemieteten Instanzen ausgeführt wird. Grid Computing ist jedoch eher für sehr spezielle Anwendungen gedacht, während die Cloud für wesentlich allgemeinere Fälle da ist.

Ein weiterer Unterschied liegt in der Nutzung der Ressourcen. Grid Computing ermöglicht die gemeinsame Nutzung der Ressourcen. Das wäre beispielsweise der Fall, wenn mehrere Wissenschaftler Algorithmen für einen DNA-Signatur ausführen. In einer Cloud-Computing-Umgebung gibt es einen Benutzer und einen Anbieter. Ferner werden in der Cloud sämtliche Ressourcen zentral gesteuert, während Grid Computing keine zentrale Steuerung der Ressourcen hat.

Weiterführende Literatur

- [1] Armbrust, Michael et al.: „Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing.“ UC Berkeley Reliable Adaptive Distributed Systems Laboratory, 2009: 1-23.
- [2] Jaatun, M G, G Zhao und C Rong.: „Cloud Computing: An Overview.“ CloudCom 2009, 2009: 626-631.
- [3] Johnson, Bobbie: „Cloud computing is a trap“, warns GNU founder Richard Stallman. 29. 09 2008. <http://www.guardian.co.uk/technology/2008/sep/29/cloud.computing.richard.stallman> (Zugriff am 03. 05 2010).

Die wichtigsten Grundlagen von Cloud Computing sind bereits seit Jahren verfügbare und etablierte Technologien. Die ständige Verbesserung dieser Technologien, etwa der Virtualisierung, haben viele in der Cloud verwendete Elemente erst ermöglicht. In diesem Kapitel werden die wichtigsten technischen Grundlagen für Cloud Computing erläutert. Im Normalfall muss man sich mit diesen Elementen jedoch nicht explizit beschäftigen, wenn man Cloud-Computing-basierte Anwendungen erstellt. Viele Hersteller bieten bereits eine abstrakte Plattform mit Funktionen wie Skalierung, Virtualisierung oder Ausfallsicherheit an. Damit die Funktionsweise von Cloud Computing jedoch gänzlich verstanden wird, ist es unerlässlich, sich mit den elementaren Technologien, die Cloud Computing erst ermöglichen, zu befassen. Kapitel 2 gibt einen kurzen Überblick. Den Anfang macht das Design von Rechenzentren. Hier wird die Virtualisierung erklärt. Im nächsten Abschnitt wird REST erklärt, das auf vielen Cloud-Computing-Plattformen zum Einsatz kommt. Wichtige Architekturinflüsse, etwa Datenbanken und Skalierungstechnologien, werden im Anschluss daran erklärt. Wie in diesem Kapitel ersichtlich sein wird, gibt es viele Unterschiede hinsichtlich der Datenbanken. Den Abschluss des Kapitels bildet ein kurzer Überblick über Managementtechniken für Cloud-Computing-Umgebungen.

2.1 Datacenter Design

Moderne Datacenter sind unerlässlich für funktionierende Cloud-Computing-Anwendungen. Diese Datacenter wurden von den Herstellern und Verbrauchern ständig weiterentwickelt und automatisiert. Cloud Computing hat das Potenzial, das Design von Rechenzentren nachhaltig zu beeinflussen. Derzeit kaufen viele kleine Unternehmen Server für deren In-house-Betrieb. Somit besteht auf Käuferseite ein „Polypol“. Ein Polypol ist das Gegenteil von einem Monopol: Es gibt eine sehr große Anzahl an Kunden. Da immer mehr Dienstleistungen ausgelagert werden, kann sich hier der Markt zu einem Oligopol ändern. Ein Oligopol auf der Käuferseite bedeutet, dass es zwar einige Käufer gibt, diese jedoch nicht mehr als Millionen kleiner Kunden auftreten. Es gibt wesentlich weniger Käufer, die jedoch sehr große Mengen einkaufen. Damit entsteht auf der Anbieterseite ein erhöhter Preisdruck. Ein Unternehmen, das Zehntausende Server einkaufen will, hat logischerweise eine wesentlich größere Verhandlungsmacht als viele individuelle kleine Kunden. Somit entsteht auch eine wesentlich höhere Standardisierung von Rechenzentren.

Eine sehr interessante Bauweise für Rechenzentren ist jene der Containerbauweise. Hierbei werden Container mit Hardware und Stromanschlüssen nebeneinander aufgestellt.

Das erlaubt nicht nur eine modulare Bauweise, sondern bietet auch große Flexibilität im Standort. Sollte ein Standort, aus welchen Gründen auch immer, unbrauchbar sein, kann man die Container einfacher versenden und an anderen Orten wieder neu aufstellen. Der Vorteil von Containern ist auch eine standardisierte Bauweise, da es für den Betreiber eines Rechenzentrums nur noch notwendig ist, sie an eine Stromversorgung anzuschließen.

Einer der großen Cloud-Computing-Anbieter, Microsoft, hat sein Datacenter Design sehr ausführlich erklärt. Hierbei wird von einem Datacenter der vierten Generation gesprochen, das ein sehr stark modularisiertes Design hat. Konkret bedeutet dies, dass vor allem Container für die einzelnen Module eingesetzt werden. Das neue Design wird folgendermaßen beschrieben „A highly modular, scalable, efficient, just-in-time data center capacity program that can be delivered anywhere in the world very quickly and cheaply, while allowing for continued growth as required“. Das fokussiert stark auf Cloud-Computing-Anwendungen, da hier vor allem Flexibilität und Skalierung notwendig sind. Natürlich soll es auch noch kostengünstig sein.

2.1.1 Virtualisierung

Eine wichtige Technik für Cloud-Computing-Umgebungen ist die Virtualisierung, sie ist vor allem auf Hardwareebene unerlässlich. Kurz gesagt erlaubt es die Virtualisierung, ein Betriebssystem in einem anderen laufen zu lassen. Somit kann man zum Beispiel Windows als virtualisiertes Betriebssystem unter Linux als natives Betriebssystem laufen lassen. Durch Virtualisierung täuscht man dem virtualisierten Betriebssystem vor, dass es auf einer realen Hardware läuft. Hierbei können gängige Virtualisierungslösungen Betriebssystemaufrufe auf die Hardware durchtunneln. Der Nutzen von Virtualisierung ist nun, dass man ganze Instanzen von konfigurierten Installationen einfach replizieren kann. Eine Ausprägung dessen könnte es sein, dass man ein Serverbetriebssystem einige Tage richtig konfiguriert und gewisse Dienste wie Webserver und SQL Server aufsetzt. Da diese Konfigurationen in großen Unternehmen oft vorkommen, kann man mithilfe von Virtualisierung die Installation kopieren und auf beliebig vielen Rechnern ausführen, ohne dies neu konfigurieren zu müssen. Ähnlich verhält es sich bei dem Austausch von virtuellen Maschinen. Sind Updates notwendig, so kann man die virtuelle Maschine einfach überspielen, oder wird sie nicht mehr benötigt, löscht man sie. Ein weiterer Vorteil von Virtualisierung ist, dass Virtualisierung eine Sandbox bietet. Da es sich im Gastbetriebssystem um ein tatsächlich eigenständiges Betriebssystem handelt, haben Modifikationen in diesem System keine Auswirkungen auf das native Betriebssystem. Das native Betriebssystem kann leichtgewichtig sein und nur zum Starten von virtuellen Maschinen dienen. Dadurch kann man unterschiedliche Konfigurationen und Ausprägungen einfach erzeugen. Manche Virtualisierungslösungen erlauben es sogar, das virtualisierte Betriebssystem im Betrieb auf einen anderen Server zu verschieben. So beispielsweise, wenn ein Server stärker ausgelastet ist und andere Server kaum Auslastung haben. Dadurch kann man stets die ideale Auslastung und Performance erreichen. Auch der Ausfall eines Servers stellt keine große Herausforderung mehr dar. Der Endanwender bekommt von einem Serverausfall

nichts mit, da das virtualisierte Betriebssystem auf ein anderes System verschoben wird. Klar ist jedoch auch, dass Virtualisierung nicht für sämtliche Anwendungsfälle geeignet ist. Besonders bei grafischen Anwendungen bestehen derzeit noch einige Mängel.

Virtualisierung bringt allerdings unter Umständen erhebliche Performanceprobleme mit sich. Jede zusätzlich eingezogene Schicht bedeutet potenzielle Performanceeinbußen. Um dem entgegenzuwirken, verfügen moderne Chipsätze über unterstützende Befehlssätze für die Virtualisierung.

In der Virtualisierung unterscheidet man zwischen zwei Hauptansätzen, zum einem die Hardwarevirtualisierung und zum anderen die Softwarevirtualisierung. Hardwarevirtualisierung abstrahiert Teile eines physischen Systems, z. B. durch Partitionierung, Prozessorvirtualisierung oder Speichervirtualisierung.

Für Cloud Computing ist der Bereich der Softwarevirtualisierung immer wichtiger geworden. Hierbei unterscheidet man zwischen der Systemvirtualisierung und der Anwendungsvirtualisierung. Die Systemvirtualisierung ermöglicht es, ein gänzlich unabhängiges Betriebssystem zu erzeugen. Diese Technik bietet nicht nur in der Cloud viele Vorteile. Auch Anwender oder Softwareentwickler können davon profitieren. Will man neue Software ausprobieren, kann man dies in einer virtuellen Instanz machen. Genügt die Software nicht den Anforderungen, ist sie durch Löschen der virtuellen Instanz gänzlich verschwunden. In der Softwareentwicklung hat das den Vorteil, dass man Systemumgebungen zum Testen simulieren kann, die sonst nur schwer erreichbar wären. Betriebssystemvirtualisierungen kann man unter anderem mit der VirtualBox von Sun, Microsofts Virtual PC (der seit Windows 7 „Windows Virtual PC“ heißt), Parallels Workstation, VMware Workstation oder dem Open-Source-Projekt „Xen“ erreichen.

Eine weitere, allerdings für die Cloud nicht so wichtige Technologie ist die Anwendungsvirtualisierung durch die einzelne Anwendungen in einem Betriebssystem ausgeführt werden können, ohne dass sie tatsächlich installiert werden (auch als Terminal Services bezeichnet).

2.2 REST und SOAP

REST und SOAP sind essenzielle Techniken im Umgang mit Web Services. Sie sind nicht nur dann von Interesse, wenn man Dienste für Dritte wie Kunden oder Partnern des Unternehmens anbietet will, sondern auch, wenn man Dienste konsumiert. Damit sie richtig verwendet werden, wird in diesem Kapitel ein Überblick über beide Technologien gegeben. Zwischen SOAP und REST gibt es einen jahrelangen Konflikt, der von Anhängern beider Technologien beinahe schon leidenschaftlich geführt wird. Dieser Konflikt errinnert wohl etwas an den „Krieg“ zwischen Video2000 oder VHS aus den 1980er Jahren oder BluRay versus HD DVD heutzutage. Zu Beginn sah es noch nach einen klaren Siegeszug von SOAP aus, das sich vor allem im Unternehmensumfeld stark durchgesetzt

hat. Nun gibt es jedoch einige Indizien dafür, dass die Zukunft wohl eher REST gehören wird. So setzt der ehemalige SOAP-Unterstützer Microsoft in seiner Cloud-Plattformen sehr stark auf REST. Details dazu gibt es in Kapitel 6.2. Da SOAP bereits in vielen Medien erklärt wurde und REST für die Cloud eine höhere Bedeutung hat, wird lediglich REST in diesem Kapitel erklärt.

2.2.1 REST

REST wird auch als RESTful API bezeichnet und wurde vor allem durch die Dissertation von Roy Fielding bekannt¹. Anhänger von REST bezeichnen sich auch als „Restafaris“. Doch worum handelt es sich nun bei REST? REST ist ein Akronym für „REpresentational State Transfer“. REST ist zustandslos und protokollunabhängig, wird aber mit HTTP verwendet und nutzt dessen Möglichkeiten.

Es gibt prinzipiell fünf Punkte, die die Eigenschaften von RESTful Services beschreiben: Adressierbarkeit, eindeutige und klar definierte Operationen, Repräsentationsorientiertheit, zustandslose Kommunikation und Verwendung von Hypermedia als Motor für den Anwendungszustand. Letzteres ist frei übersetzt und wird auch als „HATEOAS“ bezeichnet (Hypermedia As The Engine Of Application State). Um Verwirrungen vorzubeugen, sehen wir uns im Folgenden die Eigenschaften etwas genauer an.

Adressierbarkeit

Jede verteilte Anwendung benötigt eine eindeutige Adresse, damit diese von Service-Consumern auffindbar ist. Das ist oft nicht trivial, da vor allem die Ressourcen eines Resource Identifiers (Webadressen) zur Adressierung verwendet werden. Der Aufbau sieht in etwa so aus:

schema://host:port/pfad/abfrage?parameter#fragment

Das Verb „schema“, da REST üblicherweise über HTTP oder HTTPS läuft, „Host“ bezeichnet die Domäne oder die IP-Adresse des Serviceanbieters, wobei ein optionaler Port hinzugefügt werden kann, sollte es sich nicht um den Standardport für HTTP handeln. Danach kann man einen Pfad angeben, der mehrere Pfadsegmente beinhalten kann, die jeweils durch ein „//“ getrennt werden müssen. Eine optionale Abfrage kann Parameter übergeben, welche die Ausführung des Services beeinflussen. Wichtig ist jedoch, dass dies keine Aktionen wie „delete“ oder „update“ sind. Diese werden in REST anders behandelt – mehr dazu später. Ein Fragment kann schlussendlich einen Bereich direkt ansprechen. Wichtig ist auch noch anzumerken, dass, wie für HTTP üblich, nicht alle Zeichen verwendet werden können. Will man ein Leerzeichen übergeben, ist es notwendig, dass man hierfür ein „+“ in die Adresse eingibt. Weitere Einschränkungen sind Sonderzeichen, die durch einen „%“ und einen Hexcode angegeben werden.

¹ Siehe Fielding, R. T. (2000)