

CHANCEN IN DER WOLKE: FÜR WEN SICH CLOUD-COMPUTING LOHNT

Mit „Cloud-Computing“, dem Rechnen in der Wolke, bezeichnet man die Auslagerung von IT-Diensten an externe Anbieter, die über das Internet Rechenleistung und Speicherkapazitäten sowie gegebenenfalls auch andere Dienste und Anwendungen zur Verfügung stellen. Seinem Namen entsprechend ist der Begriff allerdings sehr wolkig und nur schwer zu fassen. Dennoch bieten die IT-Paradigmen und -Technologien, die sich dahinter verbergen, zahlreiche Möglichkeiten und Chancen – sowohl für die Kunden als auch für die Anbieter von Cloud-Diensten. Dieser Artikel zeigt Hindernisse und Chancen sowie praktische Beispiele für den sinnvollen Einsatz von Cloud-Technologien auf.

Was verbirgt sich hinter der Wolke?

„Cloud-Computing“ ist im IT-Sektor der zeitweilig mit Abstand prominenteste Begriff – wenngleich er einer von vielen ist. **Abbildung 1** gibt einen Eindruck von der Vielzahl an Begriffen und Abkürzungen in diesem Bereich. Es ist nicht verwunderlich, dass nicht nur IT-Laien angesichts dieser Fülle den Überblick verlieren.

Ein Grund, warum Cloud-Computing als Begriff, IT-Infrastruktur oder Architekturparadigma so schwer zu fassen ist, liegt in der fehlenden Abgrenzung von konkurrierenden Ansätzen, die bei genauerer Betrachtung letztlich aber alle dasselbe langfristige Ziel verfolgen.

Infrastructure, Platform, Software as a Service (I/P/SaaS), Grid, Utility, On Demand-Computing und Service Delivery Platforms (SDP) haben langfristig das so genannte „Internet der Dienste“ zum Ziel: Dabei laufen Anwendungen nicht mehr zwangsläufig auf dem eigenen Rechner oder Rechen-Cluster,

sondern irgendwo im Internet – bzw. in der Wolke. Die Dienste können jeweils von mehreren Nutzern bzw. Mandanten gleichzeitig genutzt und im Idealfall beliebig miteinander kombiniert werden.

In dieser Wolke gibt es Anbieter, die eine Infrastruktur – also Rechner, Speichersysteme usw. – anbieten und betreiben. Es gibt weitere Anbieter, die auf Basis solcher

Infrastruktur IT-Plattformen bereitstellen. Das bedeutet, dass man die Infrastruktur quasi mit einem entsprechenden Verbund aus Betriebssystem und Basisdiensten



Jürgen Falkner
(E-Mail: juergen.falkner@iao.fraunhofer.de)
leitet am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) das Competence Team „Softwaretechnik“, zu dem die Themenbereiche Grid-Computing, Cloud-Computing, SOA sowie Softwareentwicklung für Multicore-Architekturen gehören.



Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil Anette Weisbecker
(E-Mail: anette.weisbecker@iao.fraunhofer.de)
ist Institutsdirektorin am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation und Leiterin des Geschäftsfelds „Informations- und Kommunikationstechnik“.

erhält, die es einem beispielsweise ermöglichen, die Nutzung von Anwendungen zu erfassen (*Metering, Accounting*) und abzurechnen (*Billing*) oder den Zustand der Infrastruktur und der darauf laufenden Dienste zu überwachen (*Monitoring*). Sicherheitslösungen gehören – mit Sicherheit – auch zu den zentralen Diensten eines Plattform-Anbieters.

Diese Plattformen wiederum können von Service-Anbietern genutzt werden um Endanwendungen über das Internet zur Verfügung zu stellen. Dies umfasst Begriffe wie *Software as a Service (SaaS)* oder *Application Service Providing (ASP)* und macht die als *Dienst angebotenen Plattformen (PaaS)* zu *Service Delivery Plattformen (SDP)*. All diesen Plattformen

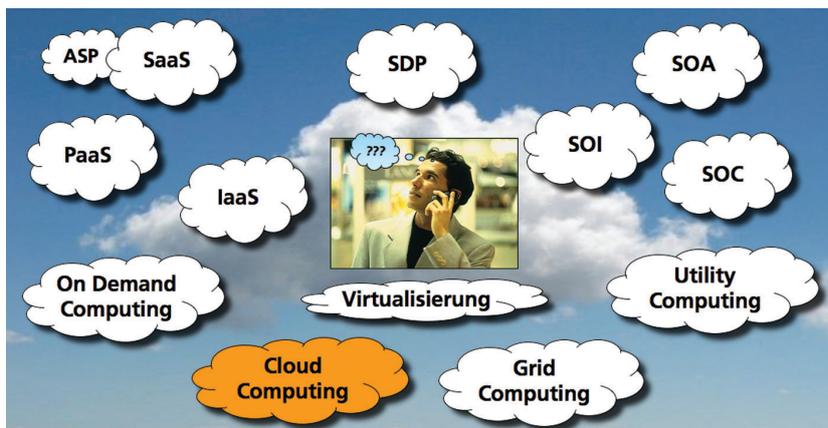


Abb. 1: Cloud-Computing und verwandte Begriffe.

ist gemeinsam, dass sie das Paradigma einer *serviceorientierten Architektur (SOA)* und *serviceorientierten Infrastruktur (SOI)* umsetzen – wenngleich diese ursprünglich eher dazu gedacht waren, unternehmensinterne Infrastrukturen besser zu organisieren, anstatt über das Internet für die ganze – oder zumindest die zahlende – Welt zugänglich zu sein.

Mit Hilfe solcher Infrastrukturen und Plattformen lassen sich letztlich nicht nur klassische Unternehmensdienste – wie *Enterprise Resource Planning (ERP)*, z. B. [SAP], *Customer Relationship Management (CRM)*, z. B. [Sal], oder E-Mail, z. B. [Goo-b]) – in die „Wolke“ auslagern. Hiermit wird es auch möglich, äußerst ressourcenintensive Anwendungen – von der Crash-Simulation bis hin zur Genomanalyse – bedarfsgerecht und auf *Pay-per-Use*-Basis auf fremden Ressourcen im Internet berechnen zu lassen. In diesem Falle spricht man dann auch von *serviceorientiertem Computing (SOC)*.

Die Vision der Rechenleistung aus der Steckdose, die auch hinter Begriffen wie *On Demand Computing* oder *Utility Computing* steckt, wird somit langsam Realität.

Dem Wechselspiel von Diensten und IT-Paradigmen liegt noch ein weiterer Begriff zu Grunde: die Virtualisierung. Ohne Virtualisierungstechnologien – angefangen bei der Betriebssystem-Virtualisierung in all ihren Varianten, über Speicher-Virtualisierung und Systeme zur automatischen Lastverteilung, bis hin zur Anwendungsvirtualisierung, wie man sie aus einer *Java Virtual Machine* kennt – wären all diese Ansätze technisch nicht umsetzbar.

Der Begriff Cloud-Computing ist deswegen so schwer zu fassen, weil im Moment jeder einen oder mehrere Aspekte aus dem oben beschriebenen Zusammenspiel von Ansätzen herausgreift und mit dem Begriff Cloud-Computing belegt.

Amazons „Elastic Compute Cloud“ (EC2) und „Simple Storage Service“ (S3) (vgl. [Ama-a] und [Ama-b]) bewegen sich auf der Ebene des IaaS. Microsofts „Azure“ (vgl. [Mic]) bietet eine Plattform (PaaS), inklusive Infrastruktur (IaaS). Dienste wie „Salesforce“ sind ganz klar dazu da, SaaS zu ermöglichen. Letztlich kann man all die Infrastruktur- und Plattform-Dienste auch als SaaS-Angebote betrachten. All dies firmiert im Moment unter dem Begriff „Cloud-Computing“. Welche Definition sich durchsetzen wird, kann nur die Zeit zeigen.

Wenn man sich am Begriff selbst orientiert und an der Wahrnehmung, dass zukünftige Anwendungen irgendwo in einer Wolke laufen werden, bietet es sich an, die Cloud als eine Kombination von Hardware und Plattform zu sehen. Oberhalb der IaaS- und PaaS-Angebote, die zusammen die Cloud bilden, tummeln sich dann alle Arten von Diensten, die in der Cloud betrieben werden und die von Endnutzern als SaaS genutzt werden können.

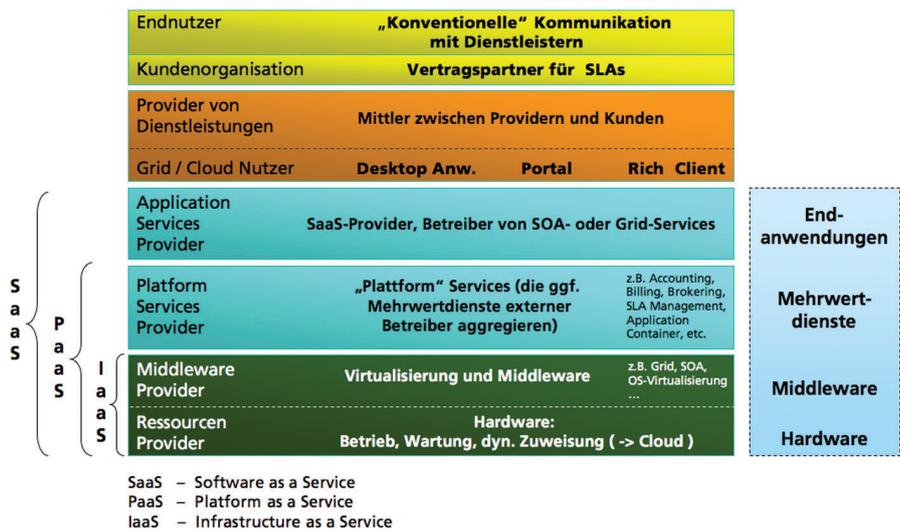


Abb. 2: Anbieter, Kunden und Rollen im Cloud-Service-Stack.

Anbieter und Nutzer in der Cloud

Unabhängig von den Begrifflichkeiten bieten die sich im Moment entwickelnden Dienste enorme Möglichkeiten. Nicht die begriffliche Einordnung, sondern die Eigenschaften und die Ausgestaltung dieser Dienste entscheiden über ihren Nutzen. Die Voraussetzung für die Nutzung dieser Möglichkeiten ist aber, sich der verschiedenen Ebenen des Cloud-Stacks sowie seiner Anbieter und Nutzer bewusst zu sein (siehe Abb. 2).

Das wesentliche neue Charakteristikum von gegenwärtigen Cloud-Ansätzen gegenüber älteren Paradigmen, wie z. B. *Grid Computing*, ist nicht so sehr die Verwendung grundlegend anderer Technologien. Serviceorientierung und Virtualisierungstechniken findet man auch dort bereits seit Längerem (vgl. z. B. [Tue03]). Der eigentliche Unterschied liegt viel mehr in der Elastizität des Angebots und in der Tatsache, dass ein neues Geschäftsmodell unterstützt wird – nämlich die Abrechnung auf Basis der tatsächlichen Nutzung. Elastizität bedeutet, dass eine Anwendung, die heute einen Rechenknoten benötigt – morgen 100 und übermorgen wieder nur 10 – diese auch dynamisch zugewiesen bekommt und letztlich nur die wirklich genutzten Ressourcen bezahlen muss. Diese dynamische Skalierung von Rechenressourcen und die damit verbundene dynamische Skalierung der Basisdienste auf Ebene der Plattform ermöglichen eine wirklich flexible Nutzung von IT-Infrastrukturen. Erst diese Elastizität und Skalierbarkeit sorgen in Verbindung mit einer feingranularen Leistungsverrechnung für eine echte Realisierung des On-Demand-Gedankens (vgl. [Gol09]).

Wem die Cloud nutzt

Hier wird der Nutzen von Cloud-Technologien für die Anbieter – und letztlich vor allem für die Nutzer – von Anwendungsdiensten deutlich. Wo immer der Ressourcenbedarf mittelfristig nicht klar abschätzbar ist oder kurzfristig zusätzliche Ressourcen benötigt werden, ist das Cloud-Paradigma von enormem Wert.

Beispiele sind SaaS-Angebote von Startup-Unternehmen, die



noch nicht abschätzen können, in welchem Maße ihre Services von den Endnutzern angenommen werden. So wurde etwa der Videoschnittdienst von Animoto (vgl. [Ani]) auf Ressourcen der Amazon-Cloud betrieben und erlebt innerhalb weniger Tage eine massive Vervielfachung der Nutzerzahlen und somit des Ressourcenbedarfs. Hätte das Unternehmen mit einer eigenen Infrastruktur agieren müssen, wäre das System vermutlich innerhalb kürzester Zeit unter dem Ansturm der Nutzer zusammengebrochen.

Solche Nutzungsmuster sind aber nicht nur bei Startup-Unternehmen möglich. Auch etablierte Anbieter können mit neuen Diensten in die Situation kommen, mit wenig Vorwarnzeit einen großen Nutzeransturm zu erleben. Lastspitzen, für die es viele verschiedene Auslöser geben kann, sind ein weiterer guter Grund, um die Nutzung von Cloud-Angeboten ernsthaft ins Auge zu fassen.

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt „Services@MediGRID“ (vgl. [Ser] und [Wei09]) werden beispielsweise im Pharmabereich aufwändige Simulationen für die Medikamentenentwicklung durchgeführt.

Die Attraktivität von Grid- oder Cloud-Umgebungen ergibt sich in diesem Szenario aus der Tatsache, dass die benötigten Simulationen einerseits relativ selten auftreten, dann aber andererseits äußerst große Mengen an Rechenleistung innerhalb sehr kurzer Zeit benötigt werden. Das Vorhalten eigener Infrastruktur im benötigten Umfang wäre also nur bedingt sinnvoll, da die Ressourcen zwischen den Lastspitzen praktisch nicht ausgelastet wären. Das Unternehmen hat somit zwei Möglichkeiten:

1. Es kann fremde Ressourcen von Grid- oder Cloud-Anbietern nutzen. Hier stellt sich allerdings die Frage nach der Datensicherheit, die insbesondere im Pharmaumfeld von sehr großer Bedeutung ist.
2. Es kann – z. B. aus Sicherheitsgründen – die Ressourcen selbst anschaffen und betreiben und dann im Gegenzug selbst als Infrastrukturanbieter auftreten.

Mit einem Angebot wie dem von Zimory (vgl. [Zim]) kann ein Unternehmen – wie im zweiten Fall – selbst als Cloud-Provider agieren, ohne mit dem Problem konfron-

tiert zu werden, dass zu den Zeiten des Eigenbedarfs keine Ressourcen für das Cloud-Angebot verfügbar wären und es somit für Kunden unattraktiv würde. Das Zimory-Modell ermöglicht es Rechenzentren, ihre Überkapazitäten in eine Cloud-Infrastruktur einzuspeisen. Außerdem können Kunden die Ressourcen der verschiedenen Anbieter als IaaS nutzen, ähnlich wie man es von Amazon kennt. Zimory tritt hier nach eigener Beschreibung als Cloud-Connector auf.

Für die Anbieter löst dieses Angebot das Problem, dass Überkapazitäten nur manchmal da sind und sich ein eigenes Cloud-Angebot somit nicht lohnen würde. Der Kunde bemerkt davon nichts, da Zimory eine Kundenschnittstelle oberhalb des physikalischen Ressourcenangebots bietet.

Weitere konkrete Anwendungsfälle kommen aus dem Automobil- und Maschinenbau. In beiden Bereichen werden Bauteile zunehmend am Computer modelliert, ihr Verhalten wird simuliert und ihre Bauteileigenschaften werden optimiert. Das reicht von Umform-Simulationen über die Optimierung von Gussteilen und Gießerei-Prozessen bis hin zur Crash-Simulation. Nicht nur, aber vor allem letztere, sind äußerst ressourcenintensiv. Im Zusammenhang mit solchen Spezialanwendungen ist auch viel fachliches Know-how erforderlich. Wie die Erfahrungen aus dem ebenfalls vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt „PartnerGrid“ (vgl. [Par]) zeigen, ist es für IT-Dienstleister attraktiv, ein Komplettangebot zu Simulationen in diesem Bereich zu haben, das nicht nur die Simulationssoftware und die Infrastruktur für die Berechnung umfasst, sondern auch noch das benötigte Ingenieurwissen zur optimalen Bedienung der Anwendungen.

Dies stellt den anbietenden Dienstleister – sofern er die Infrastruktur selbst betreiben wollte – vor das Problem, wie er seine zukünftigen Aufträge und somit den IT-Ressourcenbedarf im Voraus möglichst exakt kalkulieren kann. Nutzt er jedoch eine Cloud-Infrastruktur mit elastisch skalierbaren Ressourcen und einem *Pay-per-Use*-Zahlungsmodell, so ist er von solchen Überlegungen entbunden.

Hindernisse und Chancen

Die Nutzung von Cloud-Angeboten ist sicher nicht für alle Anwender und

Anwendungen sinnvoll; es wird sich jedoch ein ausreichend großer Markt für dieses Modell etablieren und es werden sich zahlreiche Möglichkeiten für neue Geschäftsideen bieten. Gründe, die im Einzelfall gegen eine Nutzung von Cloud-Angeboten sprechen können, bringen viele Herausforderungen mit sich, die es zu lösen gilt und die viel Spielraum für den Aufbau neuer Dienstleistungen und Unternehmen bieten.

Der augenscheinlichste Hinderungsgrund ist derzeit die Datensicherheit. Wenn Unternehmensdaten außer Haus gegeben werden sollen, geht damit immer ein gewisser Kontrollverlust einher. Es gilt, diesen Kontrollverlust durch den Einsatz von Sicherheitstechnologien zu minimieren. Die Verschlüsselung der Kommunikation innerhalb der Cloud und zwischen den Kunden und der Cloud sowie die Verschlüsselung von Daten bieten hier Lösungsansätze, ebenso wie qualitativ hochwertige Authentifizierung und Autorisierung. Das verbleibende Restrisiko muss durch entsprechende Nutzungsverträge zwischen Anbietern und Kunden abgefangen werden. Wenn die Anbieter von Infrastruktur, Plattformen und Anwendungsdiensten ihren Kunden *Security Service Levels* zusichern würden, könnte dieses Restrisiko abgefangen werden – hier ist also noch viel Spielraum.

Andererseits gibt es auf der technologischen Seite noch einen hohen Bedarf, die Benutzerfreundlichkeit von Sicherheitslösungen zu verbessern. Ein Beispiel ist der Umgang mit *Public-Key*-Infrastrukturen zur Nutzer-Authentifizierung. Erfahrungsgemäß ist der größte Teil der Nutzer damit zurzeit hoffnungslos überfordert – was angesichts der zahlreichen Möglichkeiten zur Fehlbedienung auch nicht verwunderlich ist.

Ein weiterer Hemmschuh bei der Verwendung von Cloud-Infrastrukturen ist, dass die großen Anbieter in der Regel Ressourcen zur Verfügung stellen, die in den USA stehen. Gleichzeitig gibt es aber zahlreiche Regelungen im Bereich des Datenschutzes, die Unternehmen verpflichten, ihre Daten nicht außerhalb der EU vorzuhalten. Dieser Bereich der *Compliance* stellt IaaS-Provider noch vor einige Herausforderungen, er bietet aber auch Möglichkeiten zur Abgrenzung gegenüber bereits etablierten Anbietern.

Verlässt man den Bereich der Sicherheit, stellt man fest, dass auch im Bereich der Installation und Wartung von bestehenden

und neuen Anwendungen in der Cloud noch einiges zu tun ist. Begriffe wie Lebenszyklus-Management sind hier von großer Bedeutung. Je mehr Unterstützung ein Plattform-Anbieter seinen Kunden bietet, um ihre Anwendungen auf einfache Weise zu entwickeln, in der Cloud zu testen, sie zu installieren und zu warten und am Ende des Lebenszyklus sicher stillzulegen, umso größer wird dessen Akzeptanz auf dem Markt sein – und somit letztlich sein Marktanteil. Ein Angebot, das mindestens am Anfang des Lebenszyklus bereits jetzt augenscheinlich sehr gute Möglichkeiten für Entwicklung und Test von Anwendungsdiensten bietet, ist Microsofts „Azure“. Im Detail bieten sich aber auch hier – insbesondere bei der sicheren Stilllegung und Entfernung von Anwendungen und Daten – noch zahlreiche Möglichkeiten für die Weiterentwicklung des Lebenszyklus-Managements.

Auch bei der Kerneigenschaft eines jeglichen Cloud-Angebots – der Elastizität – gibt es erhebliche Unterschiede in der Ausgestaltung. Die meisten aktuellen Infrastrukturangebote verlangen ihrem Nutzer, der selbst als Betreiber von Anwendungen auftritt, das Einrichten und Skalieren der Infrastruktur ab. In der Praxis heißt das, dass der SaaS-Anbieter ständig kontrollieren muss, wie hoch sein Bedarf ist, ob er Ressourcen neu hinzubuchen muss oder ob er Ressourcen freigibt. Man könnte dies „manuelle Elastizität“ nennen.

Den Gegenentwurf bietet beispielsweise Googles „AppEngine“ (vgl. [Goo-a]), bei der man Services so einrichten kann, dass die Cloud selbstständig feststellt, wenn eine Anwendung überlastet ist und demzufolge mehr Infrastrukturressourcen benötigt oder wenn sie unterfordert ist und Ressourcen für andere Zwecke und andere Kunden genutzt werden können.

Von der Cloud zum Internet der Dienste

Cloud-Computing bietet – wenn man der technologischen Ausgestaltung noch etwas Zeit einräumt – die perfekte Grundlage für das Internet der Dienste. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass es in Zukunft möglich sein wird, alle möglichen Dienste, die irgendwo im Netz von irgendjemandem auf irgendeiner Infrastruktur und Plattform betrieben werden, beliebig zu kombinieren und zu neuen Diensten (*Composite Services*) zusammenzuschließen.

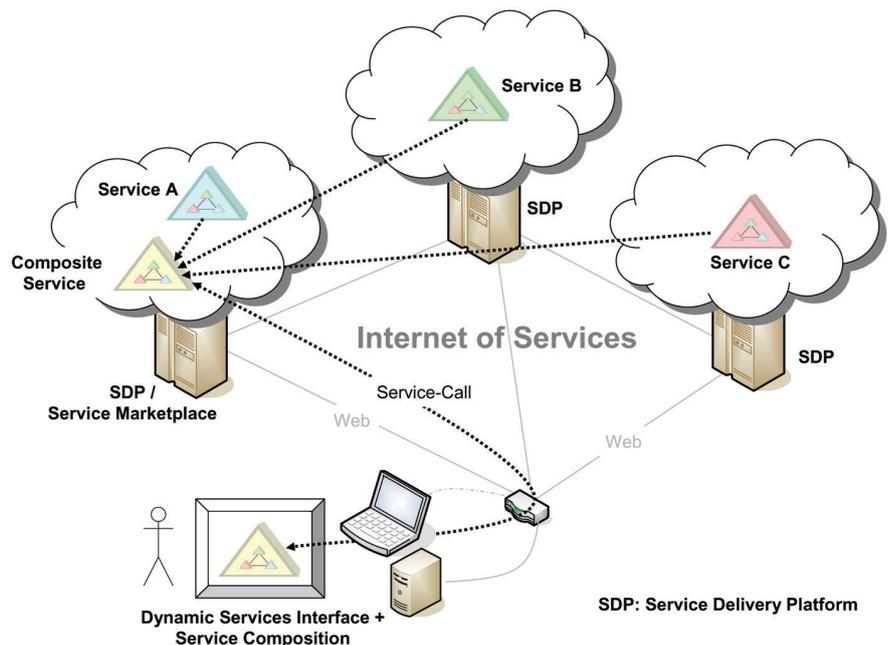


Abb. 3: Dynamische Kombination von Services im Internet der Dienste.

Abbildung 3 veranschaulicht diese Vision, bei der verschiedene Clouds zusammen das Internet bilden. In diesen Clouds werden unterschiedliche Services betrieben, die man als Nutzer mit einem entsprechenden Interface zu kombinierten Diensten verbinden kann. Auch die kombinierten Dienste laufen dann physikalisch irgendwo in der Wolke. Der Nutzer erhält letztlich nur das von ihm gewünschte Ergebnis.

Ohne verlässliche und skalierbare Plattformen, auf denen die einzelnen Dienste betrieben werden können, ist dies nicht zu erreichen. Ebenso wenig sind die Geschäfts- und Abrechnungsmodelle verzichtbar, die in Cloud-Umgebungen zurzeit realisiert werden. Die Cloud-typische Abrechnung auf *Pay-per-Use*-Basis in Verbindung mit elastisch skalierenden IT-Diensten und -Infrastrukturen bildet hier eine wesentliche Grundlage.

Um zum „Internet der Dienste“ zu gelangen – im Moment ist das noch weitgehend eine Idee – benötigt man neben ausgereiften Cloud-Infrastrukturen und -Diensten eine ganze Anzahl weiterer Entwicklungen. Hierzu zählen nicht nur geeignete Benutzungsschnittstellen, mit denen der Nutzer neue Dienste kombinieren kann. Auch im Bereich der Standardisierung von Schnittstellen muss einiges geschehen, um alleine die Datenformate und Protokolle, mit denen die einzelnen Dienste kommunizieren, zueinander kompatibel zu gestalten.

Ebenso müssen Technologien entwickelt werden, um *Service Level Agreements* als Nutzungsverträge zwischen den einzelnen Diensten und ihren Anbietern dynamisch auszuhandeln, um dem Endnutzer eine kalkulierbare Geschäftsgrundlage für die Dienstnutzung zu bieten. Doch hier sprechen wir bereits über den zweiten Schritt, bevor der erste getan ist.

Cloud-Computing als Wegbereiter

Die Entwicklung von Cloud-Technologien ist der notwendige erste Schritt. Der aktuelle Boom trägt einerseits dazu bei, die erforderliche Bandbreite an Diensten und die notwendige Vielfalt an Anbietern hervorzuheben. Andererseits bietet er die Möglichkeit für die Entwicklung neuer Dienstleistungen und somit auch neuer Unternehmen – und letztlich neuer Arbeitsplätze.

Die Technologien, die dabei genutzt werden, sind hingegen nicht völlig neu. Sie basieren auf Virtualisierungs- und Grid-Technologien. Insofern empfiehlt sich für die Betreiber von Cloud-Diensten eine intensive Beschäftigung mit diesem Erbe. Ein Hilfsmittel bietet dabei die kürzlich erschienene Marktübersicht „Commercial Grid Tools 2009“ des Fraunhofer IAO, die kostenfrei über [Fra-a] erhältlich ist.



Um den Cloud-Boom zum Erfolg zu verhelfen, müssen die zu Grunde liegenden Technologien weiter konsolidiert werden. Es gibt bereits eine Vielzahl an Nutzungsmöglichkeiten – vom Automobilbau über Finanzdienstleistungen bis hin zum Pharmabereich, um nur einige zu nennen. Es ergeben sich insbesondere auch neue Nutzungsmodelle für IT-Infrastrukturen, die besonders für kleine und mittelständische Unternehmen attraktiv sind, da die Kalkulierbarkeit und Skalierbarkeit von IT-Kosten mit Cloud-Diensten teilweise dramatisch verbessert werden kann.

Es gibt aber gleichzeitig auch noch einige Hinderungsgründe, die erst bei einer Weiterentwicklung der Technologie – in manchen Fällen vielleicht gar nicht – entfallen werden. Die Kunst ist es festzustellen, ob der Einsatz von Cloud-Technologien und die Nutzung von Cloud-Diensten im Einzelfall sinnvoll ist oder ob die Risiken gegenwärtig noch den Nutzen überwiegen. Das erfordert ein systematisches Vorgehen unter Berücksichtigung der unternehmensspezifischen Anforderungen und den Potenzialen von Cloud-Computing, wie sie beispielsweise dem „IT Efficiency Check“ des Fraunhofer IAO (vgl. [Fra-c]) zu Grunde liegt:

- Zunächst ist eine Analyse der Ist-Situation des Unternehmens – sowohl in technologischer Hinsicht als auch bezüglich der Unternehmensprozesse und -strategien – erforderlich.

- Im Anschluss kann abgeschätzt werden, inwiefern Cloud-, Grid- oder andere moderne IT-Architekturparadigmen grundsätzlich sinnvoll eingesetzt werden könnten.
- Ein nächster Schritt ist die Kosten-Nutzen-Abschätzung, die stark von bestehenden Geschäftsprozessen und dem Schulungsgrad der Mitarbeiter abhängt.
- Schließlich erfolgen die Auswahl konkreter Technologien, Produkte oder Dienste zur Umsetzung der Cloud-Strategie und letztendlich die Umsetzung und Nutzung.

Zukünftige Herausforderungen

Eine weitere Herausforderung, die sich im Zusammenhang mit der Nutzung dynamisch skalierender Anwendungen und Infrastrukturen ergibt, ist die programmiertechnische Optimierung von Anwendungen. Die Skalierung – und damit verbunden die Verteilung von Anwendungen und Prozessen auf mehrere Rechenknoten – wirft mittelfristig das Problem auf, dass diese Anwendungen auch einen gewissen Grad der Parallelisierung unterstützen sollten. Das ist allerdings angesichts der zunehmenden und nicht aufzuhaltenden Verbreitung von Prozessoren mit vielen Prozessorkernen ohnehin eine Aufgabe, der sich früher oder später jeder Anwendungsentwickler stellen muss. ■

Literatur & Links

- [Ama-a]** Amazon, EC2, siehe: www.aws.amazon.com/ec2
- [Ama-b]** Amazon, S3, siehe: www.aws.amazon.com/s3
- [Ani]** Animoto, siehe: www.animoto.com
- [Fra-a]** Fraunhofer-Gesellschaft, Enterprise Grids, siehe: www.enterprisegrids.fraunhofer.de/solutions
- [Fra-b]** Fraunhofer IAO, Softwareentwicklung für Multicore-Architekturen, siehe: www.swm.iao.fraunhofer.de/Themenfelder/multicore.jsp
- [Fra-c]** Fraunhofer IAO, siehe: www.iao.fraunhofer.de/lang-de/geschaeftsfelder/informations-und-kommunikationstechnik.html
- [Gol09]** B. Golden, The Cloud as Innovation Platform: Early Examples, in: New York Times, 19.06.09, siehe: www.nytimes.com/external/idg/2009/06/18/18idg-the-cloud-as-innovation-platform-early-examples-24294.html
- [Goo-a]** Google, AppEngine, siehe: www.code.google.com/appengine/
- [Goo-b]** Google, Gmail, siehe: <http://mail.google.com>
- [Mic]** Microsoft, Azure, siehe: www.microsoft.com/azure
- [Par]** PartnerGrid, siehe: www.partnergrid.de
- [Sal]** Salesforce.com, siehe: www.salesforce.com
- [SAP]** SAP Business by Design, siehe: www.sme.sap.com
- [Ser]** Services@MediGRID, siehe: <http://services.medigrd.de/>
- [Tue03]** S. Tuecke et al (Eds.), Open Grid Services Infrastructure Version 1, 27.03.2003, siehe: www-unix.globus.org/toolkit/draft-ggf-ogsi-gridservice-33_2003-06-27.pdf
- [Wei09]** A. Weisbecker, J. Falkner, Service Engineering for Grid Services in Medicine and Life Science, in: T. Solomonides et al (Eds.), Healthgrid Research, Innovation and Business Case, IOS Press 2009
- [Zim]** Zimory, siehe: www.zimory.com