

Status Cloud Computing

Analyse der aktuellen Systeme und ihrer Grenzen

Gregor Klepsch
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Gregor.Klepsch@informatik.stud.uni-erlangen.de

ABSTRACT

In den letzten Jahren führten zahlreiche Verbesserungen in der Infrastruktur und Wartbarkeit von Cloud-Systemen zu neuen Anwendungsmöglichkeiten sowohl für die Industrie als auch im universitären Bereich. Allerdings sind mit der zunehmenden Verwendung von Clouds auch neue Probleme entstanden wie zum Beispiel die immer höheren Anforderungen an Übertragungsrate und Verfügbarkeit. Der Fokus von aktuellen Cloud-Diensten liegt deshalb auf intelligentem Ressourcen-Management sowie der Erhöhung der Verfügbarkeit der angebotenen Dienste.

In dieser Ausarbeitung werden die aktuellen Chancen und Risiken von Cloud Computing aufgezeigt. Außerdem werden mit Hilfe von zwei Beispielsystemen einige in der Praxis auftretende Begrenzungen analysiert. Das erste System ist das „Server based Computing“-Konzept der DATEV eG, welches schon länger produktiv im Einsatz ist. Beim zweiten System handelt es sich um die „Amazon EC2“-Cloud. Anhand von Benchmarkergebnissen wird hier auf bestehende Herausforderungen bei der Rechenleistung in dieser Cloud aufmerksam gemacht.

1. EINFÜHRUNG

Auch wenn viele Unternehmen derzeit noch zögern, ihre sensiblen Daten in Cloudsysteme auszulagern, konnte im Markt für Cloud Computing 2009 erneut eine Umsatzsteigerung erzielt werden. Im letzten Jahr lag der Umsatz im privaten Cloud Computing Servicemarkt in Westeuropa bei 2,9 Milliarden Euro. Wie in Abbildung 1 dargestellt, wird laut einer Prognose von Gartner und der Deutschen Telekom der Umsatz in diesem Markt bis zum Jahre 2014 auf 10,2 Milliarden Euro anwachsen [13]. Hierbei handelt es sich um ein konstant lineares Wachstum. Eine Erklärung für dieses Wachstum findet sich, wann man die Chancen von Cloud Computing mit aktuellen Techniken der Internet- und Telekommunikationsbranche in Zusammenhang bringt. Die Betrachtung dieses Zusammenhangs wird deshalb das zentrale Thema im ersten Teil der vorliegenden Ausarbeitung darstellen.

Diagramm 1 macht aber auch deutlich, dass von einer „Explosion“ der Umsatzzahlen, welche üblicherweise an einer exponentiellen Wachstumskurve erkennbar wäre, derzeit beim Cloud Computing keine Rede sein kann. Dies spricht dafür, dass es aktuell noch Grenzen des Cloud Computing geben muss, die die Anwendung einschränken. In einem weiteren Teil dieser Ausarbeitung soll demgemäß auf einige derzeitige Grenzen eingegangen werden.

Die vorliegende Ausarbeitung besteht aus drei Teilen: Im ersten Teil werden die Chancen von Cloud Computing un-

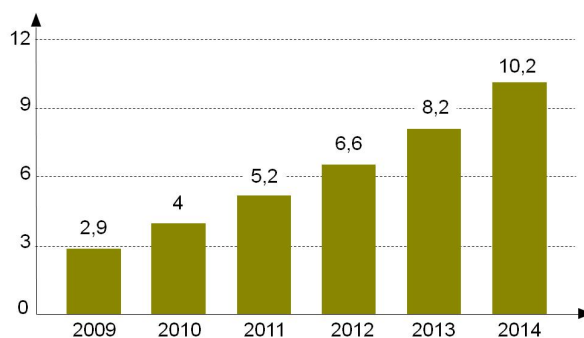


Abbildung 1: Umsatzentwicklung im Cloud Computing Servicemarkt in Westeuropa in Milliarden Euro (ab 2010 Prognose)

ter der Berücksichtigung von neuen Techniken analysiert. Der Fokus liegt hier unter anderem auf den Themen „Green IT“ und „Pervasive Computing“, welche in den Medien derzeit sehr präsent sind. Daneben wird außerdem auf neue Client-Dienste wie „Google Chrome OS“ eingegangen, die demnächst auf den Markt kommen. Und zuletzt werden mit „Private Clouds“ sowie der „Skalierbarkeit von Cloudsystemen“ zwei Kernbereiche des Cloud Computing unter aktuellen Gesichtspunkten näher beleuchtet. Es handelt sich hier um zwei Felder, in denen Cloud Computing traditionell stark ist. Im zweiten Teil der Ausarbeitung wird auf aktuelle Herausforderungen und Risiken eingegangen. Neben klassischen Problemfeldern wie „Sicherheit und Datenschutz“ sowie mangelnder „Kompatibilität“ werden hier auch Herausforderungen in Bezug auf „Übertragungsrate und Speicherplatz“ näher beleuchtet. Zudem wird auf Probleme in den Bereichen „Komplexe Softwareanforderungen“, „Verfügbarkeit“ und „Datenhaltung“ näher eingegangen. Zuletzt werden neue Herausforderungen im Bereich des „High Performance Computing“ dargestellt.

Eine tiefer gehende Analyse aktueller Systeme und ihrer Grenzen wird im dritten Teil der Ausarbeitung durchgeführt. Für den Bereich der „Public Clouds“ wird hier auf das „Amazon EC2“-System eingegangen. Es werden aktuelle Leistungsmessungen dieses Systems gezeigt. Die Messungen verdeutlichen vorhandene Performance-Probleme, für welche in diesem Kapitel teilweise auch Lösungsansätze skizziert werden. Für den Bereich der „Private Clouds“ wird das in der DATEV eG in Nürnberg eingesetzte „Server based Computing“-System näher betrachtet. Dieses System ist

seit einigen Jahren produktiv im Einsatz und eignet sich daher, um auf Vorteile und Risiken aktueller Cloud Systeme im Langzeitbetrieb einzugehen. Im Anschluss an die drei Hauptteile wird ein Fazit gezogen.

2. AKTUELLE CHANCEN

Im folgenden Kapitel werden die Chancen von Cloud Computing im Hinblick auf aktuelle Entwicklungen der Internet- und Telekommunikationsbranche erläutert.

2.1 Green IT

Unter *Green IT* versteht man Bestrebungen, die Nutzung von Informationstechnik ressourcenschonend zu gestalten [18]. Die aktuelle Diskussion um dieses Schlagwort führt dazu, dass Desktopsysteme zunehmend durch energieeffizientere Terminals und Thin Clients ersetzt werden. Möglich wird dieser Umstieg durch Cloud Computing.

Denn die energieeffizienten und daher meistens auch leistungsschwachen Terminals greifen in der Cloud auf virtuelle Maschinen zu, die die benötigten Anwendungen und Rechenleistung zur Verfügung stellen. Mit aktueller Virtualisierungssoftware wie VMware Workstation 7 oder Virtual-Box 3.2, lassen sich mittlerweile virtuelle Maschinen mit bis zu vier virtuellen Kernen und bis zu 32 GB Arbeitsspeicher erstellen [17]. Diese virtuellen Maschinen können dann über Terminals oder Thin Clients wie ein lokaler Rechner benutzt werden. Im Zusammenhang mit Green IT werden die virtuellen Maschinen zudem oft auf Servern gestartet, die ursprünglich zur Abdeckung von Anfragespitzen installiert wurden, im Alltag aber oft brachliegen. Ein Beispiel hierfür ist Amazon EC2: Um Anfragespitzen im Weihnachtsgeschäft abdecken zu können, wurden vom Unternehmen Server installiert, die dann unter dem Jahr an externe Benutzer vermietet werden können [12].

Durch Cloud Computing wird daher eine bessere Auslastung dieser Server erzielt und so der Energieverbrauch in Bezug auf die Rechenleistung gesenkt. Zusätzlich sorgen auch die energieeffizienten Terminals für weniger Stromverbrauch, weshalb Cloud Computing mit Blick auf Green IT einen sinnvollen Beitrag leisten kann [14].

2.2 Pervasive Computing

Dank der Fortschritte im Pervasive Computing können nun auch Mobiltelefon- und Smartphonebenutzer von Cloud Computing profitieren.

Unter Pervasive Computing ist eine allesdurchdringende Vernetzung durch den Einsatz „intelligenter“ Gegenstände zu verstehen [20]. Diese Gegenstände sind in erster Linie leistungsschwache Handys, Netbooks und PDAs mit Akkubetrieb. Für komplizierte Berechnungen würde die Leistung dieser Geräte nicht ausreichen. Dank der höheren Übertragungsrate im Funknetz können diese Geräte aber jetzt überall und jederzeit auf Cloud Computing zurückgreifen. Das eigene Handheld dient dabei als Anzeige- und Eingabegerät.

Neue Funkübertragungsstandards mit Datenraten von bis zu 7,2 Mbit/s, wie beispielsweise UMTS, decken mittlerweile 60% der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland ab [19]. Cloud Computing wird daher für viele Menschen verwendbar. Beispiele für Anwendungen, die eine Kombination aus Pervasive Computing und Cloud Computing darstellen, sind Lokalisierungs-Services wie Google Latitude, die

die Vorteile der Mobilität mit den Möglichkeiten des Cloud Computing verbinden. Google Latitude ist ein plattformübergreifender Cloudservice, der die Position des Benutzers sowie befreundeter Personen ermittelt und auf einer Landkarte anzeigt. Klickt man auf diese Freunde, kann man ihre Twitter-Mitteilungen lesen oder wird zu ihrer Facebook-Seite weitergeleitet. Außerdem kann man mit ihnen Kontakt über E-Mail oder Telefon aufnehmen [8].

2.3 Neue Client-Systeme

Seit September 2009 bietet Google das Betriebssystem Chrome OS zum Download an, das auf Zweitsysteme wie Netbooks oder Tablet-PCs ausgelegt ist. Erste Geräte mit dem neuen Betriebssystem sollen in der zweiten Jahreshälfte 2010 im Handel erhältlich sein [9]. Das Betriebssystem Google Chrome OS wird von der Presse gerne als „Cloud Betriebssystem“ bezeichnet, da alle Programme, die sich bei Windows normalerweise im Startmenü finden, durch Webapplikationen sind, die über Clouds zur Verfügung gestellt werden. Deshalb ist der Webbrowser der zentrale Bestandteil von Google Chrome OS. Neben dem Webbrowser werden keine Programme lokal auf dem Rechner installiert und auch Dokumente werden nicht mehr lokal gespeichert sondern verschlüsselt in der Cloud abgelegt [6]. Das System belegt daher sehr wenig Speicherplatz und benötigt nur eine geringe Prozessorleistung, wodurch es sich vor allem für mobile Geräte wie Netbooks oder Subnotebooks eignet. Da Chrome OS ein ideales Client-System für die Nutzung von Clouds darstellt, wird mit der Verbreitung von Chrome OS auch das Cloud Computing an Bedeutung gewinnen und für Privatanwender interessant.

Allerdings muss die Kritik der Datenschützer an diesem System beachtet werden: Denn als Anbieter von Betriebssystem und Clouddienst gleichermaßen wäre Google in der Lage, über sämtliche Datenbestände zu verfügen und könnte zudem einzelne Nutzer beispielsweise bei Verletzung der allgemeinen Geschäftsbedingungen sperren. Ein solcher gesperrter Nutzer würde nicht nur seinen kompletten Datenbestand verlieren, sondern auch nicht mehr online gehen können und nicht einmal mehr offline arbeiten können.

2.4 Skalierbarkeit

Cloud Computing bietet für kleine Unternehmen und neu gegründete Firmen die Möglichkeit, durch das Outsourcing in eine Cloud hohe Investitionskosten in die eigene Hardware zu sparen. Denn Cloud Computing ist für junge, stark wachsende Unternehmen schnell und einfach realisierbar und bietet zudem eine gut skalierbare Infrastruktur. Ein Beispiel hierfür ist die Firma Animoto, welche Videodienste über das Web anbietet. Nach einer Vernetzung mit dem sozialen Netzwerk Facebook.com erfuhr Animoto einen extremen Anstieg der Nachfrage. Stündlich registrierten sich bis zu 25.000 neue Nutzer. Um alle Anfragen bedienen zu können, griff Animoto auf öffentliche Cloud Dienste zurück. Die Nutzung dieser Dienste konnte später einfach und kostengünstig wieder herunterskaliert werden [4].

Kritiker befürchten allerdings einen Kontrollverlust sowie die Gefahr des „Vendor Lock-in“, wenn ein Unternehmen Applikationen in Cloud-Systeme auslagert. Hierauf wird in Kapitel 3.2 näher eingegangen.

2.5 Private Clouds

Für Großunternehmen bieten Private Clouds die Möglichkeit, ressourceneffizienter zu arbeiten. Da sich bei Private Clouds alle Komponenten der Cloud (Applikationen, Terminals, Server, Infrastruktur) im eigenen Unternehmen befinden, besteht die Gefahr des Kontrollverlustes hier nicht. Auch Übertragungsrate und Verfügbarkeit können aktiv beeinflusst werden und sind nicht von externen Faktoren abhängig. Der klassische Desktop-PC kann bei der Nutzung von Private Clouds durch kleinere und energiesparende Terminals ersetzt werden, virtualisierte Anwendungen und Desktopumgebungen sorgen für die Erfüllung der Bedürfnisse der einzelnen Benutzer [5].

Die Umstellung von Desktop-PCs auf Thin-Clients hat viele Vorteile: Zum einen haben die Mitarbeiter von jedem System aus Zugriff auf ihren persönlichen Desktop. Es spielt also keine Rolle, an welchem Arbeitsplatz sie sich gerade befinden. Zum Anderen wird ein Datenverlust nahezu unmöglich, da Daten im Netzwerk auf zentral hochverfügbarem und redundantem Storage gesichert werden. Und außerdem lassen sich nun Updates effizienter durchführen. Denn eine aufwändige Verteilung von Programmaktualisierungen auf viele tausend Systeme, die in großen Unternehmen regelmäßig durchgeführt wird, kann nun durch ein einziges Update auf der generischen virtuellen Maschine ersetzt werden.

3. AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN

Cloud Computing ist EU-weit trotz zahlreicher Vorteile noch nicht angekommen. Die Datensicherheit ist für Unternehmen laut aktuellen Umfragen nach wie vor der größte Bremsklotz für die Einführung von Cloud-Diensten. Nur 10 Prozent der europäischen Unternehmen würden ihre unternehmenskritischen Daten in eine Cloud auslagern. Dies geht aus einer aktuellen Umfrage der ICASA hervor, in deren Rahmen 1809 Stimmen abgegeben wurden [11].

Neben den Vorbehalten bezüglich der Sicherheit halten viele Umfrageteilnehmer auch das Konzept des Cloud Computing für noch nicht ausgereift. Auf den Plätzen drei und vier folgen die Aussagen „zu wenige Management-Möglichkeiten“ sowie „rechtliche Fragen und Compliance-Aspekte“.

Eine andere aktuelle Erhebung des britischen Marktforschers Vanson Bourne stellt zudem fest, dass derzeit nur 17 Prozent der Unternehmen in Großbritannien Cloud Computing nutzen. 35 Prozent wollen ihre Anwendungen nicht in die Cloud verlagern, 42 Prozent der Firmen schließen das sogar für die nächsten zwei Jahre aus [10].

Im Zusammenhang mit diesen Umfragen wird auch vermutet, dass die IT-Abteilungen der Unternehmen bisweilen nach Argumenten gegen eine Verwendung der Cloud suchen, um sich nicht selbst überflüssig zu machen [2]. Es steht aber außer Frage, dass einige Herausforderungen beim Cloud-Computing noch nicht zur Zufriedenheit der möglichen Kunden gelöst sind und ein umfassender Durchbruch im Massenmarkt wohl erst nach der Bewältigung dieser Herausforderungen erfolgen wird. Im Folgenden wird auf die aktuellen Probleme des Cloud Computing näher eingegangen.

3.1 Sicherheit und Datenschutz

Natürlich gelten ausreichend verschlüsselte Datensätze als sicher, auch wenn sie in Public Clouds abgelegt sind. Vor allem die Benutzung von virtuellen Netzen, Firewalls sowie eine konsequente Datenverschlüsselung tragen zu einer

höheren Sicherheit von Applikationen in Cloud-Systemen bei. Hinzu kommt, dass Anbieter wie Amazon oder Salesforce.com dem Benutzer mittlerweile maßgeschneiderte Hilfsmittel zur Absicherung mitliefern, die über die jeweilige Konfigurationsoberfläche konfigurierbar sind.

Das kann aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Gefahr eines unerlaubten Zugriffs in Public Clouds höher ist als auf lokalen Speichersystemen. Denn in Public Clouds werden die Ressourcen von vielen Nutzern geteilt und zudem ist der Speicherort der eigenen Daten zunächst nicht bekannt. Dazu kommt, dass bereits die Information darüber, welches Cloud-System von einem Unternehmen verwendet wird, als Ansatzpunkt für Industriespionage dienen kann. Weiterhin sind klassische Authentifizierungs-Modelle mit Benutzername und Passwort für unternehmenskritische Anwendungen und Daten nicht ausreichend, da hier prinzipiell nicht zwischen Angreifern und legitimen Benutzern unterschieden werden kann [14].

3.2 Kompatibilität

Die unterschiedlichen Lösungen der einzelnen Cloud-Anbieter sorgen für mangelnde Kompatibilität zwischen den verfügbaren Services. Während eine große, verteilt gespeicherte Datenmenge, wie sie bei Infrastructure As A Service (IaaS) üblich ist, nicht einfach von einem Anbieter zum nächsten migriert werden kann, ist es auch Anfang 2010 noch fast unmöglich, eine Softwareanwendung zwischen verschiedenen Anbietern zu migrieren (zum Beispiel von Amazon nach Salesforce.com) [14]. Deshalb besteht für die Nutzer von Cloud Computing weiterhin die Gefahr des *Vendor Lock-in*. Darunter versteht man, dass ein Benutzer aufgrund der mangelnden Kompatibilität der Produkte kaum die Möglichkeit hat, den Anbieter zu wechseln. Sobald sich ein Unternehmen für einen Anbieter entschieden hat, ist es an den Anbieter gebunden. Falls dieser sich aus dem Markt zurückzieht, kann das zu einem Kontrollverlust über die in die Cloud gestellten Anwendungen führen. Eine Migration zu anderen Anbietern kann im fortgeschrittenen Stadium sehr schwierig oder sogar unmöglich sein.

In den letzten Jahren haben sich verschiedene Interessengruppen gebildet, die sich mit der Schaffung von Rahmenbedingungen und der Standardisierung von Programmierschnittstellen befassen. Unter diesen Gruppen sind ist das Open Cloud Consortium, die Cloud Storage Initiative, sowie die Cloud Storage Technical Work Group.

Diese Gruppen, die von großen Anbietern wie Google oder Amazon unterstützt werden, müssen in den nächsten Jahren ihre Standardisierungsbemühungen vorantreiben, beginnend bei der Verschlüsselung, einem einheitlichem Identitäts- und Zugangsmanagement, Störungsverhalten und Management Tools [7].

3.3 Übertragungsrate und Speicherplatz

Derzeit wachsen die Anforderungen an Übertragungsrate und Speicherplatz in Cloud-Systemen schneller als die verfügbaren Ressourcen. Verantwortlich hierfür sind unter anderem Sensoren, Kamerasysteme und Anwendungen, die permanent Daten in Cloud-Systeme einstellen [14].

Eine Folge davon ist, dass die Kosten für Netzwerkspeicherplatz in den letzten fünf Jahren nur um den Faktor drei gesunken sind, während die Kosten für lokale Speichersysteme wie beispielsweise Festplatten im gleichen Zeitraum

um den Faktor 10 gefallen sind. Zudem kostet der Transfer von einem Terabyte Datenvolumen aus einem Cloud-System derzeit immer noch zwischen 100 bis 150 Dollar [3]. Um das Problem des teuren Internet-Transfers zu lösen, bietet Amazon die Möglichkeit an, physikalische Festplatten mit Express-Diensten zu verschicken. Die Kosten für 10 Terabyte Speichervolumen in Form mehrerer Festplatten, sowie deren Express-Versand, belaufen sich bei Amazon derzeit auf 400 Dollar. Dagegen werden für den Transport derselben Datenmenge über das Internet von Amazon derzeit 1.000 Dollar an Übertragungsgebühren berechnet.

Bei einem Datentransport über das Internet spielt zudem die Übertragungsrates eine Rolle: Während eines Testtransfers aus dem EC2 konnte die Berkeley-Universität in Kalifornien nur eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 20 Mbit/s erreichen. Legt man diese Übertragungsrates zugrunde, würde der Download von 10 Terabyte Datenvolumen 45 Tage dauern. Der Übernachts-Versand von physikalischen Festplatten würde die Latenz also um den Faktor 45 reduzieren.

Die geringe Übertragungsrates ist aber nicht nur in *Wide Area Networks* wie dem Internet, sondern auch in vielen nicht-öffentlichen Netzwerken ein Problem. Denn während in öffentlichen Clouds normalerweise eine 10 Gigabit-Infrastruktur zum Einsatz kommt, sind hier viele Endsysteme oft mit günstigen 1-Gigabit-Netzwerkkarten und Routern an das Netzwerk angeschlossen [3]. Die daraus resultierende geringe Übertragungsrates kann zu einem Engpass bei der Ausführung von verteilten Programmen, die auf unterschiedlichen Systemen laufen (z.B. MapReduce), führen.

Es ist allerdings zu erwarten, dass die Kosten für 10 Gigabit-Switches oder -Router in den nächsten Jahren stark fallen werden. Für die Anbindung eines Servers an ein 10 Gigabit-Netzwerk werden dann statt wie bisher 1.000 Dollar nur noch 200 Dollar an Kosten anfallen. Somit besteht die Möglichkeit, die Übertragungsrates in privaten Clouds entsprechend der Übertragungsrates in öffentlichen Clouds auszubauen, um so Engpässe beim Datentransfer zu beseitigen [3].

3.4 Verfügbarkeit

Vor der Auslagerung von Datenbeständen und Anwendungen in eine Cloud spielt die spätere Verfügbarkeit der ausgelagerten Dienste für viele Nutzer eine große Rolle. Deshalb sichert beispielsweise Amazon allen Benutzern seines Services EC2 eine Verfügbarkeit von 99,95% zu [15]. Das bedeutet, dass die Dienste von EC2 maximal 4 Stunden im Jahr nicht erreichbar sind. Ausfälle, die kürzer als fünf Minuten sind, gelten laut Amazon dabei allerdings nicht als Downtime. Für private Anwender und kleine Unternehmen wäre das trotzdem ein Fortschritt: Denn Langzeitbeobachtungen ausgewählter Internetdienste dieser Zielgruppe haben ergeben, dass diese Internetdienste zwischen 2007 und 2008 im Durchschnitt 55 Stunden pro Jahr nicht verfügbar waren. Die Benutzung einer Cloud hätte für diese Nutzer, die derzeit ihre eigene Infrastruktur verwenden, also eine Verbesserung der Verfügbarkeit zur Folge.

Bei großen Internet-Diensten wie Ebay oder Walmart.com sieht das allerdings anders aus. Denn diese hatten zwischen 2007 und 2008 bereits eine durchschnittliche Verfügbarkeit von 99,987% [15]. Das bedeutet, dass sie pro Jahr nur circa eine Stunde nicht erreichbar waren. Würden diese Internetdienste ihre Anwendungen in eine Cloud auslagern, würde

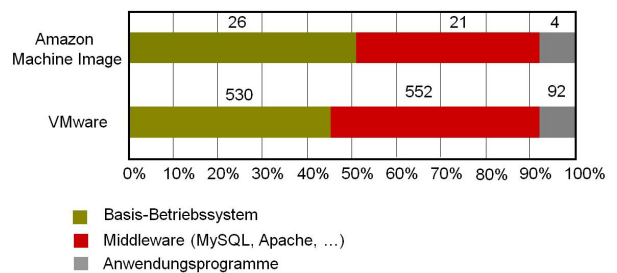


Abbildung 2: Typisierung von Software-Images

sich also ihre Ausfallzeit von derzeit einer Stunde auf vier Stunden erhöhen. Für diese großen Unternehmen muss sich deshalb erst die Verfügbarkeit von Cloudsystemen verbessern, bevor sie diese in größerem Maß nutzen werden.

3.5 Datenhaltung

Während virtuelle Maschinen sich sehr effizient physikalische CPUs und physikalischen Arbeitsspeicher teilen können, ist der gemeinsame Zugriff auf persistenten Speicher derzeit noch problematisch. Das betrifft vor allem den gemeinsamen Zugriff auf Festplattenspeicher. Ein Benchmarktest mit 75 virtuellen Maschinen aus Amazons EC2 (Elastic Computing Cloud) bestätigt das. Bei dem Test müssen alle Maschinen gleichzeitig Dateien von je einem Gigabyte Datenvolumen auf lokale Festplatten schreiben. Die virtuellen Maschinen erreichen dabei eine Schreibgeschwindigkeit von durchschnittlich 55 MB/s. Die Standardabweichung der Schreibgeschwindigkeit beträgt dabei 9 MB/s. Dies bedeutet eine Schwankung von mehr als 16% [3]. Eine Begründung dafür ist, dass sich der Lesekopf der physikalischen Festplatte bei vielen parallelen Zugriffen häufig neu positionieren muss.

Eine Möglichkeit, dieses Problem zu beheben, liegt darin, zur Datenspeicherung Flash-Speicher statt Festplatten einzusetzen. Flash-Speicher sind digitale Speicherchips, die eine persistente Speicherung bei gleichzeitig niedrigem Energieverbrauch gewährleisten. Zudem besitzen Flash-Speicher keine beweglichen Teile und die Zugriffszeiten liegen im Bereich von Mikrosekunden statt Millisekunden wie bei Festplatten. Deshalb können beim Einsatz von Flash-Speicher viel mehr E/A-Operationen pro Sekunde und pro Gigabyte Speicher durchgeführt werden. Virtuelle Maschinen, die während einer Sitzung häufig auf zufällige Stellen im Dateisystem zugreifen müssen, können besser nebeneinander koexistieren. Dadurch kann die Effizienz beim Zugriff auf persistenten Speicher verbessert und die Performance der Cloud-Systeme erhöht werden.

3.6 Komplexe Softwareanwendungen

Große Softwareanwendungen werden in einer Cloud im Allgemeinen auf Basis von virtuellen Maschinen realisiert. Bekannte Quellen für virtuelle Maschinen sind öffentliche „Amazon Machine Images“ (AMI) sowie der „Virtual Appliance Marketplace“ von VMware. Am 23. März 2009 wurde ein Speicherausgang der dort verfügbaren Maschinen erstellt und auf Basis ihres Typs kategorisiert [15].

Aus Abbildung 2 wird dabei ersichtlich, dass die meisten verfügbaren Images Basisbetriebssysteme oder Standardan-

wendungen enthalten. 51% der Images von Amazon EC2 waren Betriebssystem Images (Linux, Windows) und 41% einfache Middleware Images (zum Beispiel Apache, Tom-Cat, MySQL) oder Kombinationen aus Betriebssystem und Middleware (zum Beispiel Windows Server 2008 mit Apache). Im „Virtual Appliance Marketplace“ von VMware verhielt es sich ähnlich. Dort waren 1105 virtuelle Maschinen eingestellt, wobei auch hier der größte Teil auf Basisbetriebssystemen oder Middleware entfiel.

Während diese Images den Bedürfnissen von kleinen Unternehmen und privaten Anwendern genügen, gibt es derzeit noch zu wenig Unterstützung für große Unternehmen. Denn diese müssen oft viele virtuelle Maschinen automatisiert zusammenschließen, um komplexe Dienste anbieten zu können [15].

Es ist davon auszugehen, dass mit dem wachsendem Interesse großer Unternehmen am Cloud Computing auch die Images und die Einrichtung virtueller Maschinen für größere Anwendungen ausgelegt sein werden. Denn die Unternehmen mit großen Webanwendungen benötigen an dieser Stelle vor allem eine automatisierte Verteilung von sehr differenzierten Images, um die benötigte Skalierbarkeit zu erreichen.

3.7 High Performance Computing

Derzeit ist Cloud Computing noch kaum in der Lage, Aufgaben aus dem großen Markt des *High Performance Computing* zu übernehmen.

High Performance Computing (deutsch: Hochleistungsrechnen) ist ein Bereich des computergestützten Rechnens. Er umfasst alle Rechenarbeiten, deren Bearbeitung einer hohen Rechenleistung oder Speicherkapazität bedarf, wie zum Beispiel die Modellierung und Simulation komplexer mathematischer Systeme oder die Generierung von Animationsfilmen. Schätzungen zufolge macht das High Performance Computing (HPC) ein Drittel des heutigen Server-Marktes aus.

Bevor die Nutzung von Cloud-Systemen für das HPC in Frage kommt, müssen detailliertere Beschreibungen über das Verhalten von virtuellen Maschinen in Clouds vorliegen [3]. Damit ist gemeint, dass die Leistungsunterschiede unter der Woche und am Wochenende, bzw. am Tag und in der Nacht dokumentiert werden sollten, da eine Berechnung aus dem Bereich des HPC mehrere Stunden oder Tage dauern kann. Außerdem muss die Leistung der gelieferten Systeme besser kategorisiert werden, da, wie in Kapitel 4.2 erläutert, ein virtuelles System, das mit 2,66 GHz angegeben ist, in Wirklichkeit noch nicht an die Geschwindigkeit eines physikalischen Systems mit 2,66 GHz herankommt. Zudem werden beim Hochleistungsrechnen viele Prozesse parallelisiert abgearbeitet. Und die aktuellen virtuellen Maschinen und Betriebssysteme bieten den Programmierern noch nicht genügend Werkzeuge, die eine kontrollierbare Parallelisierung zu unterstützen [3]. Auch für den Bereich des High Performance Computing muss sich die Effizienz der aktuellen Systeme also noch steigern.

4. AKTUELLE SYSTEME

Im folgenden Kapitel wird die Struktur von zwei aktuellen Systemen näher betrachtet. Als Beispiel für eine aktuelle „Private Cloud“ wird hier auf das in der DATEV eG eingesetzte System näher eingegangen.

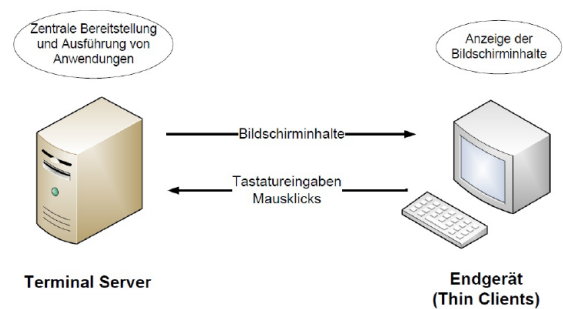


Abbildung 3: Server Based Computing (SBC)

Als Beispiel für eine „Public Cloud“ wurde das System von Amazon EC2 gewählt. Das Kapitel stützt sich hierbei auf Benchmarktests, die im Rahmen einer aktuellen Studie durchgeführt wurden.

4.1 DATEV eG - Analyse der Private Cloud

Die DATEV ist mit über 5.500 Mitarbeitern das zweitgrößte Softwarehaus Deutschlands mit Sitz in Nürnberg. Bereits Anfang 2008 führte die Genossenschaft das „Server based Computing“ (SBC) ein. Bei dieser Umstellung von lokalen Desktopsystemen auf Thin Clients und Windows Terminal Server (WTS) handelt es sich um die größte Neuerung in der IT-Landschaft des Unternehmens seit der Einführung von Windows 95.

Die Mitarbeiter greifen seitdem mit einer „Remote Desktop Verbindung“ auf den WTS zu (siehe Abbildung 3). Hier ist das Betriebssystem „Windows 2003 Server“ installiert. Jedem Anwender wird in seiner Sitzung eine Instanz dieses Betriebssystems zugeteilt. Der gesamte Datenbestand der Mitarbeiter sowie alle Programme liegen auf dem WTS, wobei es für sie keine Rolle spielt, auf welchem Server der WTS-Farm genau sie gerade arbeiten. Alle Server sind identisch, wodurch Redundanz und Ausfallsicherheit gewährleistet sind [5].

Die Umstellung auf diese Struktur brachte für das Unternehmen folgende Vorteile: Erstens können sich Mitarbeiter nun an jedem Rechner im Unternehmen anmelden und haben von überall Zugriff auf ihren Desktop und ihren kompletten Datenbestand. Zweitens lassen sich nun Updates und Virenschannerläufe effizienter durchführen. Denn eine aufwändige Verteilung von Programmaktualisierungen, die früher regelmäßig durchgeführt werden musste, kann nun durch ein einziges Update des WTS ersetzt werden. Und drittens wird ein Datenverlust nahezu unmöglich, da Daten im Netzwerk auf zentral hochverfügbarem und redundantem Storage gesichert werden.

Nach zwei Jahren praktischer Erfahrung mit dem hier beschriebenen System des Server-Based-Computing wurden aber auch Bereiche sichtbar, in denen die aktuelle Lösung noch Verbesserungspotential besitzt. Ein Problem war bislang die Installation neuer Softwareanwendungen auf dem Server. Denn Softwareanwendungen werden nativ auf dem WTS installiert und müssen deshalb auf dem Betriebssystem Windows 2003 Server lauffähig sein. Programme für andere Betriebssysteme wie z.B. Windows 95, Windows 7 oder Linux lassen sich am WTS nicht ohne Weiteres zur Verfügung stellen. Außerdem lässt sich sowohl das „rustika-

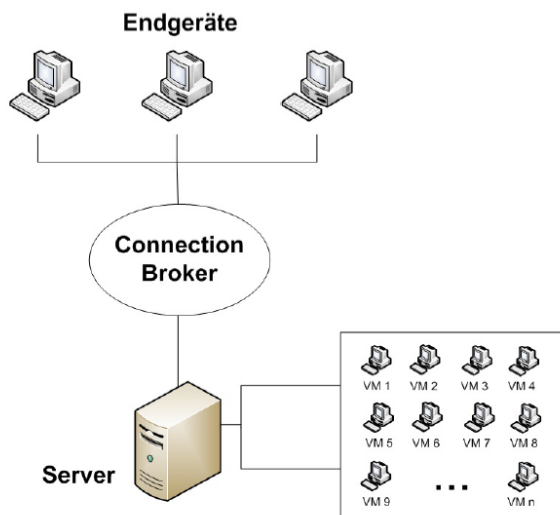


Abbildung 4: Desktopvirtualisierung

le“ Look&Feel von Windows 2003 Server mit der klassischen Fensterdarstellung sowie die Bedienbarkeit im Vergleich zu aktuellen Betriebssystemen wie Windows 7 im Jahr 2010 kaum verargumentieren.

Um diese Probleme zu lösen, werden derzeit ergänzend zum SBC auch Pilotprojekte im Bereich der Desktopvirtualisierung durchgeführt [5]. Im Gegensatz zum SBC hat bei der Desktopvirtualisierung jeder Benutzer auf dem Server Zugriff auf eine oder mehrere virtuelle Maschinen (siehe Abbildung 4). Auf diesen virtuellen Maschinen ist die persönliche Arbeitsumgebung inklusive allen Programmen und dem Betriebssystem intalliert. Dadurch können nun auch Betriebssysteme wie Windows 7 zur Verfügung gestellt werden. Auch das Problem der Softwareinstallation wurde bei diesem Ansatz größtenteils gelöst, da das Betriebssystem in den virtuellen Maschinen den Anforderungen der Software entsprechend ausgewählt werden kann [15].

Im Vergleich zum bisherigen System auf Basis des SBC bietet die Desktopvirtualisierung aber auch Nachteile. Einerseits sind für eine virtuelle Instanz von Windows 7 mindestens 16 GB Speicherplatz vorgeschrieben. Rechnet man das auf die Anzahl der Mitarbeiter hoch, werden SANs (Storage Area Networks) mit entsprechender Ausfallsicherheit und Übertragungsrate im grossen Stil notwendig. Auch die Rechenleistung, die den Servern für die Darstellung mehrerer Windows 7 Instanzen in virtuellen Maschinen abverlangt wird, ist enorm. Das klassische Konzept ist an diesem Punkt effizienter. Und zuletzt werden die Verträge zur Beschaffung Softwarelizenzen (z.B. für Windows) sehr kompliziert, da auch Betriebssysteme in virtuellen Maschinen - solange sie nicht für Testzwecke genutzt werden - entsprechend lizenziert werden müssen.

Allen Unwegenheiten zum Trotz ist der Mehrwert bei der Verwendung einer Private Cloud für das Unternehmen vorhanden und man wird SBC und Virtualisierung weiter vorantreiben. Es muss allerdings beachtet werden, dass eine typische Cloud-Eigenschaft, nämlich die Verwendung von günstiger Commodity-Hardware, hier nicht erfüllt wird. Denn in der WTS-Farm sind leistungsfähige Server im Einsatz. Trotzdem können die verwendeten Konzepte aufgrund der

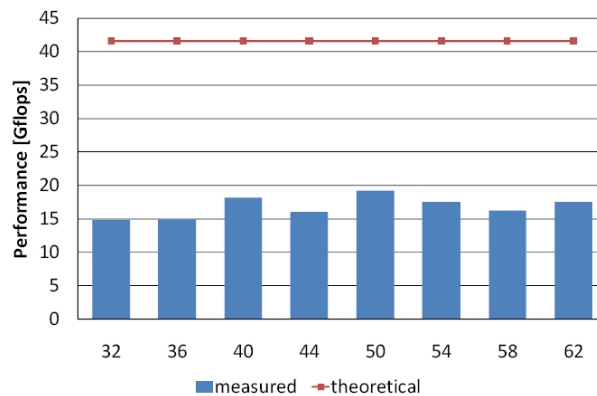


Abbildung 5: Benchmark-Ergebnis zur Performance virtueller Maschinen im EC2

Verwendung abstrahierter, hochskalierbarer und verwalteter IT-Infrastruktur per definitionem durchaus zum Cloud Computing gerechnet werden.

4.2 Amazon EC2: Performance-Analyse

Derzeit kommt die Performance von virtuellen Maschinen in Cloud-Systemen noch nicht an die Performance echter physikalischer Maschinen heran [1]. Dies wird im Folgenden anhand der Rechengeschwindigkeit im Amazon EC2 Cloud-System deutlich gemacht.

Amazon vermittelt den potentiellen Kunden seiner Elastic Compute Cloud (EC2) den Eindruck, dass bei Bedarf die Rechenleistung ohne großen Aufwand flexibel hochskaliert werden kann, bis hin zur Leistung eines Supercomputers.

Allerdings erreicht die Rechengeschwindigkeit der virtuellen Maschinen bei Weitem nicht die Geschwindigkeit vergleichbarer physikalischer Rechner. Dies war das Ergebnis eines IEEE-Projektes, in dessen Rahmen High Performance Computing (HPC)-Benchmarks auf virtuellen Maschinen in der EC2-Cloud durchgeführt wurden. Als Benchmarkprogramm kam hier HPL zum Einsatz. HPL wird unter anderem verwendet, um jährlich die schnellsten Supercomputer der Welt zu ermitteln. Das Programm löst unter anderem Vektorgleichungen durch Gauß-Elimination und führt eine Reihe weiterer hochmathematischer Berechnungen durch, um so die Rechengeschwindigkeit der Systeme zu festzustellen. HPL wurde im Rahmen des Tests auf einer virtuellen Maschine mit Intel Xeon CPU E5430 mit 2,66 GHz ausgeführt. Die theoretische Rechengeschwindigkeit dieser Maschine berechnet sich folgendermaßen [1]:

$$\begin{aligned}
 (\text{Theoretischer Wert}) &= 2,66 \text{ GHz} \\
 &\quad \times 4 [\text{Operationen/Zyklus}] \\
 &\quad \times 4 [\text{Kerne}]
 \end{aligned}$$

Die theoretische Rechenleistung der virtuellen Maschine liegt also bei 42,56 Gigaflops. In einem Benchmarktest mit dem Programm HPL wurde nun die tatsächliche Rechenleistung ermittelt:

Abbildung 5 stellt das Resultat des Benchmark-Tests auf dieser virtuellen Maschine dar. Die tatsächlich gemessene Rechengeschwindigkeit wird durch die blauen Balken darge-

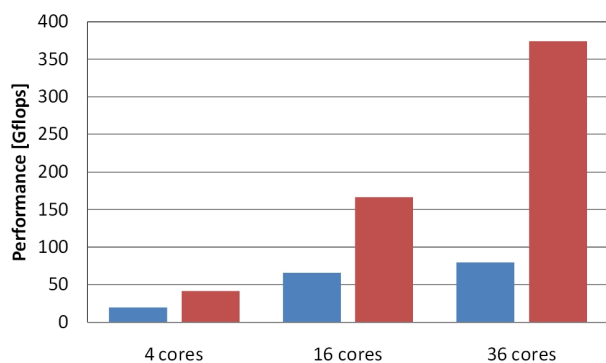


Abbildung 6: Benchmark-Ergebnis zur Performance virtueller Maschinen im EC2 bei Verwendung mehrerer Kerne

stellt. Jeder einzelne Balken steht dabei für mehrere Durchläufe des Tests mit jeweils unterschiedlichen Parametern. Die rote Linie (oben) stellt die theoretisch erreichbare Rechengeschwindigkeit dar.

Aus dem Testergebnis wird deutlich, dass die tatsächlich erreichte Rechenleistung selbst im besten Durchlauf weniger als die Hälfte der theoretisch möglichen Rechenleistung beträgt.

In einem weiteren Test wurde die Arbeitsleistung bei der Verwendung mehrerer Kerne untersucht. Hier wurden auf bis zu 36 Kernen Berechnungen von Gleitkommazahlen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6 grafisch dargestellt, wobei die blauen Balken wieder die real gemessene Rechenleistung zeigen. Die roten Balken stehen für die theoretisch mögliche Geschwindigkeit. Aus dem Testergebnis wird ersichtlich, dass der Unterschied zwischen realer und theoretischer Rechengeschwindigkeit immer größer wird, je mehr Kerne verwendet werden. Das liegt daran, dass sich in der EC2-Cloud die physikalischen Prozessoren oft auf unterschiedlichen Rechnern befinden, die überall im Netzwerk verteilt sind [1]. Je mehr Prozessoren verwendet werden, desto mehr Rechner werden in die Programmausführung mit eingebunden. Dadurch steigt die Instabilität, die durch die Kommunikationswege zwischen diesen Netzwerkknoten erzeugt wird.

Es gibt aber auch noch weitere Gründe für die mäßige Leistung im EC2: Zum Einen ergibt sich durch die Verwendung virtueller Maschinen immer ein gewisser Overhead. Zum Anderen regelt der Ressource-Manager bei der Überbelastung von Knoten die Leistung einzelner virtueller Maschinen auf diesen Knoten herunter, um die Betriebsfähigkeit aufrecht erhalten zu können. Das kann zu Performance-Verlusten auf einzelnen Maschinen führen. Neben diesen Punkten kommt aber auch hinzu, dass virtuelle Maschinen Benachteiligungen beim Zugriff auf physikalischen Speicher haben. Das wurde bereits in Punkt 3.5 erläutert.

Und ein weiterer Faktor ist, dass der Zugriff auf physikalischen Speicher bei virtuellen Maschinen viel zufälliger stattfindet als bei physikalischen Maschinen, vor allem dann, wenn sich mehrere virtuelle Instanzen die gleiche physikalische Hardware teilen. Das Caching ist deshalb nicht so effektiv wie auf physikalischen Rechnern.

Aber auch die Art der Durchführung des Benchmark-Tests kann zu den niedrigen Resultaten beitragen: Denn das Benchmark-Programm wurde mit GNU-Compilern kompiliert. Da im Amazon EC2 aber Intel-CPU's zum Einsatz kommen, wäre die Verwendung eines Intel-Compilers hier sinnvoller gewesen. Zudem kann die verwendete Zeitmessung der Benchmarkprogramme auf virtuellen Maschinen zu Problemen führen. Denn Funktionen wie *gettimeofday()*, die in den Benchmarkprogrammen zur Zeitmessung verwendet werden, beziehen sich auf die aktuelle Uhrzeit und nicht auf die CPU-Zeit.

Die Gründe für die schlechten Performance-Werte der EC2-Maschinen können also vielfältig sein. Als Ergebnis lässt sich aber festhalten, dass die Leistung von virtuellen Instanzen noch nicht an die Leistung von physikalischen Systemen herankommt.

5. FAZIT

Folgt man den aktuellen Prognosen, so wird der Markt für Cloud Computing weiter wachsen [13]. Einen Beitrag hierzu werden neue Entwicklungen wie Google Chrome leisten, die Cloud Computing für die Benutzer einfacher und transparenter machen. Auch die Chancen, die Cloud Computing im Hinblick auf aktuelle Entwicklungen (Green IT, Pervasive Computing) liefert, werden zu einer Nutzungserhöhung beitragen. Zu diesen neuen Einsatzbereichen kommen jene Felder, in denen Cloud Computing schon länger etabliert war. Zum Beispiel, wenn es darum geht, eine skalierbare Infrastruktur für kleine und mittelständische Unternehmen ohne hohe Fixkosten zu schaffen. Gerade in diesen Kernbereichen führen zahlreiche Innovationen wie zum Beispiel eine leistungsfähigere Virtualisierungssoftware zu Verbesserungen für die wachsende Zahl an Nutzern.

Zudem gibt es für viele der derzeit noch existierenden Probleme (Verfügbarkeit, Effizienz) mittlerweile eine Reihe von erfolgversprechenden Lösungsansätzen. Es ist daher davon auszugehen, dass sich die aktuelle Situation in den nächsten Jahren weiter verbessern wird und Clouds zunehmend mit eigener Infrastruktur konkurrieren werden - und wie im Fall der Verfügbarkeit - auch besser sein können.

Solange allerdings in der Fachpresse weiterhin Bedenken bezüglich der Sicherheit und Kontrollierbarkeit von Datenbeständen in Clouds geäußert werden [21, 16, 11], wird die geringe Akzeptanz von Clouds in der Bevölkerung sowie in den IT-Abteilungen der Unternehmen bestehen bleiben.

6. LITERATUR

- [1] S. Akioka and Y. Muraoka. *Benchmarks on Amazon EC2*. Waseda University, Tokyo, Japan, 2010.
- [2] Anna Sauerbrey. Cloud Computing: Warnung vor der Wolke. <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/cloud-computing-warnung-vor-der-wolke/1817232.html>, 2010.
- [3] M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. H. Katz, A. Konwinsky, G. Lee, D. A. Patterson, A. Rabkin, I. Stoika, and M. Zaharia. *Above The Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*, 2010.
- [4] C. Braun, M. Kunze, J. Nimis, and S. Tai. *Cloud Computing*. Webbasierte dynamische IT-Services, 2010.
- [5] M. Brittig. *Desktop-Virtualisierung in der DATEV eG*. Bachelorarbeit, 2009.
- [6] Chip online. Google Chrome OS: Alle Infos, alle Bilder. http://www.chip.de/news/Google-Chrome-OS-Alle-Infos-alle-Bilder_39016139.html, 2010.
- [7] Cloudforum.org. The Cloud Computing Interoperability Forum. <http://www.cloudforum.org/>, 2010.
- [8] Golem.de. Google weiß, wo deine Freunde sind. <http://www.golem.de/0902/65048.html>, 2009.
- [9] Golem.de. Chrome OS soll im vierten Quartal 2010 erscheinen. <http://www.golem.de/1006/75529.html>, 2010.
- [10] Jon Brodtkin. Cloud computing needs better security, interoperability. <http://www.infoworld.com/d/cloud-computing>, 2009.
- [11] Lance Whitney and Florian Kalenda. Umfrage: Risiken von Cloud Computing überwiegen, ZDNET.de. http://www.zdnet.de/news/wirtschaft_unternehmen_business_umfrage_risiken_von_cloud_computing_ueberwiegen_story-39001020-41530184-1.htm, 2010.
- [12] Marcel Hollerbach. Amazon Webservices. <http://knol.google.com/k/amazon-web-services>, 2009.
- [13] Marketing-Blog. Prognose - Umsatz im Cloud Computing . <http://www.marketing-blog.biz/archives.html>, 2010.
- [14] L. Schubert, K. Jeffery, and B. Neidecker-Lutz. *The future of Cloud Computing*. European Commission: Information Society and Media, CORDIS, 2010.
- [15] K. Sripanidkulcha, S. Sahu, Y. Ruan, A. Shaikh, and C. Dorai. Are Clouds Ready for Large distributed Applications? . <http://www.cs.cornell.edu/projects/ladis2009/papers/sripanidkulchai-ladis2009.pdf>, 2010.
- [16] Thomas Schaffry. Cloud Computing spielt keine Rolle. <http://www.cio.de/knowledgecenter/server/891451/>, 2010.
- [17] VMware. VMware Workstation 7. <https://www.vmware.com/de/products/ws/>, 2010.
- [18] Wikimedia Foundation. Wikipedia: Green IT. http://de.wikipedia.org/wiki/Green_IT, 2010.
- [19] Wikimedia Foundation. Wikipedia: HSDPA. <http://de.wikipedia.org/wiki/HSDPA>, 2010.
- [20] Wikimedia Foundation. Wikipedia: Pervasive Computing. http://de.wikipedia.org/wiki/Pervasive_Computing, 2010.
- [21] Wolfgang Herrmann. Chancen und Risiken von Cloud Computing. http://www.central-it.de/html/it_management/6433583/index4.html, 2009.