

Die Marktentwicklung für Cloud-Dienste - mögliche Anforderungen an die Netzinfrastruktur

Autoren:
Franz Büllingen
Annette Hillebrand
Peter Stamm

Bad Honnef, April 2014

Impressum

WIK Wissenschaftliches Institut für
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224 9225-0
Fax: +49 2224 9225-63
E-Mail: info@wik.org
www.wik.org

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor Abteilungsleiter Post und Logistik	Alex Kalevi Dieke
Direktor Abteilungsleiter Netze und Kosten	Dr. Thomas Plückebaum
Direktor Abteilungsleiter Regulierung und Wettbewerb	Dr. Bernd Sörries
Leiter der Verwaltung	Karl-Hubert Strüver
Vorsitzende des Aufsichtsrates	Dr. Daniela Brönstrup
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7225
Steuer-Nr.	222/5751/0722
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 123 383 795

In den vom WIK herausgegebenen Diskussionsbeiträgen erscheinen in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern des Instituts sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten. Mit der Herausgabe dieser Reihe bezweckt das WIK, über seine Tätigkeit zu informieren, Diskussionsanstöße zu geben, aber auch Anregungen von außen zu empfangen. Kritik und Kommentare sind deshalb jederzeit willkommen. Die in den verschiedenen Beiträgen zum Ausdruck kommenden Ansichten geben ausschließlich die Meinung der jeweiligen Autoren wieder. WIK behält sich alle Rechte vor. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des WIK ist es auch nicht gestattet, das Werk oder Teile daraus in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) zu vervielfältigen oder unter Verwendung elektronischer Systeme zu verarbeiten oder zu verbreiten.

ISSN 1865-8997

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	III
Summary	IV
1 Hintergrund und Fragestellungen	1
2 Grundlagen von Cloud-Computing	3
2.1 Definition	3
2.2 Grundformen	7
2.3 Service-Ebenen	8
2.4 Marktdaten zu Cloud Computing und Entwicklungsprognosen	12
2.4.1 Weltweit	12
2.4.2 EU	14
2.4.3 Deutschland	16
3 Organisatorische Struktur	19
3.1 Geschäftsmodelle	19
3.2 Cloud Computing-Unternehmen	23
3.2.1 Amazon	25
3.2.2 Google	26
3.2.3 Microsoft	28
3.2.4 Apple	29
3.2.5 Facebook	29
3.2.6 Deutsche Telekom	30
3.2.7 1&1	31
3.2.8 Dropbox	32
3.2.9 Mega	32
4 Technische Struktur	34
4.1 Virtualisierung	34
4.2 Speichertechnologien	36
4.3 Rechenzentren	38
4.4 Over-the-Top-Anbieter	42
4.5 Angebots- und Produktvielfalt im Überblick	44
5 Ergebnisse der Studie	56
6 Literatur	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Entwicklungsstufen des IT-Outsourcing	6
Abbildung 2-2:	Service-Ebenen im Überblick	9
Abbildung 2-3:	Detaillierung der Service-Ebenen	10
Abbildung 2-4:	Weltweite Umsätze mit Cloud Computing-Diensten, 2011 – 2020	13
Abbildung 2-5:	Weltweite Umsätze mit IT-Dienstleistungen, 2010 – 2020	14
Abbildung 2-6:	Entwicklung des Marktes für Public Cloud Computing in der EU für zwei Szenarien (in Mrd. Euro)	15
Abbildung 2-7:	Gesamtumsatz mit Cloud Computing in Deutschland	16
Abbildung 2-8:	Umsatz mit Business Cloud Computing in Deutschland	17
Abbildung 2-9:	Nutzung von Cloud-Diensten bei deutschen Internet-Nutzern	18
Abbildung 3-1:	Wertschöpfungskette im Cloud Computing-Umfeld	19
Abbildung 3-2:	Mögliche Liefer- und Leistungsbeziehungen bei Cloud Computing	20
Abbildung 3-3:	Mögliche Geschäftsmodellvarianten im Cloud Computing	21
Abbildung 4-1:	Entwicklung und Verteilung der weltweiten Investitionen in den Bau von Rechenzentren	39
Abbildung 4-2:	Zimory Cloud Management Architektur	42
Abbildung 4-3:	Nutzung von Cloud-Anbietern für Storage-Dienste in Deutschland (Mehrfachnennungen möglich)	43
Abbildung 4-4:	Angebots- und Produktvielfalt im Cloud Computing	45
Abbildung 4-5:	Regionalisierung der Amazon-Infrastruktur	54
Abbildung 5-1:	Entwicklung des weltweiten RZ-Verkehrs	57
Abbildung 5-2:	Entwicklung des Cloud IP Traffic (2011-2018)	57

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie befasst sich mit der Marktentwicklung für Cloud-Dienste und ihre möglichen Anforderungen an die Netzinfrastruktur. In den letzten Jahren etabliert sich in den Märkten für IT-Services immer deutlicher ein neues Bereitstellungsmodell, das als Cloud Computing (CC) bezeichnet wird. Dieses neue IT-Paradigma impliziert, dass benötigte IT-Ressourcen (Rechenleistung, Software, Speicherplatz, Managementdienste etc.) dynamisch skalierbar allen potenziellen Nutzern kurzfristig on Demand zur Verfügung stehen sowie individuell und flexibel nach Leistungs- und Funktionsumfang, Dauer und Nutzeranzahl besonders kosteneffizient „aus der Wolke“ bezogen werden. Auch können bestimmte Anwendungen, Prozesse und Funktionen mit Hilfe von serviceorientierten Software Architekturen (SOA) als Webservices erbracht werden.

Mit Blick auf die insbesondere in Deutschland intensiv geführte Diskussion über die Verfügbarkeit der erforderlichen Übertragungsbandbreiten ist allerdings festzustellen, dass diese im Bereich geschäftlicher und privater Endkunden bislang nur am Rande eine Rolle spielt, obwohl die mit Cloud Computing verbundenen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Infrastruktur entsprechend den Erwartungen von vielen Experten erheblich sein werden.

Unsere Analyse zeigt, dass der Markt sich derzeit in einer frühen, extrem dynamischen Phase befindet. Es können noch keine Anwendungsszenarien ausgeschlossen werden. Cloud Computing umgreift im Prinzip alle netzbasierten Dienste und zeichnet damit den Weg in die vollständige Industrialisierung der IT vor. Das entsprechende Wachstum wird als hochdynamisch eingestuft und laut Marktforschungsinstitut Gartner betragen die weltweiten Umsätze mit Cloud Computing 2013 bereits rund 150 Mrd. US Dollar.

In unserer Marktstrukturanalyse zeigt sich, dass künftig zunehmend alle netzbasierten Dienste und Anwendungen über Cloud-Plattformen organisiert und abgewickelt werden und insbesondere Rechenzentren sowohl große Mengen an IP-Verkehr generieren als auch terminieren. Daher kann im Rahmen einer Marktabgrenzung nicht wirklich valide danach unterschieden werden, welche Anteile des Verkehrs originär durch Cloud-Dienste und welche normalem IP-Verkehr zuzurechnen sind und welches Verkehrswachstum hierdurch zusätzlich generiert wird. Vielmehr zeigt sich, dass die derzeit existierenden Service- und Deployment-Modelle sowie die Angebotsstrukturen insbesondere aus Kostengründen darauf ausgerichtet werden, potenziellen Kunden möglichst alle IT-Dienste (inkl. Telefonie, Fax, E-Mail) aus einer Cloud-basierten Umgebung anzubieten.

Festgehalten werden kann, dass das künftige Verkehrswachstum durch Cloud-Dienste nach einhelliger Auffassung der von uns befragten Experten weitere Impulse erhalten und insbesondere zu einer symmetrischen Verteilung der Up- und Download-Verkehre beitragen wird. In Bezug auf die Verkehrscharakteristik kann eher von einem Burstartigen Verkehrsentwicklung ausgegangen werden, da die Nachfrage sich spontan an den Erfordernissen privater und geschäftlicher Anwendungen orientiert.

Summary

The present study aims at the analysis of recent market developments in Cloud Computing services and their impacts on IT-network infrastructure with special regard to increasing volumes of traffic. Within the last years it has become obvious that Cloud Computing offers a new market model to provide IT-related services. This paradigm shift implies that e.g. computing power, software, storage as well as managing services can be accessed any time by any user and that they can be billed individually due to the scope of services, the duration or the number of users. On top a broad variety of IT-specific applications, processes and functions can be delivered by Service Orientated Architectures (SOA).

Regarding the long lasting and intensive discussion on the availability of Broadband Internet and its bandwidth provided in Germany, it is quite an astonishing fact, that this discussion looks to be completely unaffected by the question whether Cloud Computing services can be delivered without being restricted by the existing network related bottlenecks. In fact many experts expect that Cloud Computing might exceed existing network capacities leading to a lack of performance of any Internet-based services.

Our analysis pinpoints that Cloud Computing services seem to be in a very early stage. It is shaped by extremely dynamic market forces, which means, that no potential developments can be precluded. In principle Cloud Computing encloses all kind of network based services and predetermines the road to a comprehensive industrialization of IT. The related market growth for Cloud Computing is regarded highly dynamic. Due to the estimations of Gardner the worldwide turnover will exceed 150 billion US\$ in 2013.

It becomes obvious, that in the future any network based services and applications will be organized and delivered over Cloud Computing platforms. Particularly datacenters will generate and terminate vast amounts of IP traffic. Therefore it will be hardly possible to discriminate between internet traffic originated by Cloud Computing and internet traffic generated by "normal" applications. Rather it becomes apparent that recent models of deployment and Cloud Computing services are shaped by economies of scale, which means, that any kind of IT-services including telecommunications services like telephony, fax or email will be offered by Cloud-based single-hand services.

Due to the interviewed experts it can be concluded, that Cloud Computing will, to a large amount, boost internet traffic and it will reinforce symmetric traffic induced by any kind of up- and downloads. The future behaviour of spontaneously using Cloud Computing services any time and any place by private and business customers will promote patterns which can be characterized as burst traffic.

1 Hintergrund und Fragestellungen

In den Märkten für IT-Services etabliert sich immer deutlicher ein neues Bereitstellungsmodell, das als Cloud Computing (CC) bezeichnet wird. Dieses neue IT-Paradigma impliziert, dass benötigte IT-Ressourcen (Rechenleistung, Software, Speicherplatz, Managementdienste etc.) dynamisch skalierbar allen potenziellen Nutzern kurzfristig on Demand zur Verfügung stehen sowie individuell und flexibel nach Leistungs- und Funktionsumfang, Dauer und Nutzeranzahl besonders kosteneffizient „aus der Wolke“ bezogen werden. Auch können bestimmte Anwendungen, Prozesse und Funktionen mit Hilfe von serviceorientierten Software Architekturen (SOA) als Webservices erbracht werden.

Insgesamt wird dabei das Spektrum der Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten der – nach einer Definition des BITKOM – als dreiteiliger Cloud-Stack (Infrastructure as a Service (IaaS), Software as a Service (SaaS) und Platform as a Service (PaaS)) bezeichneten Dienstekategorien immer breiter. Es führt dazu, dass eine neue, webbasierte Dienstleistungswirtschaft entsteht, in der nahezu ubiquitär unterschiedlichste IT-Dienste aus der „Internetwolke“ bezogen werden können. Die Bandbreite an Einsatzfeldern für Cloud wird als sehr hoch eingeschätzt. Der Markt ist noch in einer frühen, aber bereits sehr dynamischen Phase. Derzeit können noch keine Anwendungsszenarien ausgeschlossen werden.

Cloud Computing umfasst bedeutend mehr als eine partielle innovative IT-Lösung. Es handelt sich um ein auf Virtualisierung basierendes Geschäftsmodell für Hardware, Anwendungen und Dienste, das bekannte Technologien wie Grid Computing und SOA mit Ansätzen der Leistungstiefengestaltung in der IT zusammenführt und Möglichkeiten einer völlig neuen Kombination von Wertschöpfungsprozessen eröffnet. Cloud Computing umgreift im Prinzip alle netzbasierten Dienste und zeichnet damit den Weg in die Industrialisierung der IT vor. Dem Marktforschungsinstitut Forrester zufolge werden die weltweiten Umsätze mit Cloud-Diensten von 40,8 Mrd. \$ in 2011 auf 241,6 Mrd. \$ in 2020 ansteigen.¹

Marktprognosen wie diese unterstellen eine flächendeckende und schnelle Diffusion von Cloud Services und abstrahieren davon, dass mit Cloud Computing grundlegende Herausforderungen verbunden sind. Zu den am meisten diskutierten Problemen gehören u. a.

- die am Markt sich in der Entwicklung befindlichen Geschäftsmodelle und Abrechnungsmodalitäten,
- alle Aspekte der IT-Sicherheit (Kryptografie, Serverarchitekturen, Konzepte für Backups, Disaster Recovery, Business Continuity, Zugriffsmodelle Authentifizierungssysteme, Identity Management),

¹ Forrester (2011): Sizing The Cloud - Understanding And Quantifying The Future Of Cloud Computing.

- die Entwicklung von Cloud Computing-affinen Softwarearchitekturen (Programmiermodelle, Frameworks, Standards) sowie Interoperabilität und Migrationsfähigkeit,
- Fragen zur Datenschutz-Compliance sowie Vergleichbarkeit und Transparenz bei Produkt- und Serviceeigenschaften (Bewertungstools, Metriken) und
- die Klärung von haftungsrechtlichen Fragen (Auftragsdatenverarbeitung) sowie wettbewerbs- und kartellrechtliche Aspekte.

Die Bandbreitenverfügbarkeit spielt in diesem Diskurs bislang nur am Rande eine Rolle, obwohl die mit Cloud Computing verbundenen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Infrastruktur bei einer flächendeckenden Umsetzung entsprechend den Erwartungen von vielen Experten erheblich sein werden. Das Ziel der Studie besteht daher darin, trotz der vielen Unwägbarkeiten etwa in Bezug auf die Entwicklung von Angebot und Nachfrage, Fragen der Akzeptanz und vieler weiterer Probleme, Annahmen darüber zu treffen, in welchem Umfang das neue IT-Paradigma mit der heute bestehenden Anschlussnetz-Infrastruktur verwirklicht werden kann und ob es möglicherweise zu Engpässen kommt.

Bei der Durchführung der Studie standen daher die folgenden erkenntnisleitenden Fragestellungen im Mittelpunkt:

- Wie ist Cloud-Computing zu definieren und wie können die vielfältigen Dienste in eine Taxonomie eingeordnet werden?
- Welche Lösungen, Anwendungen und Dienste sind den jeweiligen Stacks IaaS, PaaS und SaaS zuzuordnen?
- Welche Cloud-Angebote sind bereits heute am Markt verfügbar und welche Anbieter stehen dahinter? Welche Cloud-Anwendungsszenarien zeichnen sich auf Basis der aktuellen Forschungsarbeiten ab?
- Welche Datenmengen werden durch die jeweiligen Anwendungen mobilisiert und ausgetauscht? Wie symmetrisch/asymmetrisch ist der jeweilige Kommunikationsfluss? Wie stark sind die übertragenen Datenmengen durch alternative Programmierungen z. B. durch Komprimierungsalgorithmen reduzierbar, ohne die Funktionalitäten der Cloud-Anwendungen einzuschränken?
- Welche Mindestanforderungen leiten sich aus den Verkehrsprofilen im Hinblick auf die Breitbandzugangsnetze ab?

Diese Fragen wurden vor dem Hintergrund untersucht, dass der Markt derzeit noch überwiegend angebotsgetrieben und angesichts der oben erwähnten grundsätzlichen Markthemmnisse eine Abschätzung der Nachfrage mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Die Studie ist daher zum einen konzeptioneller Natur, indem die verschiedenen Stack-Schichten nach Diensten geclustert und das Leistungsportfolio wichtiger Anbieter analysiert wird. Dies geschah im Rahmen unserer Analyse im Wesentlichen durch Desk Research. Zum zweiten wurden im Kontext der Studie Anbieter-Interviews durchgeführt. Die Analyse erfolgte auf der Basis industrieökonomischer Ansätze.

2 Grundlagen von Cloud-Computing

2.1 Definition

Das Phänomen Cloud Computing hat etwa Mitte der 2000er Jahre Eingang in die IT-Welt gefunden. Es setzt auf dem Prinzip der verteilten Computerrechenleistungen („Distributed Computing“) aus den 1990er Jahren sowie dem nachfolgenden Grid Computing in Verbindung mit Service-orientierten Architekturen (SOA) auf.² Der Unterschied zu vorhandenen Konzepten aus dem Bereich verteilter Systeme wie Grid Computing³ oder Peer-to-Peer⁴ besteht in erster Linie darin, dass beim Cloud Computing geographisch verteilte Ressourcen unter einer zentralen Kontrollinstanz zur Verfügung gestellt werden.

Als wesentliche technologische Treiber der Entwicklung von Cloud Computing sind nach überwiegender Meinung insbesondere Virtualisierung von IT-Ressourcen sowie neue Programmiermethoden und Schnittstellen aus dem Web 2.0-Umfeld (z. B. API, RPC, SDK) anzusehen. Eine einheitliche Definition von Cloud Computing gibt es allerdings bisher nicht. Man findet vielmehr eine große Zahl von Definitionsansätzen, die sehr unterschiedlich ausgeprägt sind. Das Spektrum möglicher Definitionen reicht dabei von der Darstellung des Cloud Computing als einer neuen Technologie bis hin zur Sichtweise, dass Cloud Computing lediglich eine innovative Form der Vermarktung von IT-Leistungen bedeutet.

Auf internationaler Ebene hat zwischenzeitlich die Definition der US-amerikanischen Standardisierungsstelle NIST (National Institute of Standards and Technology) eine sehr breite Akzeptanz gefunden⁵. Danach ist Cloud Computing ein Modell zur Bereitstellung von IT-Leistungen, das es erlaubt bei Bedarf, jederzeit und überall bequem über ein Netz auf einen geteilten Pool von konfigurierbaren Rechnerressourcen (z. B. Netze, Server, Speichersysteme, Anwendungen und Dienste) zuzugreifen, die schnell und technisch weitestgehend automatisiert mit minimalem Managementaufwand zur Verfügung gestellt werden können. Im Einzelnen werden von NIST die folgenden fünf charakteristischen Eigenschaften von Cloud Computing festgelegt:

- *Bedarfsabhängige und eigenständige Einrichtung*: Nutzer von Cloud-Diensten können die jeweils aktuell benötigten IT-Leistungen abhängig von ihrem konkreten Bedarf auf automatisiertem Weg buchen und einrichten.

2 Vgl. Lenk, Alexander et al.: What's Inside the Cloud? An Architectural Map of the Cloud Landscape. FZI Karlsruhe/Hewlett-Packard Laboratories, 2009.

3 Diese Form des verteilten Rechnens, bei der ein virtueller Rechner aus lose gekoppelten Computern erzeugt wird, entstand im Hinblick auf die Umsetzung von Forschungsprojekten mit hohem Rechenkapazitätsbedarf.

4 In Peer-to-Peer-Netz sind alle involvierten Computer gleichberechtigt und können sowohl Dienste in Anspruch nehmen als auch offerieren; bekannt geworden als Plattformen für (illegale) Musik- oder Video-Tauschbörsen.

5 Vgl. National Institute of Standards and Technology: The NIST Definition of Cloud Computing, Special Publication 800-145, September 2011.

- *Netzbasierter Zugang:* Die gebuchten IT-Leistungen sind von unterschiedlichsten festnetz- oder mobilfunkbasierten Endgeräten aus über Breitband-Internetzugänge mit standardisierten Netzwerkprotokollen nutzbar.
- *Ressourcenpooling über Multi-Tenant Modell:* Anbieter von Cloud-Diensten stellen ihre physischen und/oder virtuellen IT-Ressourcen als Pool mehreren Nutzern gleichzeitig zur Verfügung, wobei die Ressourcenzuordnung i. d. R. in automatisierter Form erfolgt und der einzelne Nutzer (im Gegensatz zum letztendlichen Betreiber der Ressourcen) die Lokation der tatsächlich verwendeten Ressourcen weder kennt noch direkt beeinflussen kann.
- *Schnelle Skalierbarkeit:* Die IT-Ressourcen werden dynamisch und nachfrageabhängig bereitgestellt, so dass aus Nutzersicht eine faktische unlimitierte Ressourcenverfügbarkeit und -erweiterbarkeit gegeben ist.
- *Erfassung der Ressourcennutzung:* Die Inanspruchnahme von IT-Ressourcen wird durch den Anbieter automatisch beobachtet, gemessen und kontinuierlich optimiert, so dass für Anbieter und Nutzer eine Transparenz über das Ausmaß der Ressourcennutzung ermöglicht werden kann (die auch als Grundlage für nutzungsabhängige Preismodelle dienen kann).

Cloud Computing ist nach dem Verständnis der NIST-Definition somit nicht eine einzelne Technologie, sondern stellt im Kern vielmehr ein Konzept zur internetbasierten Bereitstellung und Nutzung unterschiedlichster IT-Ressourcen und –Technologien in bedarfsabhängiger, nicht-dedizierter Form dar. Auch in Deutschland ist diese NIST-Definition von Cloud Computing im Expertenkreis weitestgehend akzeptiert. Sie bildet u. a. die Grundlage für weitergehende Arbeitsbegriffe von Cloud Computing wie sie z. B. vom Branchenverband BITKOM⁶ in der alltäglichen Praxis verwendet werden.⁷

Cloud Computing ist a priori nicht auf bestimmte Nachfragersegmente beschränkt und kann sowohl im geschäftlichen Bereich (B2B) als auch im privaten Bereich (B2C) Anwendung finden. Je nach Segment haben allerdings die konkreten Ausprägungen bzw. Diensteanhalte von Cloud Computing-Angeboten eine sehr unterschiedliche Relevanz. Im Unternehmensumfeld weist Cloud Computing Parallelen mit dem bereits seit einiger

⁶ In der praktischen Arbeit des BITKOM wird Cloud Computing verstanden als „eine Form der Bereitstellung von gemeinsam nutzbaren und flexibel skalierbaren IT-Leistungen durch nicht fest zugeordnete IT-Ressourcen über Netze. Idealtypische Merkmale sind die Bereitstellung in Echtzeit als Self Service auf Basis von Internettechnologien und die Abrechnung nach Nutzung. Damit ermöglicht Cloud Computing den Nutzern eine Umverteilung von Investitions- zu Betriebsaufwand. Die IT-Leistungen können sich auf Anwendungen, Plattformen für Anwendungsentwicklungen und -betrieb sowie Basisinfrastruktur beziehen.“ Vgl. BITKOM: Cloud Computing - Evolution in der Technik, Revolution im Business, BITKOM-Leitfaden, 2009. Abrufbar unter http://www.bitkom.org/files/documents/BITKOM-Leitfaden-CloudComputing_Web.pdf.

⁷ Cloud Computing ist nicht mit Sozialen Netzwerken gleichzusetzen, der Betrieb Sozialer Netzwerke kann aber auf Cloud-Konzepten basieren bzw. Cloud-Funktionalitäten beinhalten. So genannte Over-the-Top-Anbieter sind ebenfalls nicht mit Cloud-Computing-Anbietern kongruent, sie können aber Cloud-Lösungen auf der Basis von TK-Infrastrukturen offerieren, ohne dass sie eine vertragliche Beziehung mit Netzbetreibern eingehen müssen.

Zeit etablierten Outsourcing von IT-Leistungen auf.⁸ Im Zeitverlauf hat sich dort ein Wandel von einfachen Make-or-Buy-Entscheidungen⁹ für IT-Ressourcen hin zu sehr komplexen Überlegungen über eine nach Leistungstiefe und -umfang differenzierte Auslagerung von einzelnen Bereichen ergeben (vgl. Abbildung 2-1). Insofern bestehen in der Tat Ähnlichkeiten zwischen IT-Outsourcing und Cloud Computing. Allerdings zeichnet sich das Cloud-Konzept durch einige Neuerungen aus und unterscheidet sich daher in zentralen Punkten vom traditionellen Outsourcing:

- Keine dedizierte IT-Infrastruktur in Single-Tenant Architektur¹⁰ sondern mandantenfähiges Ressourcen-Pooling über Multi-Tenant Modell¹¹.
- Keine starre Zuteilung von IT-Ressourcen sondern dynamische und flexible Anpassung nach Bedarf und in eigener Regie des Nachfragers.
- Keine langen Vertragslaufzeiten mit hohen Fixkosten sondern Tendenz zu sehr kurzen, bedarfsorientierten Laufzeiten mit nutzungsabhängigen Abrechnungsmodellen.

Im Privatkundenumfeld stellt Cloud Computing eine genuine Neuerung dar, die von den Nutzern rasch adaptiert wurde:

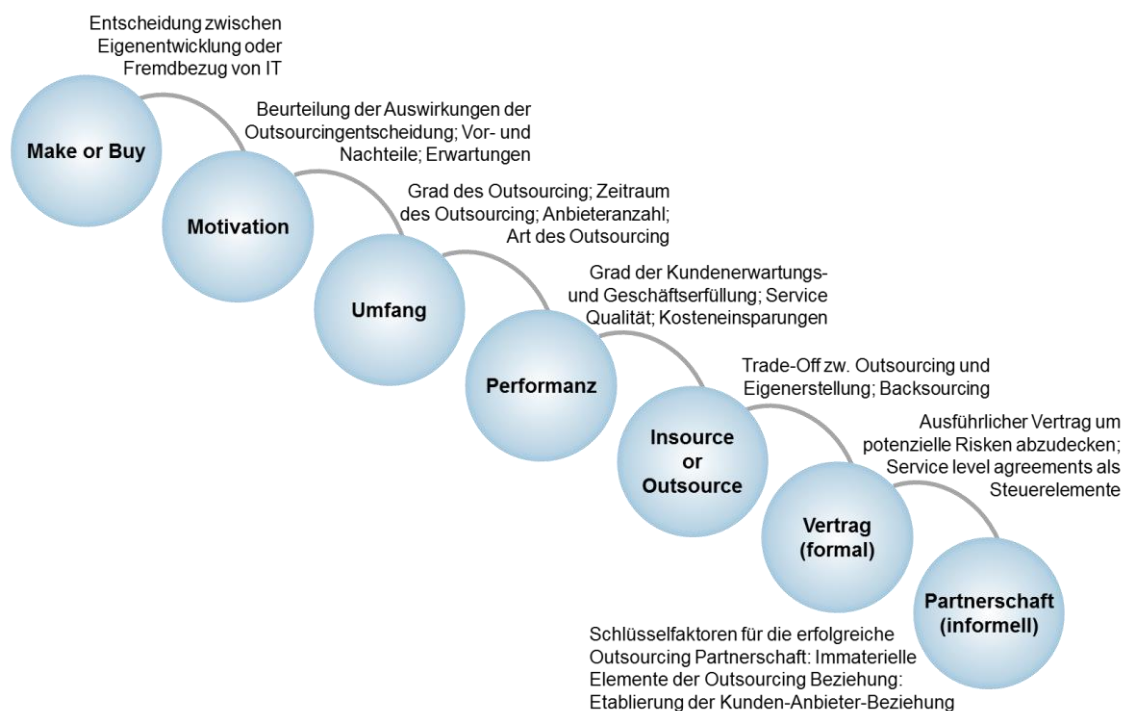
- Erstmals stehen Privatanutzern Speicher- und Rechenkapazitäten mit hoher Performance ad hoc, d. h. quasi „per Mouseclick“, zur Verfügung.
- Die Nutzer können unkompliziert, ohne eigene technische Infrastruktur und mit geringem technischen Know-how unterschiedlichste Anwendungen (z. B. E-Mail, Foto- und Videodatenbanken, Soziale Netzwerke oder neue Kommunikationsformen) von beliebigen Orten mit unterschiedlichsten Endgeräten (z. B. heimischer PC, Notebook, Smartphone) nutzen und dabei auf den gleichen Datenbestand zugreifen (nomadische Nutzung).
- Die Dienste sind nicht an eine einzelne Zugangstechnologie eines bestimmten Netzanbieters gekoppelt, sondern können über beliebige Arten von Breitband-Internetzugängen genutzt werden. Die Tarifmodelle im Privatkundenmarkt sind häufig gestaffelt nach Leistungsstufen, werden als „Flat“-Modelle mit geringer monatlicher Pauschalzahlung oder mit eventuell eingeschränktem Leistungsumfang kostenfrei angeboten.

⁸ Vgl. Böhm, Markus et al. (2009): Cloud Computing: Outsourcing 2.0 oder ein neues Geschäftsmodell zur Bereitstellung von IT-Ressourcen?, Fachzeitschrift für Information, Management und Consulting, Ausgabe 2/2009.

⁹ Unternehmerische Entscheidung zwischen Eigenrealisierung der IT-Ressourcen („make“) und Fremdeinkauf der Leistungen von Dritten („buy“).

¹⁰ IT-Infrastruktur steht einem Nutzer (z. B. Unternehmen) exklusiv zur Verfügung.

¹¹ IT-Infrastruktur steht mehreren Nutzern (z. B. Unternehmen, Privatkunden) gleichzeitig zur Verfügung.

Abbildung 2-1: Entwicklungsstufen des IT-Outsourcing

Quelle: Böhm, Markus et al.: Cloud Computing: Outsourcing 2.0 oder ein neues Geschäftsmodell zur Bereitstellung von IT-Ressourcen?, Fachzeitschrift für Information, Management und Consulting, Ausgabe 2/2009

Auch wenn die Cloud Computing zugrunde liegenden Technologien isoliert betrachtet oftmals bereits seit einiger Zeit Verwendung finden, ergeben sich aus dem Gesamtkonzept des Cloud Computing wichtige Neuerungen:

- Virtualisierung von IT-Ressourcen spielt im Regelfall eine zentrale Rolle bei Cloud Computing-Diensten. Dadurch kann eine physische IT-Ressource nicht einem einzigen Nutzer zugeordnet werden, sondern eine große Zahl von Nutzern teilt sich eine physische Ressource.
- Der Nutzer von Cloud-Diensten kennt normalerweise nicht die geographische Lokation der von ihm genutzten IT-Ressourcen. Dies gilt sowohl auf Ebene der Endkunden als auch bei Unternehmen, die selbst Vorleistungen in Form von Cloud Computing-Diensten einkaufen und darauf basierend eigene IT-Leistungen anbieten.
- Die hohe Flexibilität, die das Cloud Computing-Konzept für die Nutzer mit sich bringt, eröffnet die Möglichkeit bestimmte IT-Ressourcen nur temporär in Anspruch zu nehmen. Wird ein Cloud Computing-Dienst nach einer ggf. nur sehr kurzen Nutzungsdauer wieder gekündigt, werden die Daten vom Anbieter i. d. R. nach einer unternehmensinternen Frist automatisiert gelöscht und es kann keine

logische Verbindung mehr zwischen den Nutzern und den verwendeten IT-Ressourcen hergestellt werden.

- Technische Verfahren innerhalb der Storage-Systeme wie Deduplication (Daten werden innerhalb einer Cloud nur verlinkt, nicht mehrfach nutzerbezogen gespeichert), Delta Encoding (es werden nur geänderte Teile einer Datei gespeichert, Überprüfung erfolgt durch Hash-Wert-Vergleich) und Komprimierung dienen dazu, das interne Übertragungs- und Speichervolumen innerhalb einer Cloud zu verringern.
- Charakteristisch für Cloud Computing-Dienste ist in diesem Zusammenhang, dass die Nutzung der entsprechenden IT-Ressourcen eine Datenübertragung per Breitband-Internetzugang zwischen Nutzer und Diensteanbieter induziert.

2.2 Grundformen

Das grundlegende Konzept von Cloud Computing kann in verschiedenen Formen realisiert werden. Unterschieden werden die Organisationsformen Public Cloud, Private Cloud und Community Cloud sowie die auf diesen Ansätzen basierende Mischform Hybrid Cloud.

Bei einer Public Cloud werden die IT-Ressourcen von einem Cloud-Anbieter kostenfrei oder gegen Entgelt für die Öffentlichkeit bereitgestellt. Die einzelnen Nutzer greifen über das Internet auf die von ihnen jeweils gebuchten Ressourcen zu. Eine eindeutige geografische Lokalisierung der in Anspruch genommenen Ressourcen ist durch die Nutzer im Regelfall nicht möglich.

Public Cloud-Lösungen werden üblicherweise zum Angebot weitgehend standardisierter Massenmarktdienste verwendet. Die Nutzer können die Qualitätseigenschaften und Leistungsmerkmale der Cloud-Dienste nur in begrenztem Umfang selbst beeinflussen. Sie sind vielmehr abhängig von dem Angebotsspektrum der Cloud-Anbieter.

Im Fall der Private Cloud stehen die Cloud-Ressourcen einem einzigen Kunden (z. B. Großunternehmen/Großorganisation), der aus einer großen Zahl von Endnutzern bestehen kann, exklusiv zur Verfügung. Die zugrunde liegende Infrastruktur kann sich direkt im Besitz des Kunden befinden oder einem Dritten gehören. Sie kann sich am Standort des Kunden befinden oder ausgelagert an einem beliebigen Ort. Auch der Betrieb der Infrastruktur kann durch die Organisation selbst oder einen Dritten erfolgen. In jedem Fall hat der betreffende Kunde die komplette Hoheit über die Art und Weise der Nutzung der Infrastruktur.

Zugang zu den IT-Ressourcen der Private Cloud hat nur ein eingeschränkter Nutzerkreis, der von der betreffenden Organisation vorab eindeutig definiert wird. Diese Nutzer greifen über VPN-Verbindungen auf die Private Cloud zu.

Private Cloud-Lösungen werden in erster Linie zum Angebot unternehmensindividueller Dienste auf Basis einer virtualisierten IT-Umgebung mit spezifischen Service Level Agreements (SLA) für die Nutzer im Unternehmen eingesetzt. Der wesentliche Vorteil gegenüber der traditionellen Bereitstellung von IT-Ressourcen und dem herkömmlichen IT-Outsourcing besteht darin, dass die einzelnen Anwender innerhalb der betreffenden Organisation vereinfachten Zugriff auf IT-Ressourcen über Self Service-Portale erhalten und eine unkomplizierte nutzungsabhängige Kostenverrechnung ermöglicht wird.

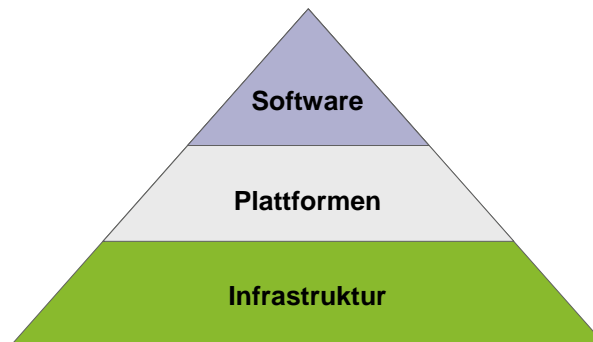
Das Konzept der Community Cloud weist Parallelen mit der Private Cloud auf. Die IT-Ressourcen werden nämlich exklusiv für eine Community bereitgestellt. Ähnlich zur Public Cloud stammen die Mitglieder dieser Community aber nicht aus einer einzigen Organisation sondern die Community setzt sich aus Nutzern unterschiedlicher Organisationen zusammen, die ein gemeinsames Interesse verbindet. Eine der involvierten Organisationen hat die Hoheit über die Cloud-Infrastruktur und die Entscheidungsgewalt über die Zugehörigkeit einzelner Nutzer zur Community. Der Zugriff der Nutzer auf die IT-Ressourcen der Community Cloud erfolgt über VPN-Verbindungen, d. h. die Nutzer sind jeweils authentifiziert. Ein Beispiel für eine Community Cloud ist das Netzwerk eines Automobilherstellers und seiner Zulieferer.

Eine Hybrid Cloud stellt eine Kombination der drei Grundformen Public Cloud, Private Cloud und Community Cloud dar. Die jeweiligen IT-Ressourcen innerhalb dieser Typen behalten ihre spezifischen Eigenschaften mit Blick auf Offenheit und Zugangsmöglichkeiten. Es ist allerdings zwischen diesen Typen ein Austausch von Daten und Applikationen möglich.

2.3 Service-Ebenen

Das Cloud Computing-Konzept kann für verschiedene Arten von IT-Ressourcen eingesetzt werden. Im Allgemeinen werden drei grundsätzliche Service-Ebenen unterschieden (vgl. Abbildung 2-2:

- Software as a Service (SaaS).
- Platform as a Service (PaaS).
- Infrastructure as a Service (IaaS).

Abbildung 2-2: Service-Ebenen im Überblick

Quelle: WIK Consult, in Anlehnung an: Sheehan, Michael (2008): Cloud Computing Expo: Introducing the Cloud Pyramid. <http://cloudcomputing.sys-con.com/node/609938>, August 2008.

Die einzelnen Ebenen folgen einem hierarchischen Prinzip in dem Sinn, dass Dienste einer höheren Ebene jeweils Dienste der darunter liegenden Ebenen als Vorleistungen nutzen können. Es ist aber nicht zwingend, dass ein Cloud-Dienst auf den Cloud-Vorleistungen der darunter liegenden Ebenen aufbaut. Zum Angebot von Cloud-Lösungen können vom Cloud-Anbieter auch Vorleistungen darunter liegender Cloud Service-Ebenen wie PaaS oder IaaS über verschiedene Anbieter hinweg kombiniert und parallel genutzt werden¹². Diese Form der Service-Komposition wird auch als Cloud Federation bezeichnet.

Es gibt somit Cloud-Dienste, deren gesamtes Angebot von mehreren Anbietern erbracht wird (gesonderte Unternehmen erbringen die Übertragungsleistung, Abrechnung, Hosting im Rechenzentrum etc.), ohne dass dies für den Nutzer transparent ist. Im Vergleich zum Bereich der Informations- und Telekommunikationsdienstleistungen ist demzufolge die Anbieterstruktur im Cloud-Umfeld bei weitem komplexer gestaltet.

Die Möglichkeiten zur Kaskadierung von Cloud-Vorleistungen¹³ und zur Cloud Federation können außerdem dazu führen, dass ein nicht-integrierter Cloud-Anbieter, der seine Dienste den Endkunden anbietet, nicht notwendig über vollständige Informationen hinsichtlich Zuordnung und Lokation der tatsächlich von seinem Cloud-Dienst genutzten IT-Ressourcen verfügt.

Es ist durchaus denkbar, dass der Vorleistungsbezieher seine Dienste ausschließlich aus einem vorab festgelegten Rechenzentrum bezieht. Dies kann z. B. dann eine gewichtige

¹² Lenk, Alexander et al.: What's Inside the Cloud? An Architectural Map of the Cloud Landscape. FZI Karlsruhe/Hewlett-Packard Laboratories, 2009.

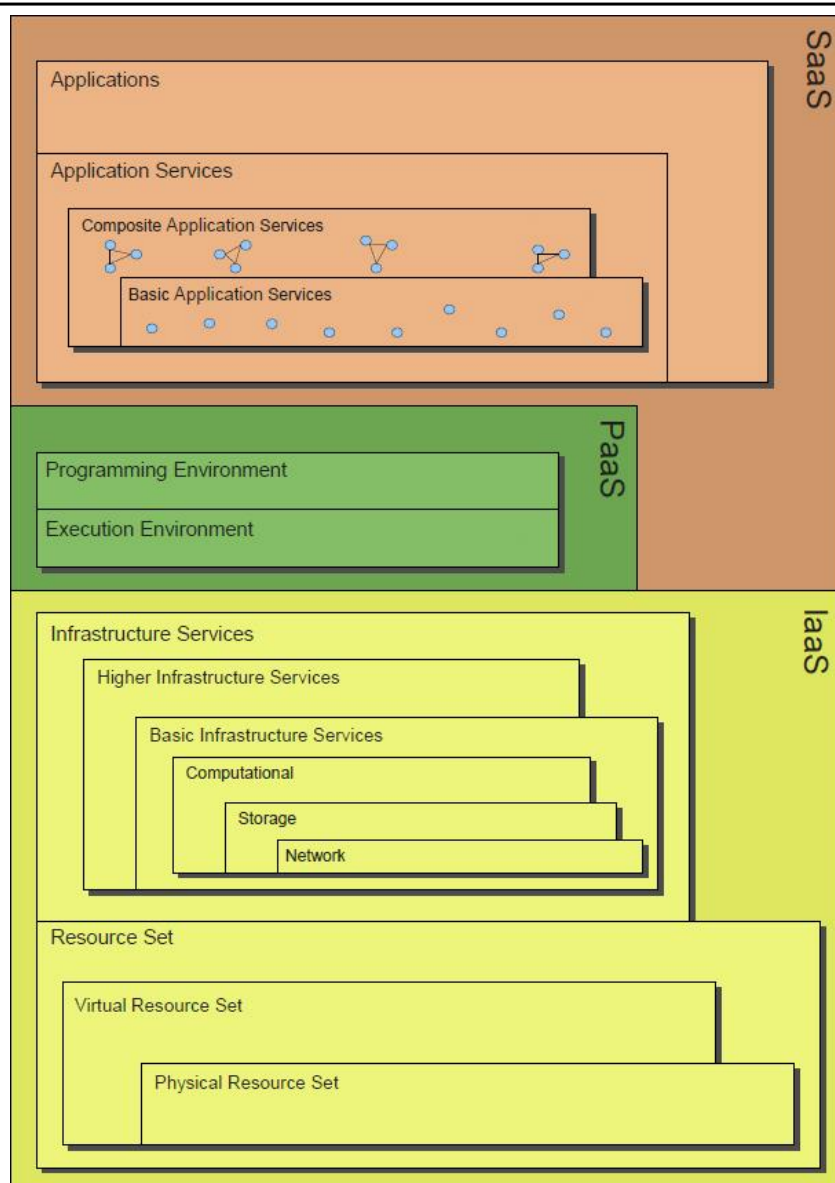
¹³ Kaskadierung bezeichnet die Verkettung/Verschachtelung von Vorleistungen über mehrere Ebenen und Anbieter hinweg. Z. B. könnte ein SaaS-Anbieter SaaS-Angebote eines anderen Anbieters als Vorleistung nutzen, der seinerseits auf PaaS-Leistungen eines dritten Anbieters aufbaut, der wiederum Vorleistungen weiterer Anbieter auf den Ebenen PaaS und IaaS einsetzt.

Rolle spielen, wenn die Endkunden hier entsprechende Präferenzen haben bzw. vertragliche Festlegungen fordern.

Im Fall integrierter Anbieter von Cloud-Diensten (d. h. alle Service-Ebenen werden von demselben Anbieter abgedeckt) ist eine Zuordnung und Lokation der genutzten IT-Ressourcen über den gesamten Prozess der Leistungserbringung möglich.

Jede der Service-Ebenen umfasst ihrerseits eine Reihe von Leistungselementen, die ebenfalls einem hierarchischen Grundprinzip folgen (vgl. Abbildung 2-3).

Abbildung 2-3: Detaillierung der Service-Ebenen



Quelle: In Anlehnung an Lenk, Alexander et al.: What's Inside the Cloud? An Architectural Map of the Cloud Landscape. FZI Karlsruhe/Hewlett-Packard Laboratories, 2009

Software as a Service (SaaS)

In der Ebene Software as a Service (SaaS) sind vorkonfigurierte, auf Internettechniken basierende Endkundenanwendungen angesiedelt („Applications“). Diese können aus einem oder mehreren Cloud-Diensten bestehen („Application Services“), wobei zwischen einfachen Diensten („Basic Application Services“) und komplexeren, zusammengesetzten Diensten („Composite Application Services“) differenziert wird. Unterschieden werden die Endkundenanwendungen oftmals auch nach der adressierten Zielgruppe in B2B-Anwendungen (Business Cloud) und B2C-Anwendungen (Consumer Cloud).¹⁴

Die Endkundenanwendungen auf der SaaS-Ebene sind dadurch gekennzeichnet, dass der Funktionsumfang von der bereitgestellten Software durch den Anbieter vorgegeben ist, d. h. der Anbieter legt den Leistungsumfang der Anwendung einheitlich für alle Nutzer fest. Vom Endkunden selbst kann innerhalb der vorgegeben Funktionalität die Anwendung höchstens in geringem Umfang verändert werden kann. Die Anwendungen sind sehr einfach über diverse Endgeräte nutzbar und setzen i. d. R. nur einen Internetzugang voraus.

Sie unterscheiden sich von traditionellen Websites oder Web-Applikation in erster Linie dadurch, dass bei Cloud-Diensten eine weitreichende Interaktion mit so genanntem „User generated Content“ erfolgt, d. h. mit Inhalten, die vom Endnutzer während der Dienstnutzung eingegeben bzw. gespeichert werden (z. B. Bearbeitung eines Office-Dokuments, Up- und Download von Bildern, Musikdateien oder Videos).¹⁵ Der Endanwender kommt mit der dem Dienst zugrunde liegenden Cloud-Infrastruktur nicht direkt in Berührung, d. h. er hat keine Möglichkeit zur Steuerung oder Kontrolle der verwendeten IT-Ressourcen.

Platform as a Service (PaaS)

Die Ebene Platform as a Service (PaaS) umfasst Laufzeit- und Entwicklungsplattformen. Hierunter fallen zum einen Programmierumgebungen („Programming Environment“), die bei der programmiertechnischen Entwicklung eigener Cloud-Anwendungen Unterstützung leisten. Zum anderen umfasst PaaS Laufzeitumgebungen („Execution Environment“), auf denen eigenerstellte oder zugekaufte Anwendungen installiert und betrieben werden können. Auch bei PaaS gilt, dass der Nutzer von PaaS-Diensten nicht steuernd auf die zugrunde liegende Cloud-Infrastruktur zugreifen kann. Er hat aber volle Kontrolle über seine auf der PaaS-Ebene entwickelten bzw. implementierten Anwendungen.

¹⁴ In den Bereich SaaS fallen insbesondere auch Endkundenanwendungen zur Speicherung von Daten im Netz. Hierfür wird z.T. auch der Begriff „Storage as a Service“ verwendet. Dieser Begriff ist allerdings mehrdeutig und bezieht sich meist auf den Einkauf der Vorleistung Speicherplatz durch Diensteanbieter, der auf der Service-Ebene IaaS erfolgt. Diese Infrastrukturvorleistung ist jedoch nicht zu verwechseln mit den auf Endkunden ausgerichteten Cloud-Angeboten zur Datenspeicherung im Netz auf der SaaS-Ebene. Diese umfassen neben der im Hintergrund genutzten Speicherinfrastruktur nämlich insbesondere auch die Software zum Zugriff und zur Verwaltung des Speicherplatzes.

¹⁵ Briscoe, Gerard et al. (2009): Digital Ecosystems in the Clouds: Towards Community Cloud Computing, 3rd IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies.

Infrastructure as a Service (IaaS)

Innerhalb der Ebene Infrastructure as a Service (IaaS) befinden sich zum einen Infrastrukturdienste („Infrastructure Services“), die unterschieden werden nach einfachen eher grundlegenden Infrastrukturdiensten („Basic Infrastructure Services“) und komplexeren, darauf aufbauenden Infrastrukturdiensten („Higher Infrastructure Services“). Zu den einfachen Infrastrukturdiensten zählen Rechenleistung („Computational“), Speicherleistung („Storage“) und Netzwerkdienste („Network“). Neben den Infrastrukturdiensten umfasst IaaS auch die originären IT-Ressourcen („Resource Set“), die entweder in virtueller Form („Virtual Resource Set“) oder in physischer Form („Physical Resource Set“) bereitgestellt werden.

Auf der Ebene IaaS werden somit fundamentale, infrastrukturnahe IT-Ressourcen in skalierbarer Form als Dienste angeboten. Die Nutzer von IaaS-Leistungen haben anders als bei SaaS und PaaS volle Kontrolle über die von ihnen eingesetzten Server im Hinblick auf Betriebssysteme, Speichernutzung und Installation von Anwendungen. Dies bietet einerseits eine größtmögliche Flexibilität in der Nutzung von IT-Ressourcen, verlangt andererseits aber einen Konfigurationsaufwand, der vergleichbar ist zum Besitz eigener Hardware.

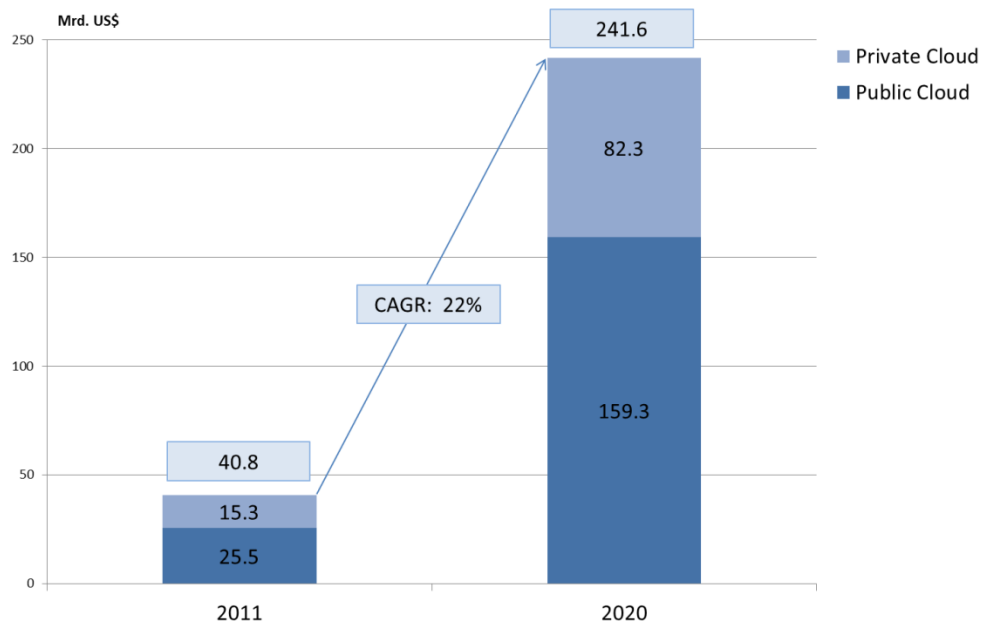
2.4 Marktdaten zu Cloud Computing und Entwicklungsprognosen

2.4.1 Weltweit

Nach Analysen von Forrester werden die weltweiten Umsätze mit Cloud-Diensten, wie oben bereits ausgeführt, in den nächsten Jahren bis 2020 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 22% ansteigen. Andere Marktforschungsunternehmen wie etwa IDC, Deloitte oder Gartner kommen zu ähnlichen Ergebnissen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Schätzungen der einzelnen Marktanalysten mit Blick auf die absoluten Marktvolumina auf Grund von unterschiedlichen Marktabgrenzungen nicht direkt vergleichbar sind.

Der größte Anteil entfällt auf den Bereich der Public Cloud-Dienste (vgl. Abbildung 2-4). Ihre Umsätze steigen laut Forrester von 25,5 Mrd. US\$ in 2011 auf 159,3 Mrd. in 2020. Damit wächst dieses Segment um 23% jährlich und vereinigt etwa 2/3 des Gesamtmarktes auf sich. Der Markt für Private Cloud-Dienste wächst nur unwesentlich langsamer und erreicht in 2020 weltweit ein Marktvolumen von 82,3 Mrd. US\$.

Abbildung 2-4: Weltweite Umsätze mit Cloud Computing-Diensten, 2011 – 2020



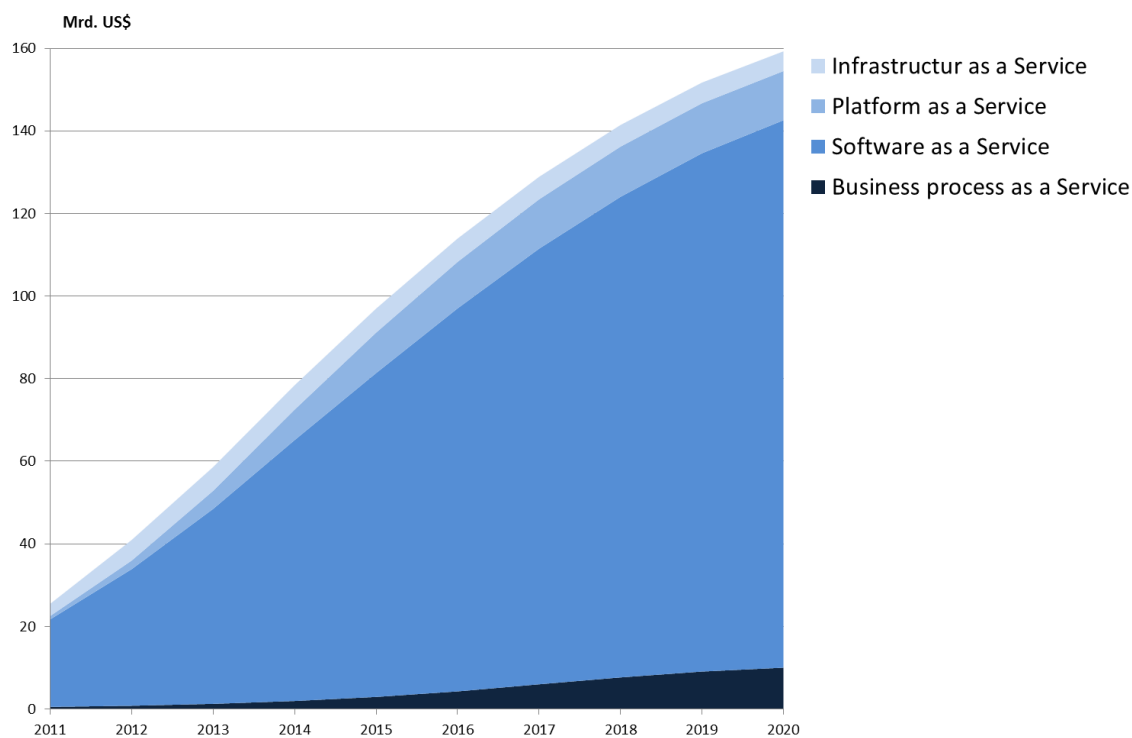
Quelle: Forrester (2011)

Bei einer detaillierten Betrachtung des dominierenden Segments Public Cloud-Dienste zeigen sich in den einzelnen Teilsegmenten jedoch höchst unterschiedliche Entwicklungen.

Das eindeutig stärkste Teilsegment bildet der Markt für Software as a Service (SaaS). Hier wächst der Umsatz von 21,2 Mrd. US\$ in 2011 auf 132,5 Mrd. US\$ in 2020. Damit entfallen über 80% des gesamten Marktes für Public Cloud-Dienste auf dieses Teilsegment. Der Markt für Infrastructure as a Service (IaaS) hingegen verliert im Zeitverlauf deutlich an Gewicht. Entfielen in 2011 2,9 Mrd. US\$ auf dieses Teilsegment, so sind es in 2020 4,7 Mrd. US\$. Damit weist der Markt für IaaS das geringste Wachstum auf. Insgesamt gesehen geht das absolute Marktvolumen ab 2015 sogar zurück. Auch die Zuwächse im Markt für Platform as a Service (PaaS) sollen nach Einschätzung von Forrester nach einer Wachstumsphase bis etwa Mitte des Jahrzehnts stagnieren und am Ende des Beobachtungszeitraums sogar an Volumen verlieren. Forrester schätzt, dass das Marktvolumen für PaaS in 2020 bei etwa 12 Mrd. US\$ liegen wird.

Insgesamt zeigt sich, dass der Markt für Public Cloud Services in den nächsten Jahren deutlich und kontinuierlich zunehmen wird. Das Wachstum wird jedoch ab 2016 im Wesentlichen durch das Teilsegment Software as a Service getragen, während die anderen Segmente nahezu stagnieren.

Abbildung 2-5: Weltweite Umsätze mit IT-Dienstleistungen, 2010 – 2020



Quelle: Forrester (2011)

2.4.2 EU

In einer aktuellen Studie schätzt IDC, wie sich der Markt für Public Cloud Computing in Europa bis zum Jahr 2020 entwickeln wird.¹⁶ IDC berücksichtigt dabei zwei Szenarien. Im ersten Szenario („No intervention“) berechnet IDC das Marktvolumen unter der Annahme, dass keine spezifischen politischen Interventionen zur Förderung der Marktentwicklung ergriffen werden. Im zweiten Szenario („Policy Driven“) geht IDC dagegen von der Umsetzung politischer Maßnahmen aus, die den Cloud Computing-Markt positiv beeinflussen können.

Im ersten Szenario entwickelt sich das Marktvolumen für Public Cloud Computing in Europa im Einklang mit den Schätzungen für das weltweite Marktvolumen. IDC kommt zu dem Ergebnis, dass es zwischen 2011 und 2014 jährlich um 33% ansteigt und dann bis 2020 mit einer jährlichen Rate von 22% weiter wächst. Absolut gesehen steigt das Marktvolumen von 4,6 Mrd. Euro in 2011 auf 35,2 Mrd. Euro in 2020 (vgl. Abbildung 2-5).

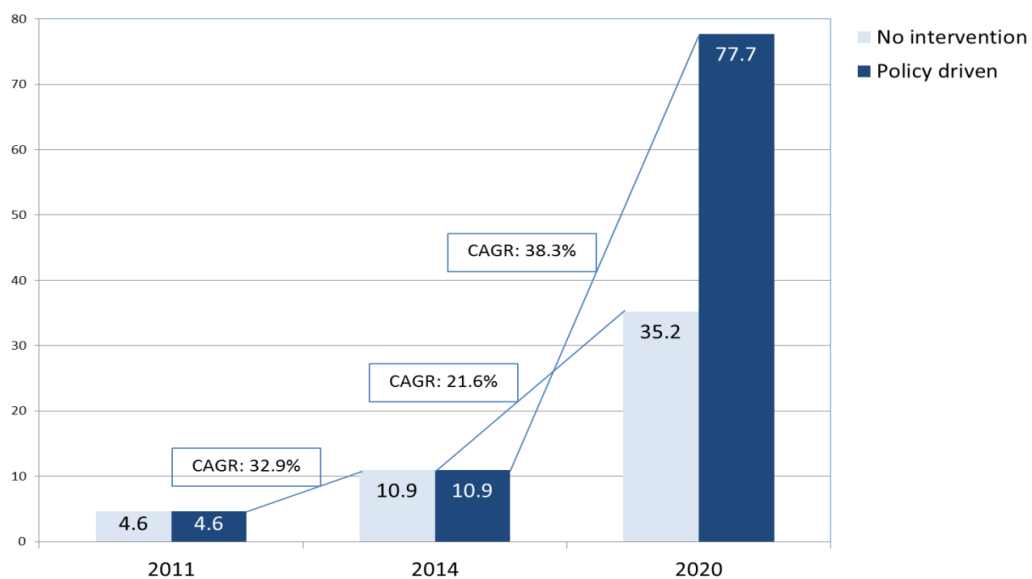
¹⁶ Siehe IDC (2012).

Das zweite „Policy-driven“ Szenario berücksichtigt die folgenden politischen Maßnahmen, um das Wachstum des Cloud Computing Marktes auch über 2014 hinaus weiter zu erhöhen:

- **Verantwortlichkeit:** Klare Regeln für Cloud Computing Provider mit Blick auf Haftung in Sicherheitsfragen, unabhängig davon aus welchem Land sie stammen.
- **Breitbandiger Internet Access:** Verfügbarkeit schnellerer und zuverlässiger Internet-Verbindungen.
- **Sicherheitszertifizierung:** EU-weite Zertifizierung von Cloud Computing-Anbietern mit Blick auf ihre Sicherheits- und Datenschutzmaßnahmen.
- **Portabilität:** Garantierte Daten- und Anwendungsportabilität zwischen Cloud Computing-Anbietern.
- **Gesetze:** EU-weite Regeln, die klar stellen, dass die in einem Land zuständigen Gesetze auch für die Daten eines Nutzers aus diesem Land gelten, wenn sie in einem anderen EU gespeichert werden.
- **Datenschutz:** Harmonisierung der Regelungen zu Datenschutz-Standards, unabhängig davon, wo die Daten gespeichert sind.

Wenn diese Maßnahmen erfolgreich umgesetzt werden, dann wird nach Darstellung von IDC das Marktvolumen für Public Cloud-Dienste auch über 2014 hinaus noch weiterhin stark wachsen. IDC erwartet dann jährliche Wachstumsraten von 38% zwischen 2014 und 2020, so dass das Marktvolumen auf fast 78 Mrd. Euro steigen könnte (vgl. Abbildung 2-6).

Abbildung 2-6: Entwicklung des Marktes für Public Cloud Computing in der EU für zwei Szenarien (in Mrd. Euro)



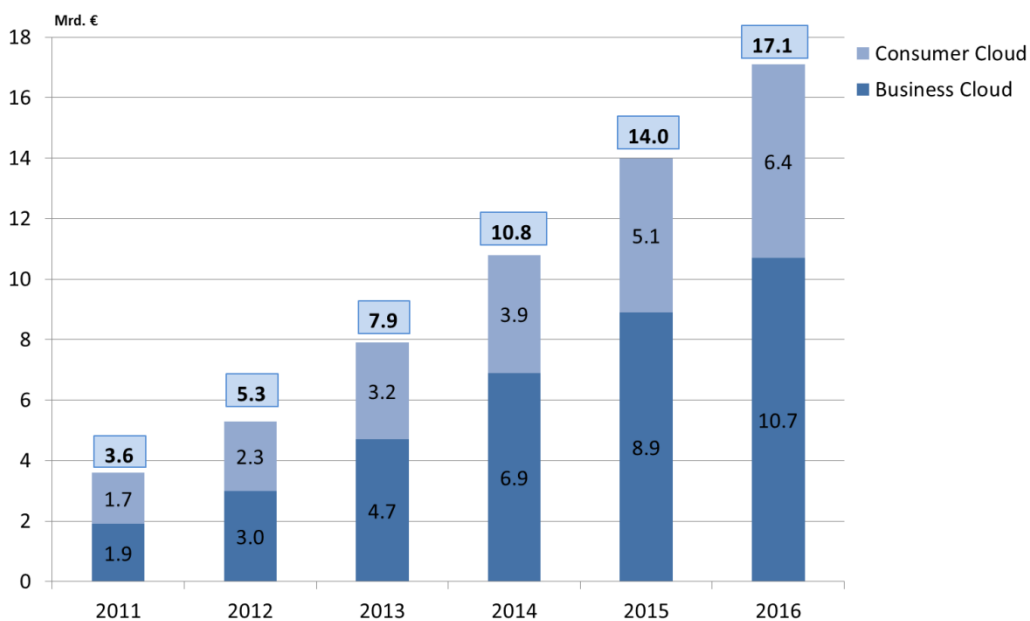
2.4.3 Deutschland

2.4.3.1 Entwicklung des Marktvolumens

Der deutsche Markt für Cloud Computing erreichte in 2011 ein Volumen von 3,6 Mrd. € (vgl. Abbildung 2-7). Bis 2016 soll der Markt insgesamt auf rund 17,1 Mrd. € wachsen, was einer durchschnittlichen jährlichen Zuwachsrate von 37% entspricht. Auch für den Zeitraum bis 2020 gehen Studien davon aus, dass sich der Markt deutlich vergrößert. Hier werden Wachstumsraten von etwa 30% prognostiziert. Erst ab 2020 soll sich dann das Wachstum deutlich verlangsamen und mit einer Rate von etwa 10% jährlich weiter zunehmen. Damit werden dem deutschen Cloud Computing-Markt noch stärkere Zuwächse vorhergesagt als dem weltweiten Cloud-Markt.

Wie Abbildung 2-7 ebenfalls zeigt, generierte die private Nachfrage nach Cloud Computing-Diensten in 2011 ein Marktvolumen von 1,7 Mrd. € und soll nach den Prognosen von BITKOM in 2016 ein Volumen von 6,4 Mrd. € erreichen. Insgesamt wächst der Markt für Consumer Cloud-Produkte damit jährlich um etwa 30% und damit deutlich langsamer als das Marktsegment für Business Cloud-Produkte.

Abbildung 2-7: Gesamtumsatz mit Cloud Computing in Deutschland



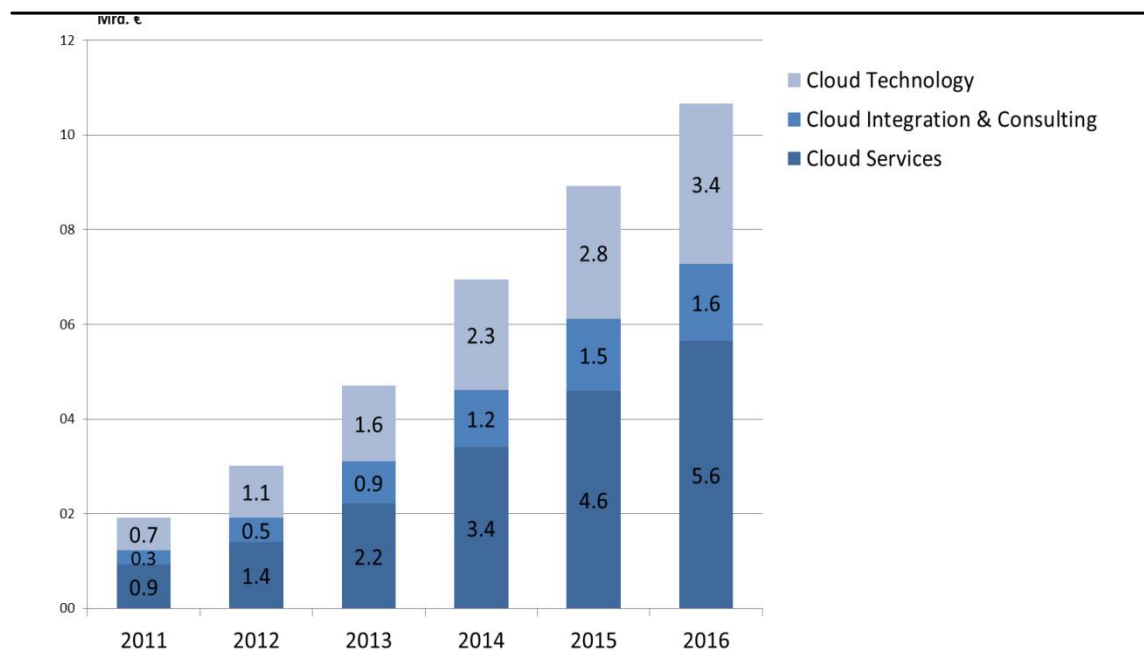
Quelle: BITKOM (2012b)

Besonders stark soll in den nächsten Jahren die geschäftliche Nutzung von Cloud Computing in Deutschland zunehmen. Wurde mit Business Cloud-Produkten in 2011 ein Marktvolumen von 1,9 Mrd. € erreicht, so soll diese Zahl bis 2016 auf 10,7 Mrd. € steigen. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 41% wächst das Busi-

ness Segment damit deutlich stärker als der Gesamtmarkt. Treffen diese Vorhersagen ein, würde der Business Cloud-Markt mittelfristig über 2/3 des Gesamtmarktes auf sich vereinen.

Der Hauptteil der Umsätze im Bereich von Business Cloud Computing entfällt in Deutschland auf das Teilsegment Cloud Computing-Dienste (Cloud Services). Hierzu zählen die Cloud Computing-Kernelemente SaaS, PaaS und IaaS. Es wird erwartet, dass dieses Marktsegment in 2016 einen Umsatz von 5,6 Mrd. € in Deutschland erwirtschaftet (siehe Abbildung 2-8). Dies entspricht fast einer Verzehnfachung mit Blick auf den Umsatz von 2011. Investitionen in physische Hardware (Cloud Technology) als Grundlage für Cloud Computing-Dienste steigen in 2016 auf 3,4 Mrd. €, Integration und Beratung (Cloud Integration & Consulting) sind mit einem Umsatz von 1,6 Mrd. € auch in 2016 das kleinste Marktsegment im Bereich Business Cloud Computing.

Abbildung 2-8: Umsatz mit Business Cloud Computing in Deutschland



Quelle: Experton Group (2011): Cloud Computing in Deutschland – 2011 - 2016

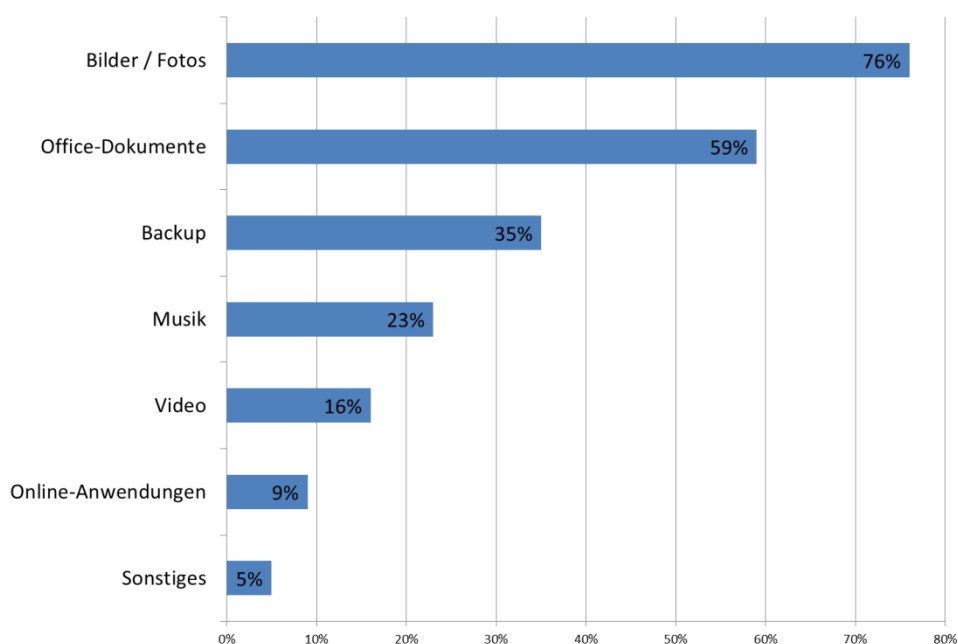
2.4.3.2 Private Nutzung von Cloud Computing-Diensten

Werden heute private Internet Nutzer nach dem Begriff „Cloud“ gefragt, so verbindet etwa die Hälfte der Befragten damit die Speicherung von Daten im Internet.¹⁷ Bei diesem Bekanntheitsgrad von Cloud Computing ist es nicht überraschend, dass heute bereits jeder fünfte Internet-Nutzer Cloud Computing verwendet.

¹⁷ Convios Consultation (2012): Kommunikation, Datensicherheit und Cloud-Computing im Internet, S. 5

Im Fokus der tatsächlichen Nutzung von Cloud Computing durch Privatkunden steht dabei das Speichern von persönlichen Daten im Internet. Etwa 76% der Cloud-Nutzer speichern Fotos auf entsprechenden Cloud-Plattformen ab (siehe Abbildung 2-9). Mit 59% steht die Nutzungen von Cloud-basierten Office-Programmen an zweiter Stelle. Etwa 35% der Cloud-User nutzen die im Internet bereitgestellten Kapazitäten, um dort Sicherheitskopien der eigenen Daten abzulegen. Danach folgt das Speichern von Musik bzw. Videos im Netz. Die Cloud-Nutzer schätzen dabei den Vorteil, dass diese Daten auf allen dafür geeigneten internetfähigen Geräten abgerufen werden können – etwa von unterwegs.¹⁸

Abbildung 2-9: Nutzung von Cloud-Diensten bei deutschen Internet-Nutzern



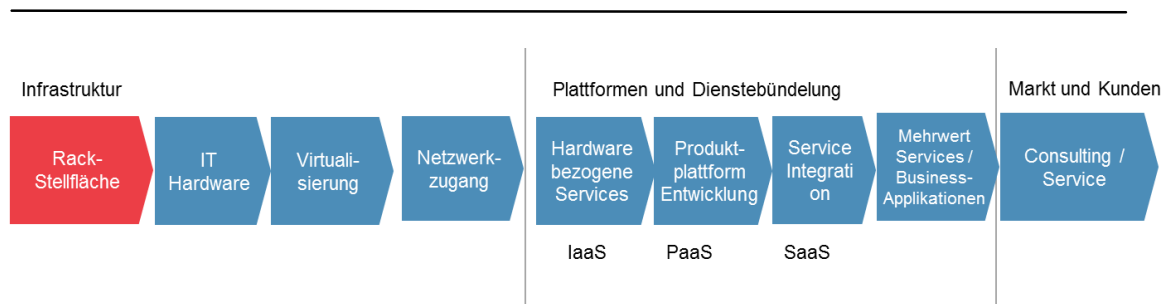
Quelle: BITKOM (2012a)

3 Organisatorische Struktur

3.1 Geschäftsmodelle

Die zuvor dargestellten Organisationsformen und Service-Ebenen des Cloud Computing ermöglichen es, auf Basis einer funktionalen Wertschöpfungskette eine Vielzahl von unterschiedlichen Geschäftsmodellen zu generieren. Dabei werden grundsätzlich die Bereiche Cloud-Infrastruktur, Plattformen und Dienstebündelung sowie Markt und Kunden unterschieden. Die nachfolgende stellt schematisch einen solchen Weg eines Produktes bis zum Nutzer mitsamt der in jeder Stufe erfolgten Wertsteigerung dar.

Abbildung 3-1: Wertschöpfungskette im Cloud Computing-Umfeld



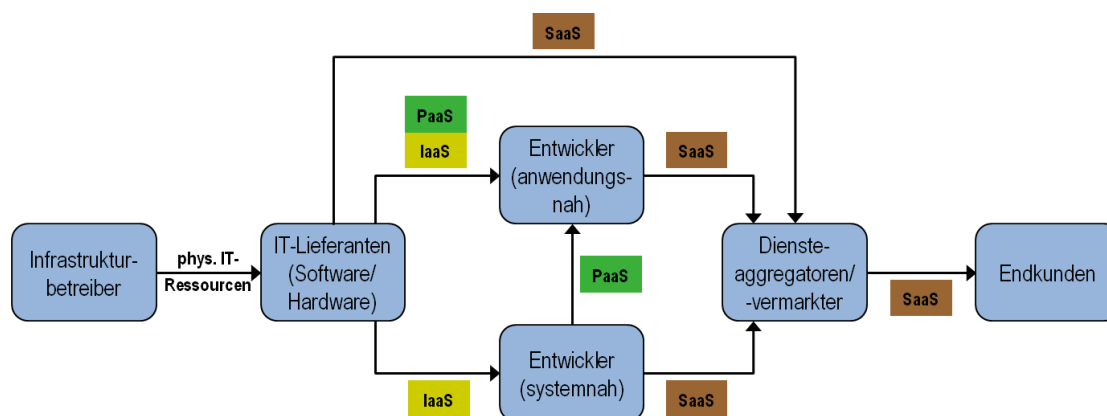
Die Ebene der Infrastruktur liefert die notwendigen technischen und hardwareseitigen Voraussetzungen für das Cloud Computing. Zuvorderst müssen die Bedingungen für den Betrieb der umfassenden IT-Infrastruktur geschaffen werden. In großen Server- und Datenzentren werden Rack-Stellflächen zur Verfügung gestellt, um die für Cloud Computing benötigte IT-Hardware, in erster Linie Server und Speichermodule, unterzubringen. Weitere essentielle Faktoren für den Betrieb von Cloud Computing-Lösungen stellen die Virtualisierung der Infrastruktur und die Anbindung über hochbitratige Netzwerkzugänge dar. Darüber hinaus ist dort die Stufe Mehrwert Services/Business Applikationen angesiedelt, die ggf. eine Bündelung einzelner Cloud Services, verbunden mit einer Anreicherung um weitere Zusatzdienste, zu einem umfassenden Gesamtleistung vornimmt. Der Bereich Markt und Kunden stellt schließlich die Kundenschnittstelle mit Beratung und Kundenservice dar.

Die traditionelle und linear verlaufende Wertschöpfungskette der Erbringung von IT-Dienstleistungen wird durch das Konzept des Cloud Computing vielfach neu geordnet und verändert.¹⁹ Die Komplexität der Beziehungen zwischen den einzelnen Wertschöp-

¹⁹ Vgl. Jaekel/Luhn (o.J.), S. 6.

fungsstufen untereinander im Bereich der Plattformen und Dienstebündelung wird deutlich, wenn man die Liefer- und Leistungsbeziehungen für IaaS, PaaS und SaaS zwischen den relevanten Mehrwert schaffenden Funktionen näher spezifiziert. Abbildung 3-2 zeigt die entsprechenden Interaktionsebenen.

Abbildung 3-2: Mögliche Liefer- und Leistungsbeziehungen bei Cloud Computing



Quelle: WIK unter Berücksichtigung von Briscoe/Marinos (2009), S. 104

Sofort ersichtlich wird die Nachfrager-Lieferanten-Beziehung innerhalb der hierarchischen Gliederung von IaaS, PaaS und SaaS. IaaS dient gewissermaßen als Inputfaktor für PaaS und wird als Cloud-Lösung von Software-Entwicklern benutzt. Diese Entwickler sind in der Lage, Software basierend auf der IaaS- und PaaS-Infrastruktur zu entwickeln, um Endkunden mit Applikationen aus dem SaaS-Bereich zu versorgen. Die Entwickler sind aber wiederum auf den Input der IT-Lieferanten angewiesen, die ihrerseits Ressourcen auf allen Ebenen der Cloud Organisationsformen zur Verfügung stellen.

Die Interaktionsebenen und die Dynamiken führen auch dazu, dass Marktteilnehmer mehrere Rollen und Funktionen übernehmen können und aus festgelegten Rollenmustern abweichen. So können Anbieter auch direkt Dienste und Applikationen für Endnutzer entwickeln, ohne auf die Zwischenstufe der Entwickler angewiesen zu sein. Entwickler wiederum können bestehende Dienste und Applikationen nutzen, um ihrerseits neue Produkte und Dienste weiterzuentwickeln, sowohl für andere Anbieter als auch für Endnutzer.²⁰

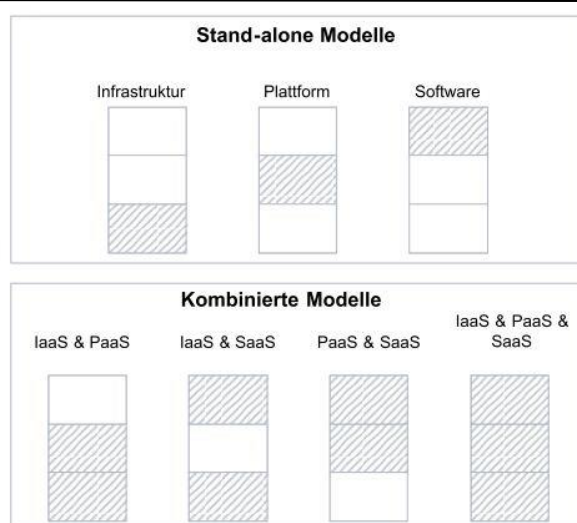
Cloud Computing wird oftmals als eine Art „Ökosystem“ verstanden, in dem neue Geschäftsmodelle entstehen. Damit verbundene Formen der Zusammenarbeit (z. B. Kooperation, Partnering) mit mehreren Beteiligten können alle Stufen der Wertschöpfung von Cloud Computing tangieren, oftmals über nationale Landesgrenzen hinweg mit internationaler Beteiligung von Entwicklungspartnern und entsprechend unterschiedlichem Rechtsrahmen.

²⁰ Vgl. Briscoe/Marinos (2009), S. 104.

Bei der näheren Betrachtung der Geschäftsmodelle bildet jeweils die grundlegende Cloud Computing-Struktur mit den Service-Ebenen SaaS, PaaS und IaaS den Ausgangspunkt. Cloud Computing an sich ist nicht als ein singuläres Geschäftsmodell zu verstehen, sondern kann zu vielfältigen und z.T. sehr unterschiedlichen Geschäftsmodellen führen.²¹ Die Geschäftsmodelle im Umfeld des Cloud Computing bestehen dabei grundsätzlich darin, eine IT-Ressource inklusive Betrieb von Infrastruktur und eventuell Support als technische Dienstleistung bzw. Service zu vertreiben. Dabei ist dieses Angebot weder an einen spezifischen physischen Träger noch an eine besondere technische Infrastruktur gebunden, wie bspw. ein klassisches Rechenzentrum, sondern ist eben durch den konsequenten Einsatz von Internet-Technologien beliebig verfügbar und skalierbar.²²

Es können sich nach der systematischen Analyse der Wertschöpfungskette und der Interaktionsbeziehungen im Cloud Computing grundsätzliche sieben Geschäftsmodell-Varianten ergeben, die in der nachfolgenden Abbildung 3-3 schematisch dargestellt werden:

Abbildung 3-3: Mögliche Geschäftsmodellvarianten im Cloud Computing



Quelle: Jaekel/Luhn (o.J.), S. 8

Für den Bereich SaaS existiert die Möglichkeit, Produkte und Dienste auf der Grundlage von reinen SaaS-Lösungen anzubieten. Hier werden eigenständige Architekturen aufgebaut oder schon im Markt befindliche Softwareangebote in eine Cloud-Lösung überführt, zumeist auf Grundlage eines Lizenzierungsmodells. Im Fokus steht hier die Bereitstellung von Software-Komponenten, die meistens einen Schwerpunkt auf Funktionalität und gute Usability-Eigenschaften legen und dem Anwender kaum Entschei-

²¹ Vgl. <http://dirkriehle.com/wp-content/uploads/2011/08/Business-Model-Notes-Web.pdf>, S. 11

²² Vgl. <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings175/741.pdf>, S. 743-744.

dungsraum über die eingesetzte Technologie geben.²³ Ebenfalls können Geschäftsmodelle derart aufgebaut werden, dass sie eine oder mehrere Kombinationen von SaaS mit den anderen Cloud Computing Service-Ebenen integrieren.

Das Geschäftsmodell von SaaS (als Stand-alone Modell) gilt gemeinhin schon als etabliert. Solche Anbieter sind in der Regel kleinere Unternehmen, die bspw. nur Speicherplatz („Storage as a Service“) in Verbindung mit Kollaboration-Funktionen anbieten. Der Vorteil dieser Lösungen ist in der Regel die hervorragende Usability und die Integration von stationärem und mobilem Zugriff. Die Anbieter sind in der Regel reine SaaS-Anbieter, die ihr Produktangebot auf der Plattform anderer IaaS-Anbieter (z. B. Amazon) realisieren.

Auch PaaS-Geschäftsmodelle können aus unterschiedlichen Komponenten bestehen, d. h., dass sie etwa auf unterschiedlichen Bereichen der Software-Entwicklung und –Bereitstellung basieren und somit ebenfalls ein kombiniertes Modell aller Cloud Computing-Organisationsformen darstellen.²⁴ Auch in diesem Fall zeigt sich, dass Anbieter von Softwarebereitstellungs-Plattformen auch Inhalte von SaaS-Applikationen in ihr Geschäftsmodell integrieren können und sich somit für kombinierte und hybride Geschäftsmodelle entscheiden. Das Geschäftsmodell im Bereich PaaS beinhaltet somit eine beschränkte Flexibilität und Kontrolle der zugrundeliegenden Technologien und Funktionalitäten.

Andere Varianten sehen vor, dass man sich auf ein „Stand alone“-Modell konzentriert und sog. abgeschlossene Einheiten als Cloud-Lösungen anbietet, wie z. B. Mailing- und Collaboration-Plattformen. Darüber hinaus unterstützen PaaS-Lösungen in unterschiedlicher Ausprägung die Integration von SaaS-Applikationen, wo Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Plattform auf zukünftige Entwicklungen zu einem erfolgskritischen Faktor wird. Es handelt sich in der größten Ausprägung dieser Form um umfangreiche Middleware-Komponenten. Schließlich erlauben die inhärenten Eigenschaften der Cloud Computing-Umgebung eine weitere Form von Geschäftsmodellen, die speziell auf die Bereiche Billing, Metering und Monitoring abzielen. Hier kann das Geschäftsmodell hochgradig nutzungsvariabel ausgestaltet werden, insbesondere was die Bezahlform angeht (das sog. „pay-as-you-use“ Konzept), weswegen PaaS auch als erfolgreiches Geschäftsmodell für Anbieter von Nischen- und Spezialprodukten gelten kann.²⁵

Geschäftsmodellvarianten

Grundsätzlich lassen sich in Anlehnung an klassische IT-Geschäftsmodelle für Cloud Computing drei typische Geschäftsmodellvarianten unterscheiden. Im ersten Fall wird analog zum *Lizenzgeschäft* auf die Erreichung einer möglichst breiten Zielgruppe von Anwendern abgezielt. Diese erhalten Berechtigungen zur zeitlich uneingeschränkten

²³ Vgl. Jesse (2010).

²⁴ Vgl. Jaekel/Luhn (o.J.), S. 9

²⁵ Vgl. Jaekel/Luhn (o.J.), S. 9 und Jesse (2010).

Nutzung des Produktes oder Dienstes, innerhalb der im Cloud-Vertrag festgelegten Spezifikationen. Dazu wird das entsprechende Produkt oder die entsprechende Dienstleistung so gestaltet sein, dass es auf spezifische Anforderungen angepasst werden kann. Diese Anpassungen erfolgen zumeist in Eigenverantwortung der Anwender.²⁶ Anwendung findet das zum Lizenzmodell korrespondierende Modell primär für Public Cloud-Diensten.

Eine Analogie zum klassischen IT-Geschäftsmodell *Lizenz plus Service* wird eingesetzt, falls nicht die Fokussierung der IT-Dienstleistung oder des Produktes auf massenmarktaugliche Funktionen im Vordergrund steht, sondern zusätzliche kundenindividuelle Anpassungen notwendig sind. Es werden ergänzende Dienste wie Installation, Implementierung und Kontrolle angeboten, um eine strategische Mittelposition des Massenprodukts mit Individualentwicklung zu erreichen. Anpassungsaufwand, sowie die Flexibilität, Kompatibilität und Stabilität der zugrundeliegenden IT-Plattform sind wesentliche Entscheidungsfaktoren. Das zum Modell *Lizenz plus Service* analoge Geschäftsmodell eignet sich in erster Linie für Private Clouds, Community Clouds sowie Hybrid Clouds.

Das Geschäftsmodell *Projektgeschäft* ergibt sich, da hochgradig individuelle und „maßgeschneiderte“ Software- und IT-Lösungen normalerweise im Wege der Projektarbeit entwickelt werden. Im Fall des Projektgeschäfts bestimmt das Projekt das Produkt. Projektgeschäfte werden überwiegend in Private Clouds abgewickelt.

Von den dargestellten Geschäftstypologien ist das an das Lizenzgeschäft angelehnte Modell die gängigste Lösung im Cloud Computing-Geschäft mit der Absicht, ähnlich zum Lizenzgeschäft, eine möglichst große und breite Zielgruppe mit einer standardisierten aber auch durchaus flexiblen Cloud-Lösung anzusprechen.²⁷ Unterschiede zum klassischen Lizenzgeschäft ergeben sich zusätzlich dadurch, dass Cloud-Lösungen meist zeit-, verbrauchs- oder transaktionsbasiert orientiert sind.

3.2 Cloud Computing-Unternehmen

Der Markt für Cloud Computing-Dienste befindet sich derzeit inmitten einer starken Entwicklungsphase. Der Markt hat die Schwelle zum Massenmarkt überschritten und profitiert von einem anhaltenden und intakten Wachstumstrend. Große und etablierte Unternehmen aus dem IKT-Bereich sind genauso im Markt aktiv wie kleine Nischenanbieter und neu gegründete Unternehmen. Konstante Neuentwicklungen und Produktinnovationen, gepaart mit technologischem Fortschritt, führen dazu, dass sich der Markt für Cloud Computing-Dienste hochgradig dynamisch entwickelt. Jede Identifikation und Beschreibung der Anbieter für Cloud-Dienste im Consumer Bereich, ihre Einordnung auf der institutionellen Wertschöpfungskette, die Übersicht über ihre Angebotsstruktur und ihre qualitative Marktbedeutung kann deshalb nur eine Momentaufnahme des Marktes darstellen.

²⁶ Vgl. Herzwurm/Jesse/Pietsch (2010), S. 742

²⁷ Vgl. Herzwurm/Jesse/Pietsch (2010), S. 744

US-amerikanische Unternehmen vermarkten ihre Produkte und Dienste im Cloud-Umfeld auch sehr erfolgreich in Europa, während bspw. deutsche Unternehmen im US-Markt eine, wenn überhaupt, nur untergeordnete Rolle spielen. Derzeit wird der Cloud-Markt von US-Unternehmen dominiert. Dies wird z. B. deutlich, wenn man sich wichtige Anbieter von Cloud-Diensten für Unternehmen in Deutschland anschaut (vgl. Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1: Ausgewählte Anbieter von Cloud-Diensten für Unternehmen

Anbieter Services	Cloud	CC-Dienste				Kundengruppen		
		IaaS-Public	IaaS-Private	PaaS-Public	SaaS-CRM	Kleine Unternehmen	Mittelstand	Großunternehmen
1&1		•				•	•	
Amazon		•	•	•			•	•
BT		•	•				•	•
CloudBees				•				
Cloudcontrol				•				
Colt			•				•	•
EngineYard				•				
Fujitsu		•	•				•	•
GBS AG				•				
Google		•		•		•	•	•
Host Europe		•	•			•	•	
HP			•				•	•
IBM		•	•	•			•	•
Lexware					•	•		
Microsoft		•		•	•	•	•	•
Myfactory					•			
Netsuite					•			
Nionex		•	•			•	•	
NTT		•	•				•	•
Oracle					•	•	•	•
Pironet			•				•	
Sage					•	•		
Salesforce		•		•	•	•	•	•
SAP					•	•	•	
SIS			•					•
Strato/Telekom		•	•			•	•	
Telekom			•			•	•	

Anbieter Cloud Services	CC-Dienste				Kundengruppen		
	IaaS-Public	IaaS-Private	PaaS-Public	SaaS-CRM	Kleine Unternehmen	Mittelstand	Großunternehmen
Deutschland							
T-Systems		•					•
Vodafone					•	•	

Quelle: Experton (2011)

Wie aus der tabellarischen Übersicht zu entnehmen ist, kommen Anbieter von Cloud-Diensten aus allen Teilsegmenten des IKT-Sektors. Anfangs haben sich insbesondere Internet-Unternehmen wie etwa Amazon und Google in diesem Umfeld positioniert und erste Produkte und Dienste lanciert. Heute zählen jedoch Software- und Hardware-Unternehmen sowie IT-Service-Anbieter und zunehmend auch die Telekommunikationsanbieter zu den wesentlichen Teilnehmern auf dem Markt für Cloud Computing.

3.2.1 Amazon

Das Unternehmen hat schon seit 2002 Web-Dienstleistungen vermarktet und seit dem Jahr 2005 seine überschüssigen IT-Kapazitäten, die zumeist nur während der Hauptverkaufssaison zu Weihnachten ausgeschöpft werden konnten, in einem Pay-per-use-Geschäftsmodell zur Verfügung gestellt.²⁸ Rechenknoten konnten angemietet werden, Administrationsrechte wurden eingeräumt und eigene IT-Konfigurationen durften aufgespielt werden. Darüber hinaus wurde eine erste Variante eines Online-Speichers angeboten, was zusammen mit relativ moderaten Preisen zum Entstehen einer signifikanten Nachfrage geführt hat.

Amazon deckt mit seinem *Amazon Web Services (AWS)* ein sehr großes Angebotsspektrum ab und ist nach Experteneinschätzung der unangefochtene Marktführer als Anbieter von Cloud-basierten Vorleistungen.²⁹ Diese Bedeutung zeigt sich an großen Kundenzahl: bis zu 60.000 i. d. R. sehr große Kunden aus dem Bereich der Anwendungsentwicklung in Unternehmen, darunter Pharmaunternehmen, große Finanzinstitutionen und weitere Großunternehmen, nutzen die Dienste von Amazon als Grundlage für ihre Cloud Computing-Anwendungen. Schätzungen zufolge besucht rund ein Drittel aller Internet-Nutzer jeden Tag eine Website, die auf Amazons Infrastruktur aufsetzt.³⁰

Amazon liefert mit seiner Infrastruktur somit die grundlegende Vorleistung für eine ganze Reihe von Unternehmen und ihre jeweiligen Geschäftsmodelle. Bekannt ist, dass Webseiten wie der Auskunftsdienst Quora.com, die digitale Community Reddit.com, der Gruppennachrichtendienst GroupMe.com, die Gamingplattform Scvngr.com und der

²⁸ Vgl. Kett/Weiner/Falkner (2012), S. 31.

²⁹ Vgl. <http://cloudtimes.org/2012/02/08/leading-cloud-computing-enterprises/>

³⁰ <http://www.cio.de/retailit/analysen/2882708/>

Touristikmarktplatz airbnb.com auf den Amazon-Diensten basieren.³¹ Auch Seiten mit hohem Besucheraufkommen und bekannte Internet-Marken wie der Video-on-Demand-Anbieter Netflix, der Fotodienst Instagram und das Soziale Netzwerk Pinterest bauen auf den Vorleistungen von Amazon auf.³²

Der Video-on-Demand-Anbieter Netflix hat bspw. seit 2010 Amazon als seine alleinige Cloud Computing-Plattform ausgewählt und lässt seine IT-Infrastruktur auf dem Wege des Outsourcing von Amazon betreiben.³³ Netflix begründet dies mit der Möglichkeit, auf die Investition in eigene Daten- und Netzzentren zu verzichten, die eigenen Ressourcen auf die eigene Produktentwicklung zu fokussieren und auf die hochgradig flexible Skalierbarkeit von Cloud-Anwendungen zurückgreifen zu können.

Auch der Fotodienst Instagram, von Facebook im April 2012 für 1 Mrd. US-Dollar aufgekauft, basiert auf Infrastruktur-Vorleistungen, die das Unternehmen von Amazon bezieht. Der Dienst verzeichnet mehr als 100 Millionen Nutzer, kann aber durch die Auslagerung der IT-Infrastruktur auf Amazons Infrastruktur diesen Kundenumfang mit lediglich drei eigenen Netzwerkspezialisten managen.³⁴

Ein Blick auf die verfügbare Rechnerkapazität belegt nochmals die große Bedeutung von Amazon als Anbieter im Cloud Computing-Umfeld: Schätzungen zufolge besitzt das Unternehmen ca. 450.000 physische Server in weltweit sieben Rechenzentren.³⁵ Diese befinden sich in Nord-Virginia (USA), Oregon (USA), Nordkalifornien (USA), Irland, Singapur, Tokio und São Paulo. Das Rechenzentrum in Dublin wird seit 2008 betrieben. Die irische Hauptstadt hat sich für Amazon und weitere US-amerikanische IT-Hersteller zu einem zentralen Standort in Europa entwickelt. Lage, Konnektivität, Klima und die Verfügbarkeit englischsprachiger IT-Experten sorgen dafür, dass nahezu sämtliche europäische Rechenzentren-Aktivitäten von Amazon aus Irland gesteuert werden.³⁶ In Frankfurt wird lediglich ein sog. Edge-Standort betrieben, der die Hauptrechenzentren durch unterstützende Dienste entlasten soll, und der nicht unmittelbar für das Hosting der Cloud Computing-Dienste eingesetzt wird.³⁷

3.2.2 Google

Google hat sich bisher in den Bereichen Internetwerbung, Internetanwendungen (z. B. Suchmaschinen, Location Based Services) und Softwareentwicklung im Internet für (private) Endkunden eine marktführende Position aufgebaut. Das bisherige Produktan-

³¹ Vgl. <http://bits.blogs.nytimes.com/2011/04/21/amazon-cloud-failure-takes-down-web-sites/>

³² Vgl. <http://venturebeat.com/2012/06/29/amazon-outage-netflix-instagram-pinterest/>

³³ Vgl. <http://techblog.netflix.com/2010/12/four-reasons-we-choose-amazons-cloud-as.html>

³⁴ Vgl. http://www.cio.com/article/716829/SSDs_Boost_Instagram_39_s_Speed_on_Amazon_EC2

³⁵ Vgl. <http://huanliu.wordpress.com/2012/03/13/amazon-data-center-size/>, doch könnte diese Zahl relativ hoch angesetzt sein gegenüber früheren Schätzungen.

³⁶ Vgl. <http://www.computerwoche.de/management/cloud-computing/2492369/>

³⁷ Vgl. <http://aws.amazon.com/de/about-aws/globalinfrastructure/#reglink-eu>. Hier werden lediglich Domain Name Systems (DNS) Dienste und ein Content Delivery Network (CDN) realisiert, die Hilfsfunktionen für das Netzwerkmanagement darstellen.

gebot wird seit einiger Zeit Stück um Stück erweitert und zielt darauf ab, dass gesamte Cloud Computing-Produktportfolio abzudecken. Ursprünglich war das Unternehmen vorzugsweise im SaaS-Bereich tätig, und hat sich dort mit Google Apps ein umfangreiches Produktspektrum aufgebaut.

Google verfolgt eine klare Cloud-Strategie. So werden nahezu alle Produkte als Cloud Service auf den Markt gebracht, und werden, falls sie den Endanwendern nicht kostenlos zur Verfügung gestellt werden, nutzungs- beziehungsweise nutzerbezogen abgerechnet. Google liefert derzeit mehr als 30 unterschiedliche, unmittelbar Cloud-relevante Services aus, dabei werden die unterschiedlichsten Bereiche abgedeckt; angefangen bei der Suchmaschine über Statistik-Tools bis hin zur vollständigen Office-Suite.

Die als „Google Apps“ bekannten Produkte sind für Kunden als standardisierte Software-Lösungen konzipiert, die insbesondere auch die Zusammenarbeit untereinander erleichtern sollen. Die IaaS- und PaaS-Aktivitäten firmieren unter „Google App Engine“ und „Google Compute Engine“. Sie sind nicht auf Endkunden sondern auf Entwickler ausgerichtet. Das Angebot „Compute Engine“ ist ein Hosting-Dienst für virtuelle Linux-Maschinen, und steht in direktem Wettbewerb zum Amazon Produkt EC2. Google bietet virtuelle Linux-Maschinen (Ubuntu oder CentOS) als „IaaS“, die auf derselben Hardware aufgesetzt werden wie Googles eigene Systeminfrastruktur.³⁸ Google offeriert mittlerweile etlichen Unternehmen cloudbasierte Vorleistungsprodukte an.

Als nahezu einziger Anbieter neben Amazon investiert Google derzeit massiv in IT- und Rechnerkapazitäten, um mit dem marktführenden Anbieter Amazon mithalten zu können. Schätzungen zufolge kann das Unternehmen auf insgesamt 900.000 physische Server zurückgreifen.³⁹ Die Standorte der Rechenzentren von Google verteilen sich weltweit. In den USA befinden sich Rechenzentren in Berkeley County, (South Carolina), Council Bluffs (Iowa), Douglas County (Georgia), Mayes County (Oklahoma), Lenoir (North Carolina) und The Dalles (Oregon). Ein zusätzlicher Standort ist in Quilicura, Chile, erbaut worden. In Asien befinden sich Rechenzentren in Hong Kong, Singapur und Taiwan, in Europa sind Standorte in St. Ghislain (Belgien) und Dublin (Irland) sowie in Hamina (Finnland) zu verzeichnen. Die Rechencluster von Google sind im Hinblick auf Widerstandsfähigkeit und Redundanz entworfen worden. Wo dies möglich war, wurden sog. Single Points of Failure (d. h. einzelne Infrastrukturelemente, deren Ausfall wiederum zum kompletten Ausfall des gesamten Systems führen könnte) eliminiert.

³⁸ Vgl. <http://www.heise.de/ix/meldung/Google-eroeffnet-Compute-Engine-in-der-Cloud-1628671.html>

³⁹ Vgl. <http://www.datacenterknowledge.com/archives/2011/08/01/report-google-uses-about-900000-servers/>

3.2.3 Microsoft

Der US-amerikanische Software- und Hardwarehersteller setzt seit einiger Zeit seine grundlegende Neuausrichtung auf das Cloud-Geschäft durch. Es werden neue Produkte, Services und Plattformen entwickelt, so dass die Zukunftsfähigkeit von Microsoft nunmehr mit der Entwicklung des Cloud Computing und weniger mit dem traditionellen Software-Lizenzgeschäft eng verzahnt wird.

Das klare Bekenntnis sowie ein mittlerweile umfassendes Produktportfolio sichern Microsoft eine starke Wettbewerbsposition. Allerdings sind Kannibalisierungseffekte gegenüber dem klassischen Lizenzgeschäft hinsichtlich der Erlös- und Kundensituation zu befürchten. Dennoch konnte das Unternehmen in Deutschland eine rasant wachsende Nachfrage nach Produkten und Diensten aus dem Cloud-Umfeld verzeichnen. Microsoft bietet nahezu alle Produkte und Technologien auch aus der Cloud an und wendet sich an eine breite Zielgruppe von Privat- wie auch Geschäftskunden. Der Konzern kann in seinem Portfolio eine komplette Produktpalette anbieten, die sowohl IaaS, PaaS als auch SaaS abdeckt. Die Plattform „Windows Azure“ stellt dabei als cloudbasiertes Vorleistungsangebot ein zentrales Element der Produktstrategie dar. Kommende Softwareversionen der bekannten Office-Pakete sollen zudem neben einer lokalen Installation auch vollständig als SaaS in der Cloud betrieben werden können.

Im Zuge dieser verstärkten Produkt- und Dienstentwicklung im Cloud Computing-Bereich, hat Microsoft auch entsprechende Server- und IT-Infrastruktur aufgebaut. Aktuell besitzt das Unternehmen mehrere globale Rechenzentren, jeweils in den Regionen Virginia (USA), Illinois (USA), Texas (USA), Kalifornien (USA), Dublin (Irland), Amsterdam (Niederlande), Singapur, Hong Kong und Brasilien.⁴⁰ Das Unternehmen baut konstant weitere Rechenzentren, wie bspw. in Wyoming (USA) und in Chicago (USA). Microsoft betreibt in Dublin eines der größten und effizientesten Rechenzentren weltweit. Das in der irischen Hauptstadt errichtete Zentrum hat eine Größe von ungefähr 51.000 Quadratmetern.⁴¹

Die Microsoft-Infrastruktur und die darauf aufbauenden Produkte sind für eine Vielzahl von Unternehmen Vorleistungsprodukte für ihre Tätigkeit. So baut bspw. der Marktführer für Parkraumbewirtschaftung in Europa, Apcoa, für seine 18 Niederlassungen europaweit auf Cloud-Vorleistungsprodukte von Microsoft. Auch der unabhängige IT-Dienstleister Computacenter baut auf Vorleistungsprodukte von Microsoft auf und vertreibt diese dann in seinem IT-Serviceportfolio. Weitere Kunden, die von Microsoft Vorleistungen beziehen und in ihre IT-Infrastrukturen einbinden sind u.a. die US Luft- und Weltraumbehörde NASA, der Computerhersteller Fujitsu, die Flugzeuglinie easyjet und der Informationsanbieter Lexis Nexis. Ebenfalls Teil der neuen Unternehmenspolitik ist

⁴⁰ Vgl. <http://www.windowsazure.com/en-us/support/trust-center/privacy/>, in den brasilianischen Standort wird derzeit investiert, vgl. <http://www.zdnet.com/blog/microsoft/where-in-the-world-are-microsofts-datacenters/5700>

⁴¹ Vgl. http://www.microsoft.com/presspass/emea/presscentre/pressreleases/DublinDataCentrePR_240909.msp

die Strategie, auch Behörden und Regierungsinstitutionen mit Cloud Lösungen zu beliefern. In den USA haben unlängst mehrere lokale und regionale Behörden Cloud Computing Verträge mit Microsoft geschlossen.⁴²

3.2.4 Apple

Die Cloud-Aktivitäten des US-amerikanischen Konzerns Apple wurden im Sommer 2011 erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt. Sie fokussieren auf die Service-Ebene SaaS und adressieren in erster Linie private Endanwender. Hinter dem „iCloud“ genannten Produkt steht eine andere Philosophie als hinter den Angeboten von Microsoft oder Google. Apple setzt statt auf browserbasierten Zugriff auf eine Nutzung mittels eigener Apps, so dass die „iCloud“ als SaaS-Dienst eine Art erweiterter Synchronisationsdienst im Ecosystem der Applikationen und Inhalte rund um die Apple-Hardware darstellt. Pläne von Apple, die Cloud-Aktivitäten um IaaS oder PaaS-Elemente zu erweitern, sind derzeit nicht bekannt.

Apple betreibt mehrere Rechenzentren in den USA, so in Newark, Santa Clara und Cupertino an der Westküste und ein Rechenzentrum in Maiden, North Carolina an der Ostküste der USA. Derzeit hat Apple vor, im US-Bundesstaat Nevada ein weiteres Rechenzentrum zu errichten. Ein weiteres Rechenzentrum ist seit Oktober 2012 in Prineville im US-Bundesstaat Oregon im Bau und steht kurz vor der Fertigstellung.⁴³

Die Infrastruktur in den Apple-Rechenzentren setzt sich aus einem Mix unterschiedlicher Systeme zusammen, z. B. MacOS X, IBM/AIX, Linux und SUN/Solaris Systemen. Um eine hohe Verfügbarkeit und Qualität seiner Dienste zu erreichen, verwendet Apple in seinen Rechenzentren eine Software (sog. Cluster Manager), die die Interaktion zwischen unterschiedlichen Rechnerverbänden optimieren, z. B. HACMP⁴⁴ Lösungen von IBM, „Cluster Server“ von Veritas und „DataGuard“ und „Real Application Cluster“ von Oracle.⁴⁵

3.2.5 Facebook

Das Unternehmen, welches im Oktober 2012 eine Milliarde Nutzer zu verzeichnen hatte, ist das weltweit größte kommerzielle Online-Netzwerk. Facebook tritt wie Apple nicht als Anbieter von Cloud-Vorleistungen auf den Ebenen PaaS oder IaaS auf, sondern bietet mit seinem Sozialen Netzwerk gegenüber Endkunden eine SaaS-Leistung an, die u. a. auch eine Storage-Komponente enthält. So wurden durchschnittlich bei Facebook

⁴² Vgl. <http://www.informationweek.com/government/cloud-saas/microsoft-unveils-public-sector-cloud-de/229219157>.

⁴³ Vgl. <http://www.apfelle.com/2014/01/rechenzentrum-in-oregon-steht-vor-fertigstellung/>.

⁴⁴ High Availability Cluster Multi-Processing

⁴⁵ Vgl. <http://www.datacenterknowledge.com/archives/2010/07/21/the-technology-inside-apples-new-idatacenter/>

zum Jahresende 2011 täglich ungefähr 250 Millionen Fotos hochgeladen, was ungefähr einem Datenvolumen von 100 Petabytes entspricht.⁴⁶

Das Unternehmen betreibt für seinen Cloud-Dienst weltweit eine signifikante Anzahl von innovativen Daten- und Serverzentren und hat die Gesamtzahl seiner Server auf mehr als 180.000 Einheiten gesteigert. Aktuell operativ sind zwei Datenzentren in den USA (Prineville, Oregon sowie Forest City, North Carolina). Das seit dem Frühjahr erste, außerhalb der USA betriebene Rechenzentrum in Lulea (Schweden) organisiert den gesamten Datenverkehr für Europa, den Nahen Osten und für Afrika. Das Rechenzentrum im US-Bundesstaat North Carolina wurde zudem in 2013 beträchtlich erweitert.

Die Infrastruktur von Facebook basiert auf einer Reihe von Vorleistungen, die zum Teil eingekauft werden, zum Teil aber auch intern von Facebook-Experten entwickelt werden. So ist Facebook einer der weltweit größten Nutzer von „Memcached“, einem Open Source Caching System. Facebook hat zudem eine der größten MySQL Datenbanken installiert. Um dem hohen Speichervolumen gerecht zu werden, hat Facebook eigene effiziente Speicher- und Zugriffstechnologien entwickelt, wie z. B. das als „Haystack“ bezeichnete System.⁴⁷

3.2.6 Deutsche Telekom

Der Geschäftskundenbereich der Deutschen Telekom hat seine Cloud-Angebote verstärkt auf die Bedürfnisse kleiner und mittelgroßer Unternehmen ausgerichtet. Dieser wird von der Telekom-Tochter T-Systems betreut. Die Angebote sind für Betriebe gedacht, die einen hohen Bedarf an standardisierten Anwendungen und weniger Interesse an Entwicklungs- und Betriebsplattformen haben. Der Schwerpunkt liegt auf skalierbaren IT-Infrastrukturen und Applikationen. Darüber hinaus bietet die Deutsche Telekom Cloud-Angebote für Privatkunden an, die sich primär auf Online-Speicher konzentrieren.⁴⁸ Aktuell werden nach Auskunft der DTAG keine cloud-spezifischen Vorleistungen an dritte Cloud-Anbieter weiterverkauft.

Die Telekom als einer der größten europäischen Telekommunikationsanbieter verfügt über gute Infrastrukturbedingungen und die erforderlichen Ressourcen für Cloud Computing, da man bspw. mit 90 eigenen Rechenzentren weltweit operiert. In Deutschland sind Rechenzentren an den Standorten Frankfurt, Düsseldorf, Hannover, Hamburg, Berlin, Stuttgart, Nürnberg, Ulm und München installiert, ferner in weltweiten Regionen wie Singapur und Houston.⁴⁹ Ein weltweites Netzwerk von 21 sog. TwinCore-Rechenzentren, bei dem im Falle einer Störung oder eines Ausfalls eines Zentrums der jeweils andere Standort einspringt, ist mit einer Verfügbarkeit von 99,98 Prozent vorhanden. Ein neues Rechenzentrum wurde in der Stadt Biere in Sachsen-Anhalt auf einer Fläche von 150.000

⁴⁶ Vgl. <http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1326801/000119312512034517/d287954ds1.htm>

⁴⁷ Vgl. http://www.facebook.com/note.php?note_id=76191543919

⁴⁸ Vgl. <http://www.telekom.de/telekomcloud/>.

⁴⁹ Vgl. http://www.focus.de/digital/digital-news/telekommunikation-deutsche-telekom-will-cloud-fuer-alle-anbieter_aid_720780.htm und <http://www.telekom.com/innovation/cloud-special/127144>

Quadratmetern errichtet. Insgesamt verfügt die Deutsche Telekom in ihren Cloud-Rechenzentren über mehr als 60.000 Server.⁵⁰

Ein Großteil der Cloud Services von T-Systems wird ohne spezielle Vorleistungen Dritter realisiert. Einige Produkte des Business Marketplace (Zielgruppe KMU) hingegen werden teilweise durch Servicepartner extern realisiert (z. B. Microsoft oder Box). Dabei gilt für die Telekom nach eigenen Aussagen das Gebot der Transparenz: der Kunde wird über die Zusammensetzung der jeweiligen Services genau informiert.

Die Deutsche Telekom hat sich mit VMWare als Anbieter von Virtualisierungslösungen zusammengetan und bietet gemeinsam mit dem Vorleistungslieferanten so genannte vCloud Datacenter Services an. Die Deutsche Telekom liefert diese und weitere cloud-basierte Vorleistungen an unterschiedliche Unternehmenskunden. Etwa 600 Großkunden nutzen diese IT-Dienste von Deutsche Telekom und T-Systems, darunter international tätige Konzerne wie Shell, Daimler und der Autozulieferer Magna oder auch die Verkaufsplattform Autoscout24.⁵¹

3.2.7 1&1

Die zum United Internet Konzern gehörende 1&1 hat sich in erster Linie durch ihre Webhosting- und DSL-Produkte im Markt etabliert. Seit Anfang 2010 vermarktet 1&1 seine Leistungen prominent unter dem Dach des Begriffs „Cloud“. Bei dem als „Dynamic Cloud Server“ bekannten Angebot handelt es sich um ein Servermodell, bei dem Anwender Arbeitsspeicher, Prozessorleistung und Festplattenplatz im Rahmen der Serverkapazität frei einstellen und bedarfsgerecht flexibel anpassen können.⁵²

Die 1&1 Internet AG betreibt nach eigenen Angaben in Deutschland mehrere Rechenzentrumslokationen. Darüber hinaus betreibt 1&1 seit 2007 in den USA eine Rechenzentrumslokation. Dabei stehen mehr als 70.000 Server im Parallelbetrieb zur Verfügung. Das Unternehmen bezieht seine Infrastrukturvorleistungen von Komponentenh Herstellern wie z. B. Intel, AMD oder auch Citrix, wobei man mit diesen Unternehmen stets bei der Weiterentwicklung der Infrastruktur kooperiert.⁵³

Cloudspezifische Vorleistungen, die 1&1 / United Internet weiter an Dritte verkauft sind etwa der Dynamic Cloud Server (DCS) als ein IaaS-Angebot. Der DCS ist grundsätzlich auch dazu geeignet, die Basis für cloudspezifische Angebote Dritter zu bilden. Insofern kann man den DCS als cloudspezifische Vorleistung verstehen. Es existiert ein Sicherheitskonzept für Rechenzentren in Bezug auf Datenspeicherung. Das Betriebskonzept für das Produkt Dynamic Cloud Server ist „in sich“ redundant.

⁵⁰ Vgl. T-Systems (2012), S. 21.

⁵¹ Vgl. <http://www.t-systems.de/ueber-t-systems/agil-flexibel-und-sicher/1005018>

⁵² Vgl. <http://www.zdnet.de/41525533/1-1-startet-dynamic-cloud-server/>

⁵³ Vgl. <http://hosting.1und1.de/cloud-server#anchor-content>

3.2.8 Dropbox

Das Unternehmen Dropbox, Inc., San Francisco, USA, wurde 2007 gegründet und bietet seit September 2008 seinen gleichnamigen Dienst „Dropbox“ an. Bei Dropbox handelt es sich um einen klassischen Online-Speicherdienst, der über eine hohe Usability verfügt und von mehr als 275 Mio. Nutzern weltweit verwendet wird.

Dropbox bietet umfangreiche Funktionen, speziell im Hinblick auf die Synchronisierung und das Teilen von Daten. Nach der Installation der PC-Software werden alle Daten ständig mit dem Speicherdienst in der Cloud synchronisiert. Dropbox bietet darüber hinaus die Möglichkeit, auf vorherige Versionen von gelöschten oder überschriebenen Dateien zuzugreifen. In der kostenlosen Version von Dropbox ist eine Wiederherstellung von Daten im Zeitraum von bis zu 30 Tagen möglich, bei den Professional-Versionen gibt es keine zeitliche Beschränkung. Die Nutzung von Dropbox ist direkt über den PC⁵⁴, einen beliebigen Internet-Browser und ebenso über spezielle Apps für Smartphone und Tablet möglich.

Mit aktuell etwa 275 Millionen Nutzern in 200 Ländern gehört Dropbox zu den derzeit weltweit führenden Anbietern von Online-Speichern. Täglich werden über eine Milliarde Dateien auf die Plattform von Dropbox hochgeladen. Es findet keine Überprüfung und keine Filterung der Daten durch das Unternehmen statt.

Die gesamte Datenübertragung zwischen dem Nutzer des Dienstes und Dropbox wird per SSL-Verschlüsselung abgewickelt. Die in die Cloud übertragenen Dateien werden mit AES (256 Bit Schlüssellänge) verschlüsselt auf den Dropbox-Servern gespeichert. Die Generierung und Verwaltung der Schlüssel liegt dabei alleine bei Dropbox, der Nutzer hat hierauf keinen Einfluss.

Das Unternehmen verfügt über keine eigenen Rechenzentren, vielmehr nutzt Dropbox für seine Produktangebote die Vorleistungen von Amazon (Simple Storage Service (S3)).

3.2.9 Mega

Mit Mega Ltd. Neuseeland ist Anfang 2013 ein neuer Cloud-Storage-Dienst gestartet. Dieser ist kostenlos und beinhaltet 50 Gigabyte freien Speicherplatz. Neben diesem umfangreichen Cloud-Speicher bietet Mega ein verschlüsseltes Nachrichtensystem (VoIP, E-Mail) für seine Nutzer, Einbindung in Windows, Linux und Mac OS X sowie Apps für mobile Betriebssysteme, einen Kalender sowie Online-Editoren für Word- und Excel-Dokumente an.

Der Start von Mega verlief sehr erfolgversprechend. Laut Messungen des Webtraffic-Analyse-Unternehmens Alexa entfielen nach der Freischaltung des Dienstes insgesamt

⁵⁴ Die Dropbox-Software ist für Microsoft, Apple Mac und Linux verfügbar.

0,4 Prozent der weltweiten Website-Abrufe auf Mega. Den Start von Mega spürte auch die direkte Konkurrenz: Während die weltweiten Zugriffe auf das neue Portal rasant anstiegen, sanken die Visits bei Cloud-Anbieter Dropbox deutlich von 0,7 Prozent auf 0,5 Prozent ab. Damit lag Mega zu diesem Zeitpunkt im Hinblick auf die Besucheranzahl fast gleichauf mit dem Marktführer. Nach Angaben von Mega werden pro Sekunde etwa 60 Uploads auf die weltweit verteilten Server durchgeführt. Festzuhalten ist dabei, dass kein Server in den USA steht.

Um sich als vollwertiger Anbieter im Markt für „Storage as a Service“ zu etablieren, fehlen Mega jedoch noch viele Funktionalitäten. So wird die Integration in PC-Betriebssysteme bislang nicht angeboten. Um Dateien hochzuladen und zu verwalten, muss immer der Web-Browser geöffnet sein. Weiter fehlt auch ein Programm, das die gewünschten Dateien automatisch zwischen Computer und Online-Speicher synchronisiert. Auch das nahtlose Zusammenspiel mit mobilen Endgeräten ist bisher nicht gegeben. Von daher kann Mega (noch) nicht als wirkliche Alternative zu Dropbox oder anderen Cloud-Speicher-Diensten angesehen werden.

4 Technische Struktur

4.1 Virtualisierung

Um Cloud-Dienste zu nutzen, wird i. d. R. nicht mehr als ein Internetzugang und ein browserfähiges Endgerät benötigt. Ein standort- und geräteunabhängiger Zugang ist für jeden Nutzer selbstverständlicher Bestandteil des Cloud-Dienstes. Die nomadische Nutzung von IT-Ressourcen wird dadurch stark befördert.

Software, Daten und Rechenkapazität werden über die IT-Ressourcen des Cloud-Anbieters genutzt. Cloud Computing ist insofern selbst keine Technologie sondern vielmehr Service-Modell, das erst aufgrund von technischen Entwicklungen wie dem Grid-Computing und der Virtualisierung ermöglicht wird.

Mithilfe des Grid-Computing konnten bereits in den 80er Jahren vorhandene Ressourcen an räumlich verteilten Rechen- und Speicherleistungen flexibel nach Bedarf zusammengefasst werden. Damit war man nicht mehr auf die Rechenleistung einzelner Computer begrenzt, sondern konnte mehrere Rechner über eine sog. Middleware vereinen und die Ressourcen gebündelt nutzen. Middleware bezeichnet hier eine Software, welche in Form einer Zwischenanwendung Kommunikationsaufgaben übernimmt, um somit zwischen den verschiedenen Systemen zu vermitteln. In den 90ern kam durch das sog. Utility Computing eine weitere Dimension hinzu: die verbrauchsabhängige Abrechnung von IT-Dienstleistungen durch den IT-Dienstleister. Vollkommen neu ist der Ansatz, IT-Ressourcen zusammenzufassen und verbrauchsabhängig in Rechnung zu stellen, also nicht.

Hinzu kam dann die Virtualisierung als technologische Innovation zur Realisierung von Cloud Computing. Wo Grid-Computing die IT-Ressourcen bündelt, verteilt die Virtualisierung diese Ressourcen wieder neu. Unter Virtualisierung versteht man Software- oder Hardware-Techniken, die dazu dienen, mehrere Instanzen eines oder verschiedener Betriebssysteme auf einem einzigen Server gleichzeitig nebeneinander zu betreiben. Die einzelnen Instanzen werden als virtuelle Maschine (VM) oder virtuelle Server bezeichnet und verhalten sich in der virtuellen Umgebung identisch zum „normalen“ Betrieb direkt auf der Hardware. Sie werden aus Sicht des Basis-Betriebssystems (Host oder Wirt) von der Hardware abgekoppelt und können somit wie ein Softwareobjekt flexibel unabhängig von der darunterliegenden Hardware behandelt werden.

Je nach Architektur wird auf Hardwareebene eine Partitionierung vorgenommen oder mittels einer speziellen Software eine vollständige oder teilweise virtuelle Hardwareumgebung für die einzelnen virtuellen Maschinen nachgebildet. Die meisten Virtualisierungsansätze basieren auf einer speziellen Softwareschicht, die zumeist als Virtual Machine Monitor (VMM) oder Hypervisor bezeichnet wird.⁵⁵ Die VMM- oder Hypervisor-

⁵⁵ Als Virtual Machine Monitor (VMM) oder Hypervisor wird Systemsoftware verstanden, die die gleichzeitige Nutzung einer Rechnerhardware durch mehrere Betriebssysteme steuert.

Layer ermöglicht es mehreren verschiedenen Betriebssystemen, sich die Hardware-Ressourcen eines Rechners zu teilen, indem die verfügbaren Hardware-Komponenten transparent auf die Gastsysteme aufgeteilt werden.

Eine virtuelle Maschine ist somit ein vollständig isolierter Software-Container, der, genau wie ein physischer Computer, seine eigenen Betriebssysteme und Anwendungen ausführen kann. Eine virtuelle Maschine verhält sich genauso wie ein physischer Computer und besitzt eigene virtuelle (d. h. software-basierte) Ressourcen: CPU, RAM, Festplatte und Netzwerkkarte (NIC). Ein Betriebssystem erkennt keinen Unterschied zwischen einer virtuellen Maschine und einem physischen Computer, wie auch Anwendungen oder andere Computer in einem Netzwerk dies nicht unterscheiden können. Selbst die virtuelle Maschine betrachtet sich selbst als „echten“ Computer. Nichtsdestotrotz besteht eine virtuelle Maschine komplett aus Software und enthält keinerlei Hardware-Komponenten.

Die folgenden technologischen Möglichkeiten der Virtualisierung sind für den Erfolg von Cloud Computing mitentscheidend.

- Cloning und Snapshots

Wird eine neue virtuelle Maschine benötigt, so wird diese in der Regel nicht von Grund auf neu konfiguriert. Vielmehr wird sie auf der Basis eines vorhandenen Templates, was nichts anderes als ein standardmäßig vorkonfigurierter Server ist, erstellt. Weiterhin ist es auch möglich, von einer schon laufenden virtuellen Maschine eine Kopie zu erstellen und diese dann zu nutzen (Cloning). Durch Cloning ist es somit möglich, innerhalb von kürzester Zeit neue virtuelle Maschinen zu erzeugen und diese dem Nutzer zur Verfügung zu stellen. Dies ist insbesondere bei der Bereitstellung von IaaS von entscheidender Bedeutung.

Eng damit in Beziehung steht die Snapshot-Technologie. Moderne Virtualisierungssoftware bietet mit der Erstellung von Snapshots die Möglichkeit, eine virtuelle Maschine zu einem bestimmten Zustand „einzufrieren“ und ab diesem Zeitpunkt vorgenommene Änderungen wieder zurückzunehmen.

Durch das Zusammenspiel von Cloning und Snapshot lassen sich völlig unabhängige Kopien oder ganze Stammbäume von Abkömmlingen aus einer virtuellen Maschine erzeugen. Clones lassen sich also nicht nur von der ursprünglichen VM ableiten, sondern auch von einem ihrer Snapshots.

- Migration virtueller Maschinen

Virtualisierungssoftware macht es weiterhin möglich, virtuelle Maschinen im laufenden Betrieb und in Echtzeit von einem physischen Server auf einen anderen zu verschieben. Auch ist es möglich, dass beim Ausfall eines physischen Servers die betroffenen virtuellen Maschinen automatisch auf einem anderen physischen Server neu gestartet werden. Die überwachte virtuelle Maschine erkennt

dabei Ausfälle des „Gastbetriebssystems“ und startet die virtuelle Maschine unter Einhaltung der vom Anwender definierten Zeitintervalle neu. Der Start der virtuellen Maschinen erfolgt dabei nahezu sofort und ohne manuelle Eingriffe auf einem anderen physischen Server im gleichen Ressourcenpool.

4.2 Speichertechnologien

Intelligent Storage-Lösungen bilden die Basis, wenn es darum geht, große Datenmengen zu speichern und zu verwalten. In den Rechenzentren werden Daten heute nicht mehr auf einzelnen dezidierten Festplatten gespeichert, sondern in sog. diskbasierten Storage-Lösungen. Für Storage-Lösungen (Speichernetze) gibt es mehrere Ansätze: DAS (Direct Attached Storage), NAS (Network Attached Storage) und SAN (Storage Attached Networks).

Während DAS und NAS hauptsächlich in kleineren Speichernetzen zum Einsatz kommen, werden im Cloud-Umfeld SAN-basierte Storage-Lösungen eingesetzt. SAN sind Speichernetzwerke, bei denen Server und Speichersysteme über Breitbandnetze verbunden sind. In diesem Netzwerk spielt es keine Rolle, welches Betriebssystem auf einem Server installiert ist. Das heißt, es können mehrere unterschiedliche Server auf verschiedene Speicher-Subsysteme in einem Netz zugreifen. Das am weitesten verbreitete Verfahren, ein SAN aufzubauen, ist SCSI-Technologie (Small Computer Systems Interface), deren Leistungsfähigkeit allerdings angesichts ständig wachsender Datenmengen immer öfter an ihre Grenzen stößt. Aufgrund dieser Einschränkungen hat sich die Fibre-Channel-Technologie für SAN mittlerweile als Datenübertragungsmedium durchgesetzt.⁵⁶

Im Cloud-Kontext spielen die folgenden Technologien eine wichtige Rolle, um zum einen Übertragungsbandbreiten (sowohl in den internen wie auch externen Netzen) effizienter zu nutzen und zum anderen um die kostenintensiven Speicherlösungen optimal auszunutzen.

Deduplizierung und Komprimierung

Um die Speicherkapazitäten der Storage Lösungen optimal auszunutzen, kommen im internen Speicher-System des Cloud-Anbieters Deduplizierungsverfahren zum Einsatz. Hinter Deduplizierung (Deduplication) verbergen sich Datenreduktionsverfahren, die inhaltsgleiche Datenteile über große Datenbestände hinweg erkennen, deren Mehrfachspeicherung eliminieren, aber weiterhin Zugriff auf den vollen logischen Datenumfang ermöglichen. Während die Datenkompression die lokale Verdichtung von Zeichengleichheiten innerhalb einzelner Blöcke oder Files zum Ziel hat, ist es das Ziel von Deduplizierung, über sehr viele Blöcke oder Files bis hin zum Datenstrom innerhalb der Cloud Datenbereichsgleichheiten global zu erkennen und zu eliminieren.

⁵⁶ CISCO (2003); Storage-Lösungen von Cisco im Überblick

Alle großen Anbieter von Speicherlösungen haben heute in ihren Storage-Systemen eigene proprietäre Deduplizierungs-Technologien integriert. Diese sind Bestandteil der auf den Storage-Lösungen laufenden Betriebssysteme. In welchem Maße über Deduplizierung Speicher eingespart werden kann, hängt in sehr starkem Umfang davon ab, welche Anwendungen und damit verbunden welche Daten auf den Stagesystemen abgelegt sind. Die Einsparmöglichkeiten liegen dabei zwischen 0% und 95%.⁵⁷

In Abhängigkeit davon, auf welcher Ebene nach Daten-Duplikaten gesucht wird, ist nach den folgenden Deduplizierungsverfahren zu unterscheiden:

- File-Level Deduplication (auch SIS = „Single Instance Storage“ genannt): Bei diesem Verfahren wird nach komplett gleichen File-Inhalten zwischen beliebigen Pfaden/Dateinamen gesucht.
- Block-Level Deduplication: Hierbei werden nur inhaltsgleiche Blöcke innerhalb von Files gegeneinander reduziert.
- Deduplizierung auf Datenstrom-Ebene innerhalb der eingesetzten Storage-Einheit: Bei diesem Verfahren werden längere gleichartige Datenströme, die sich temporär im Cache-Speicher des Storage befinden, unabhängig von den Block- und Filegrenzen erkannt und nur einmal auf dem Festplattensystem abgespeichert.

Während die beiden ersten Verfahren hauptsächlich dazu dienen, den Datenspeicher in einer Speicherlösung optimal auszunutzen, geht es bei der Deduplizierung auf Datenstrom-Ebene eher darum, die Performance von Backup-Systemen zu steigern bzw. die Performance von WAN-Verbindungen zu erhöhen.

Deduplication gehört heute zu den Standardfunktionalitäten, die moderne Speicherlösungen bieten. Alle großen Anbieter⁵⁸ im Markt für Speicherlösungen haben entsprechende Funktionen in ihren Produkten integriert. Da die Cloud Computing-Anbieter Speicherlösungen dieser Anbieter verwenden, nutzen sie natürlich auch Deduplication. Primäres Ziel ist es dabei, die von den Cloud-Anbietern eingesetzten Storage-Systeme auf der IaaS-Ebene effizient und effektiv zu nutzen bzw. auszulasten.

Delta Encoding

Delta Encoding ist eine Technik zur Minimierung des Datenübertragungsvolumens bzw. zur Einsparung von Bandbreite. Wenn ein Anwender eine Datei zum wiederholten Male in die Cloud lädt, dann wird ab dem zweiten Upload nicht die gesamte Datei gespeichert, sondern lediglich die Bestandteile der Datei, die sich seit dem letzten Speichern verändert haben. Angenommen, ein Benutzer möchte eine Datei speichern, die sich nur geringfügig von der Datei unterscheidet, die er schon zuvor gespeichert hatte. In die-

⁵⁷ Vgl. NetApp: Back to Basics: Deduplizierung (<http://www.netapp.com/de/communities/tech-ontap/detot-bb-deduplication-1103.html>).

⁵⁸ Hierzu gehören insbesondere HP, IBM, EMC, Dell und Netapp.

sem Fall ist es nicht notwendig, die gesamte Datei hochzuladen. Stattdessen ist es ausreichend, nur den Dateiinhalt zu laden, der sich von der vorherigen Version unterscheidet, plus zusätzlicher Informationen, die benötigt werden, um die Rekonstruktion der Datei auf dem Server/Storage zu gewährleisten.⁵⁹

Delta Encoding ist keine neue Technologie, vielmehr wird sie gerade im Bereich des Ladens von Web-Sites (Delta encoding HTTP) schon lange angewandt. Beim Laden einer Web-Site wird diese im Cache des Browser gespeichert. Wird die Datei dann wieder geöffnet, wird die Seite mit ihren Inhalten (z. B. Fotos) nicht wieder komplett geladen, sondern es werden nur die geänderten Inhalte der Web-Site übertragen.

Hersteller von Speicherlösungen verwenden zu Teil Delta Encoding-Funktionalitäten innerhalb ihrer Storage-Systeme. Diese werden dabei in der Regel verwendet, um das Backup von Daten effizienter zu gestalten, denn durch Delta Encoding kann das Datenvolumen für Sicherheitskopien signifikant gesenkt und gleichzeitig die interne Netzbelastung durch Backups reduziert werden. Auch können die Zeitfenster minimiert werden, die für Backups eingeplant werden müssen. Diese Vorteile der modernen Speichertechnologien nutzen im Regelfall auch die Anbieter von Cloud-Computing auf der IaaS-Ebene.

Die heute bewährten Technologien der Deduplication sowie des Delta Encodings werden teilweise heute schon eingesetzt, um eine Verringerung des übertragenen Datenvolumens herbei zu führen.

4.3 Rechenzentren

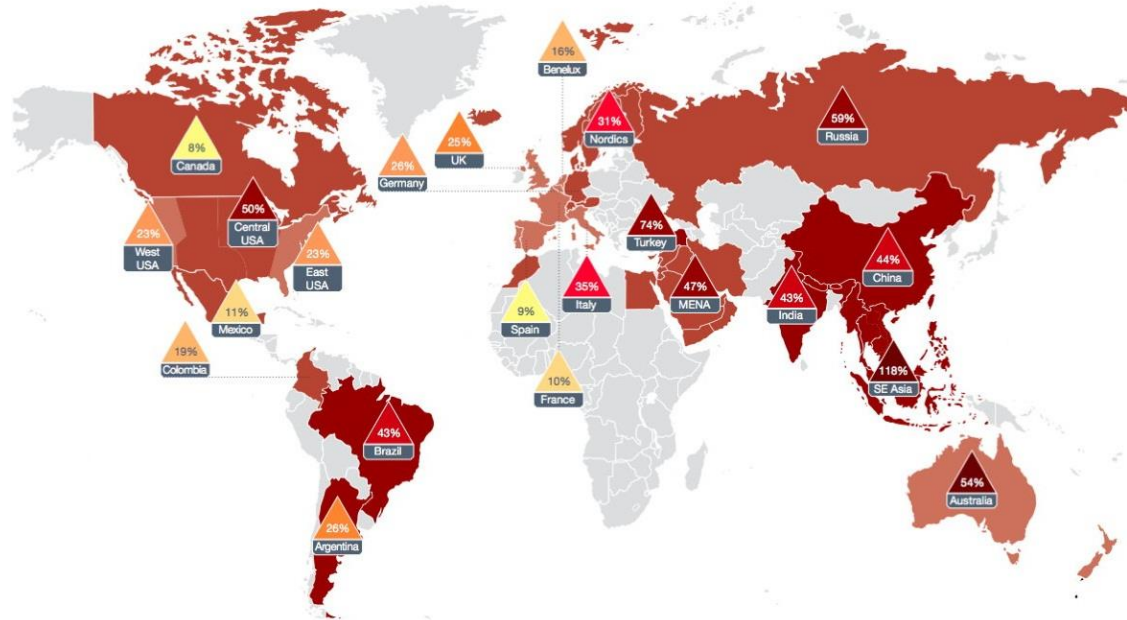
Die steigende Nachfrage nach Cloud Computing treibt den Ausbau neuer Rechenzentren weltweit an. Alle großen Player im Cloud Business sind mit dem Bau neuer Rechenzentren beschäftigt bzw. haben den Bau angekündigt. Nach jüngster Untersuchung der Londoner Beratungs-Agentur Datacenter Dynamics flossen 2013 weltweit 35 Mrd. US\$ in den Bau neuer Rechenzentren.

Der regionale Schwerpunkt der getätigten Investitionen liegt dabei in Asien oder in anderen Schwellenländern. Google errichtet beispielsweise jeweils ein Rechenzentrum in Singapur, Taiwan und Hong Kong. Laut Datacenter-Dynamics⁶⁰ sind die fünf höchsten Wachstumsraten bei den RZ-Investitionen in Südost-Asien (plus 118 Prozent), in der Türkei (plus 74 Prozent), in Russland (plus 59 Prozent), Australien (plus 54 Prozent) und in Mittelamerika (plus 50 Prozent) zu beobachten (siehe Abbildung 4-1).

⁵⁹ Fraunhofer (2012): On The Security of cloud Storage Services

⁶⁰ Vgl. Datacenter Dynamics (2012): Data Center Investment & Growth 2011-2012, <http://www.dcd-intelligence.com/Industry-Census/Data-centre-Market-Growth-2011-2012>.

Abbildung 4-1: Entwicklung und Verteilung der weltweiten Investitionen in den Bau von Rechenzentren



Quelle: Datacenter Dynamics (2012): Data Center Investment & Growth 2011-2012

Die Anbieter von Cloud Computing sind beim Betrieb von Rechenzentrumsstandorten in der Regel nicht nur in ihren Heimatmärkten aktiv. Vielmehr werden Rechenzentren dort aufgebaut, wo große Endkundenpotenziale vorhanden sind und des Weiteren spielen in verstärktem Maße Gründe der Energieversorgung bei der Standortwahl für ein Rechenzentrum eine Rolle.

Die folgende Tabelle 4-1 zeigt, dass die großen Cloud Computing Anbieter Amazon, Google und Microsoft ihre Rechenzentren weltweit verteilt betreiben. Da es sich bei allen drei um amerikanische Unternehmen handelt, zeigt sich auch ein Schwerpunkt der Rechenzentrumsstandorte in Amerika. Amazon und Microsoft betreiben darüber hinaus auch Rechenzentren in Europa (Niederlande, Irland) und Asien. Google ist ebenso in Europa präsent und baut neue Rechenzentren in Asien auf.

Tabelle 4-1: Standorte von Cloud-Rechenzentren bei ausgewählten Anbietern

Amazon		Google		Microsoft		Facebook		Apple	
Ashburn	US	Berkeley County	US	Virginia	US	Prineville	US	Newark	US
Dallas/Fort Worth	US	Council Bluffs	US	Washington	US	Fort City	US	Cupertino	US
Los Angeles	US	Douglas County	US	Dublin	IE	Lulea	SE	Maiden	US
Miami	US	Mayes County	US	Amsterdam	NL			Prineville*	US
Newark	US	Lenoir	US	Singapore	SG				
Palo Alto	US	The Dalles	US	Hong Kong	HK				
Seattle	US	Hamina	FI						
St. Louis	US	Saint-Ghislain	BE						
Amsterdam	NL								
Dublin	IRL								
Frankfurt	DE								
London	UK								
Hong Kong	HK								
Singapore	SG								
Tokyo	JP								

*im Bau

Quelle: Unternehmensangaben

Die bedeutendsten Cloud-Anbieter für Infrastructure as a Service (IaaS), wie etwa Amazon; AT&T, EMC, Google, IBM und Rackspace bieten IaaS in der Regel nicht nur für ihre eigenen Endkunden an. Vielmehr verfügen sie über die notwendigen Rechenzentrumskapazitäten, um ihre IaaS-Leistungen auch an dritte Cloud Computing-Anbieter als Vorleistungsprodukt zu vermarkten. Diese wiederum bauen hierauf ihre eigenen Cloud-Produkte im Bereich PaaS oder SaaS auf.

Ein Beispiel hierfür ist der weltweit bekannte Storage- und Collaboration-Anbieter Dropbox. Das Unternehmen verfügt über keine eigenen Rechenzentren, vielmehr nutzt Dropbox für seine Produktangebote die Vorleistungen von Amazon (Simple Storage Service (S3)). Die genutzten Datenzentren stehen nach Angaben von Dropbox in den USA. Da Amazon jedoch alleine in den USA eine Vielzahl von Rechenzentren betreibt, ist dabei nicht klar, an welchen Ort letztlich die Daten der Dropbox-Nutzer abgespeichert werden. Eine Festlegung auf eine Lokation wäre zwar bei Amazon vom Grundsatz her möglich, jedoch mit zusätzlichen Kosten für den Nachfrager, in diesem Fall Dropbox, verbunden.

Einen Schritt weiter geht das Berliner Unternehmen Zimory. Zimory ist eine Ausgründung der Deutschen Telekom Laboratories, welche eine Forschungs- und Entwicklungsabteilung der Deutschen Telekom AG darstellt. Zimory entwickelt Cloud Management Software für Cloud-Anbieter, die Infrastructure as a Service (IaaS) in privaten, öffentlichen und hybriden Clouds anbieten. Anfang 2009 ging das Unternehmen offiziell mit seiner Idee, einen Internetmarktplatz für Computing-Kapazitäten zu schaffen, an den Markt. Das Ziel von Zimory ist es, ein Cloud Computing-Angebot zu schaffen, das

es ermöglicht, Rechenleistung über einen Handelsplatz zu vermarkten. Als Vorbild gilt hier die Strombörse.

Bisher bietet Zimory nach eigenen Aussagen eine dynamische, unabhängige und elastische Cloud Management-Lösung an, mit der Cloud-Anbieter oder Unternehmen mit eigenen Rechenzentren ihre bereits virtualisierten Ressourcen für den Einsatz als Cloud Services nutzbar machen können.

Zimory möchte Cloud-Anbieter in die Lage versetzen, in kurzer Zeit einen Enterprise-Grade-Cloud-Service aufzubauen, der eine sichere Verarbeitung sensibler Daten in der Cloud ermöglicht. Zudem soll dabei die horizontale Skalierbarkeit sichergestellt werden, um auch im Falle einer nicht erwarteten Nachfrage der Nutzer flexibel agieren zu können. Der heterogene Stack der Plattform ist offen (technikneutral) gestaltet und unterstützt wichtige Virtualisierungssoftware wie VMware, Xen, OracleVM, KVM und Microsoft HyperV. Neben einer offenen Schnittstelle sind ebenfalls bereits Anbindungen für Anbieter von Speicherlösungen von NetApp und EMC⁶¹ vorhanden. Eine API zur Anbindung von Firewall Systemen ist ebenfalls vorhanden. Hier arbeitet Zimory mit Cisco zusammen.

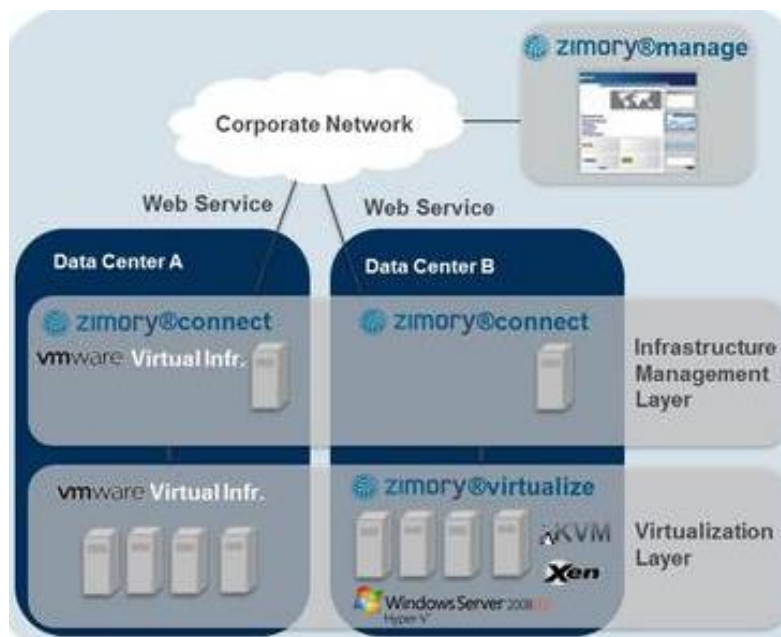
Der Cloud-Stack von Zimory ist technikneutral. Es arbeitet mit VMware-Tools und Plattformen genauso zusammen wie mit solchen von Microsoft, Oracle und Citrix. Enterprise Kunden und Service-Provider vermeiden damit den so genannten Vendor-Lock-in, d. h. die technische Bindung an einen einzelnen Lieferanten. Die folgende Abbildung 4-2 zeigt schematisch ein Beispiel für eine Infrastruktur über zwei Rechenzentren verteilt, unter den Einsatz der Zimory-Software „Cloud Management Architektur“.

Zimory Manage ist das Verwaltungstool für die Cloud-Anbieter und bietet darüber hinaus offene API Schnittstellen zur individuellen Anpassung. Multi-Cloud-Nutzer können über Zimory Manage zu einem oder mehreren „Zimory Connectoren“ eine Verbindung aufbauen. Dann ist es ihnen möglich entsprechenden ihren spezifischen Anforderungen Dienste nachzufragen und Portale und APIs einzurichten.

Zimory-Connect ist als einzelne Instanz in jedem der beteiligten Rechenzentren erforderlich und dient als lokaler Management-Hub der die wichtigsten technischen Features enthält. Dies macht es möglich, dass Benutzer eigenständig auf die lokalen Ressourcen in dem entsprechenden Rechenzentrum zugreifen können.

⁶¹ NetApp und EMC² zählen zu den weltweit führenden Herstellern von Speicherlösungen. Beides sind amerikanische Firmen. Zum EMC² Konzern gehört auch der Virtualisierungsspezialist VMware.

Abbildung 4-2: Zimory Cloud Management Architektur



Quelle: CloudUser(2012): Zimory – Heterogenes Cloud Management aus Deutschland

4.4 Over-the-Top-Anbieter

Basierend auf einem Internetzugang hat der Cloud-Nutzer die freie Wahl, welche Cloud-Dienste er von welchem Anbieter nutzen möchte. Bei den Anbietern von Cloud-Diensten ist zu unterscheiden zwischen integrierten Anbietern und sog. Over-the-Top-Anbietern.

Um einen integrierten Anbietern handelt es sich dann, wenn er dem Cloud-Nutzer sowohl den Internetzugang als auch eigene Cloud-Dienste anbietet. Typische integrierte Anbieter sind in Deutschland z. B. die Deutsche Telekom oder auch United Internet/1&1. Beide Unternehmen gehören in Deutschland zu den größten ISP und bieten gleichzeitig ein breites Portfolio von Cloud Computing-Diensten an.

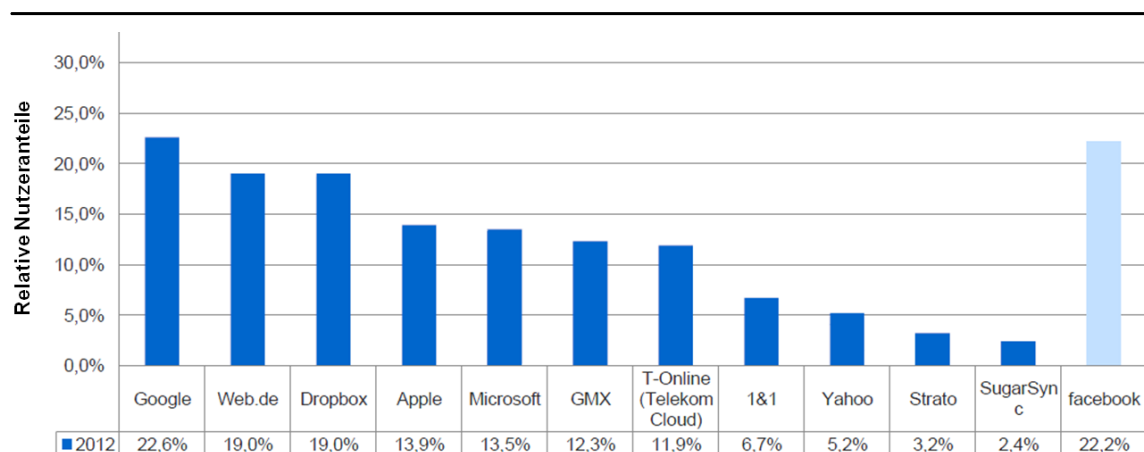
Typische Over-the-Top-Anbieter hingegen treten nicht als ISP auf. Sie bieten ihren Kunden in der Regel weltweit Dienste an. Für die Over-the-Top-Anbieter ist es dabei völlig irrelevant, welchen Netzbetreiber der Endkunde für die Nutzung seiner Cloud-Dienste verwendet. Sie können ihre Dienste flexibel einem größtmöglichen Nutzerkreis anbieten. Bei den Over-the-Top-Anbietern gibt es Akteure, die das gesamte Cloud Computing-Angebot abdecken wie etwa Amazon, aber auch Spezialisten, die hauptsächlich im Collaboration und Storage-Umfeld tätig sind. Hierzu gehören beispielsweise Dropbox und Box.net.

Die integrierten Anbieter verfügen auf Grund ihrer Geschäftstätigkeit als ISP in der Regel über eigene große Rechenzentren. Diese sind dabei häufig auf den nationalen Heimatmärkten angesiedelt. Dies resultiert daraus, dass die integrierten Anbieter zum einen häufig eine starke Position als ISP auf dem Heimatmarkt innehaben und schon vor der Cloud-Ära rechenzentrumsbasierte Dienste wie z. B. E-Mail oder Web-Hosting angeboten haben.

Die Landschaft der Over-the-Top-Anbieter ist sehr heterogen. Hierzu gehören einerseits weltweit führende IT-Unternehmen wie z. B. Amazon, IBM, Microsoft und Google. Diese Unternehmen bieten eine Vielzahl von Cloud Computing-Diensten an und realisieren diese in der Regel in ihren weltweit verteilten Rechenzentren. Andererseits gibt es eine Vielzahl von kleinen, erfolgreich am Markt agierenden Unternehmen wie etwa Dropbox, die über keine eigenen Rechenzentren verfügen und ihr Geschäft auf der Basis von Cloud-Diensten betreiben, die sie bei anderen Cloud-Anbietern als Vorleistung einkaufen.

Das Nebeneinander von integrierten Anbietern und Over-the-Top-Anbietern lässt sich am Beispiel der Cloud-Anbieter für Storage-Dienste in Deutschland veranschaulichen (vgl. Abbildung 4-3). Dabei zeigt sich deutlich, dass der Markt von internationalen Over-the-Top-Anbietern dominiert wird. Als integrierte Anbieter spielen in Deutschland nur United Internet (Web.de; GMX; 1&1) und die Deutsche Telekom (T-Online; Strato) eine Rolle.

Abbildung 4-3: Nutzung von Cloud-Anbietern für Storage-Dienste in Deutschland (Mehrfachnennungen möglich)



Diese bedeutende Rolle der Over-the-Top Anbietern auf dem Markt für Cloud Computing birgt die Gefahr, dass die Netze zur reinen Bitpipe werden und TK-Netzbetreiber zu reinen Daten-Transporteuren zurückgestuft werden. Ihnen fehlt damit aus ökonomi-

scher Sicht die Kundenbeziehung zum privaten Cloud-Nutzer. Das durch Cloud-Anwendungen induzierte Verkehrswachstum ist für die TK-Netzbetreiber angesichts der Dominanz der OTT-Akteure kaum plan- oder steuerbar.

4.5 Angebots- und Produktvielfalt im Überblick

Im Markt für Cloud Computing lässt sich eine Vielzahl von Angeboten diverser Anbieter finden, die auf unterschiedliche Nutzergruppen abzielen und unterschiedliche Cloud Computing-Serviceebenen als Grundlage haben. Abbildung 4-4 zeigt einen Ausschnitt dieser Angebots- und Produktvielfalt.

Abbildung 4-4: Angebots- und Produktvielfalt im Cloud Computing

Anbieter	Beschreibung	IaaS	PaaS	SaaS
Amazon Web Services		x	x	
Elastic Beanstalk	Laufzeitumgebung für Java		x	
Elastic Compute Cloud (EC2)	Virtuelle Server	x		
Relational Database Service (RDS)	Relationales Datenbanksystem		x	
Simple Storage Service (S3)	Massenspeicher	x		
SimpleDB	Einfaches, verteiltes Datenbanksystem		x	
Google		x	x	x
App Engine (GAE)	Laufzeitumgebung für Java, Python und Go		x	
Apps	Mail, Kalender, Office (Docs), etc.			x
Cloud Print (GCP)	Zugriff auf Drucker über das Internet			x
Storage (GS)	Massenspeicher	x		
Microsoft		x	x	x
Dynamics CRM Online	CRM-Software			x
Office 365	Exchange Online, Sharepoint Online, Lync Online			x
Office Web Apps	Word, Excel, PowerPoint und OneNote über das Internet			x
SQL Azure	Relationales Datenbanksystem		x	
Windows Azure	Virtuelle Server	x		
Windows Azure AppFabric	Entwicklungs- und Laufzeitumgebung für .NET		x	
Salesforce			x	x
AppExchange	Marktplatz für Unternehmensanwendungen			x
Chatter	Kollaborationsplattform			x
database.com	Datenbanksystem		x	
force.com	Entwicklungs- und Laufzeitumgebung für Java		x	
salesforce.com	CRM-Software			x
CloudFoundry.com	Laufzeitumgebung für Ruby, Java, Python und andere		x	
Dell		x		x
IT Management SaaS	IT-Verwaltungssoftware			x
Virtual Desktops	Virtuelle Desktops	x		
Virtual Servers	Virtuelle Server	x		
Dropbox	Online-Speicher und Datensynchronisation			x
GoGrid	Virtuelle Server	x		
Heroku	Laufzeitumgebung für Ruby, Java, Python und andere		x	
HP		x		x
Business Service Management on SaaS	Business Service Management Software			x
Cloud Services	Virtuelle Server (Plattform im Aufbau, Beta-Testphase)	x		
IT Service Management on SaaS	IT-Service-Management Software			x
Project and Portfolio Management on SaaS	Projekt und Portfolio Management Software			x
IBM		x	x	x
LotusLive	Kollaborationsplattform			x
SmartCloud Applications Services	Laufzeitumgebung für Java		x	
SmartCloud Enterprise	Virtuelle Server	x		
SmartCloud managed backup services	Datensicherung für Unternehmen			x
NetSuite	ERP und CRM-Software			x
Oracle			x	x
Database Cloud Service	Relationales Datenbanksystem		x	
Fusion CRM	CRM-Software			x
Fusion HCM	Personalmanagement			x
Java Cloud Service	Laufzeitumgebung für Java		x	
Social Network	Kollaborationsplattform			x
Rackspace		x		
Cloud Files	Massenspeicher	x		
Cloud Servers	Virtuelle Server	x		
Remedyforce	IT-Helpdesk			x
SAP Business ByDesign	ERP und CRM-Software			x
SAS OnDemand	CRM-, Marketing- und diverse Branchensoftware			x

Quelle: Karnath (2012)

Cloud Computing ist vom Grundsatz her nicht auf bestimmte Anwendungsfelder beschränkt. Das Konzept zur Bereitstellung und Nutzung von IT-Ressourcen in bedarfsabhängiger, nicht-dedizierter Form kann prinzipiell vielmehr in Internetanwendungen beliebiger Geschäfts- und Lebensbereiche eingesetzt werden.

Ein Blick auf den Markt zeigt, dass die im Internet vorhandenen Servicekategorien und Anwendungen (zumindest derzeit noch) nicht in jedem Fall eine Form von Cloud Computing darstellen. Sie werden z. T. noch in Form traditioneller IT-Anwendungen realisiert. So finden sich in der Aufstellung zum einen Anwendungen wie z. B. Officeprogramme oder Virens Scanner, die immer noch vorwiegend als klassische Software auf dem Computer des Endanwenders installiert werden. Zum anderen können die aufgeführten Anwendungen prinzipiell auch in herkömmlichen Hosting-Umgebungen realisiert werden, d. h. die genutzten IT-Ressourcen sind dann dediziert dem Diensteanbieter zugeordnet und es erfolgt keine dynamische und bedarfsabhängige Anpassung.

Inwieweit eine spezifische Anwendung als Cloud Computing zu charakterisieren ist, hängt somit nicht von der inhaltlichen Ausgestaltung/Funktionalität oder dem Einsatzgebiet ab, sondern wird vielmehr durch die Art und Weise der technischen Leistungserbringung bestimmt. Wenn eine auf Endkunden ausgerichtete Anwendung auf Vorleistungen der Cloud Service-Ebenen SaaS, PaaS oder IaaS basiert, ist sie selbst als Cloud Computing-Anwendung einzuordnen. Bereits heute ist bei nahezu allen internetbasierten Anwendungen im Consumer Bereich davon auszugehen, dass sie in der ein oder anderen Form zumindest in kleinen Teilen Cloud-Vorleistungen nutzen. In jedem Fall wird sich dieser Trend in der Zukunft noch deutlich verstärken.

Google Apps

Unter dem Namen Google Apps sind mehrere Google-Produkte aus dem Cloud Computing-Umfeld unter einem Domain-Namen zusammengefasst, die jeweils ähnliche Funktionen aufweisen wie die sog. Office-Suite Softwarepakete. Zusätzlich zu den innerhalb von Google Apps verfügbaren Applikationen, existiert ein Anwendungsportal (Google Apps Marketplace), in welchem sowohl kostenlose als auch kostenpflichtige Applikationen von Drittanbietern für Google Apps heruntergeladen werden können, um den Funktionsumfang von Google Apps individuell auf die Kundenbedürfnisse anpassen zu können.

Folgende Applikationen sind innerhalb von Google Apps verfügbar:

- Gmail (E-Mail-Programm);
- Google Kalender (Kalender und Terminplanung);
- Google Drive (Online Datenspeicher);
- Google Docs, Tabellen, Präsentationen (Bürosoftware);
- Google Sites (Webseitenerstellung/-management);

- Google Vault (Archivierungs-, Informationssteuerungsfunktion);
- Google Chrome for Business und Google Groups (Internet Browser und Internet Mailinglisten);
- Google AdSense, Google AdWords und Google Analytics (Optimierung von Werbung und Website- und Marketingeffektivität);
- Weitere Apps zu Skriptprogrammierung, API Toolentwicklung, Geopositionierung, Online-Bezahlsysteme;

Es werden drei Produktvarianten von Google Apps angeboten, wovon eine (Google Apps) kostenlos zur Verfügung steht und zwei andere (Google Apps for Business und Google Apps for Business mit Vault) kostenpflichtig sind. Jede Produktvariante hat eine maximale Anzahl von gleichzeitigen Nutzern zu einem bestimmten Zeitpunkt. In der kostenlosen Version sind dies 10 Nutzer, bei den Bezahlversionen hingegen ist die Anzahl unbegrenzt. Die Variante Google Apps for Business mit Vault hat darüber hinaus noch Applikationen zur Aufbewahrung, Archivierung und Durchsuchung von Nachrichten, E-Mails und Chats.

Als weitere Besonderheiten umfassen die Bezahlversion umfassen u. a. die Möglichkeit des Single Sign On (einmalige Anmeldung mit einem Benutzernamen / Passwort zu allen Anwendungsmodulen), eine zusätzliche E-Mail-Verschlüsselung nach Standard-TLS-Protokoll (anstelle des einfachen SMTP-E-Mail-Protokolls und in Ergänzung zur bereits nach SSL verschlüsselten Datenübertragung) und der Synchronisierungsmöglichkeit mit Blackberry Enterprise Servern.

Google Apps erfüllt seit 2012 die ISO-27001-Zertifizierung. Bei ISO 27001 handelt es sich um eine international verbreitete Norm, welche die Anforderungen an Herstellung, Einführung, Betrieb, Kontrolle, Wartung und Verbesserung für Informationssicherheits-Managementsysteme beschreibt. Es werden dabei die IT-Risiken innerhalb der gesamten Organisation während der Zertifizierung berücksichtigt.

Daten, die mit Google Apps bearbeitet und gespeichert werden, verteilen sich auf die verschiedenen Rechenzentren der Cloud-Infrastruktur von Google.⁶² Werden Daten bei Google Apps gelöscht, wird sofort die entsprechende Referenzierung der gelöschten Dateien aus den Speichermedien entfernt. Mit der Zeit werden diese dereferenzierten Daten mit anderen Kundendaten überschrieben. Bei der Entsorgung der Speichermedien am Ende der Nutzungslaufzeit werden die Speicher vollständig und komplett gelöscht. Danach stehen sie entweder zur erneuten Benutzung zur Verfügung oder werden vollständig zerstört.⁶³

Laut internen Angaben von Google, nutzten Ende Oktober 2011 ungefähr 4 Millionen Unternehmen und 40 Millionen Einzelnutzer Google Apps. Google intensiviert dabei

⁶² Vgl. Google (2011), S.4

⁶³ Vgl. Google (2011), S. 5-6.

seine Bemühungen, Google Apps in Behörden, Verwaltungen und öffentlichen Institutionen einzuführen.

Bei Google Apps sind die Daten auf mehreren Rechenzentren in der ganzen Welt verteilt. Das Unternehmen gibt Kunden aus der EU keine Möglichkeit der Festlegung, in welcher Region (bspw. nur in Europa) die Daten gespeichert werden sollen. Personenbezogenen Daten und die Nutzerdaten der Kunden, d. h. Dateien o. ä. innerhalb der Google-Anwendungen, können somit gegebenenfalls auf einem Server gespeichert werden, der sich außerhalb der EU befindet.

Google Docs

Google Docs ist ein SaaS-Produkt von Google, welches als sog. Office-Suite vielfältige Bürokommunikationssoftware beinhaltet wie Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Präsentationssoftware und ein Zeichenprogramm. Google Docs ist auch Teil der unter Google Apps zusammengefassten Cloud-Produkte von Google.

Google Docs zielt mit der kostenlosen Nutzung der Software primär auf Privatanwender. Die in Google Docs erstellten Dokumente werden nicht lokal beim User sondern auf Google-Servern gespeichert. Google Docs funktioniert mit allen bekannten Webbrowsern (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome, Apple Safari) und ist auch in einer mobilen Version für Endgeräte mit Android Betriebssystem verfügbar.

Google Docs ist als kollaborative Office-Lösung konzipiert, um Dokumente in Echtzeit zu verfassen und zwischen mehreren Benutzern (Document Sharing) zu verteilen. Dokumente in Google Docs können gleichzeitig von mehreren Nutzern geöffnet und bearbeitet werden. Nutzer sehen dabei die von anderen Nutzern in Echtzeit durchgeführten Änderungen an Dokumenten, die zudem farblich markiert und so unterschieden werden. Versionshistorien von bearbeiteten Dokumenten geben zusätzlich einen Überblick über unterschiedliche Bearbeitungsstände.

Apple iCloud

Mit der Apple iCloud ist es möglich, Daten auf bis zu zehn Apple- und auch Windows-Geräten synchron zu halten. Schon zuvor hatte Apple mit dem Dienst MobileMe ein ähnliches Produkt im Programm, was durch die Apple iCloud signifikant ergänzt und erweitert wurde. Folgende Funktionalitäten beinhaltet die iCloud:

- Zugriff und Synchronisation mit der iCloud von E-Mails über IMAP (zusätzlich Einrichtung einer E-Mailadresse mit der Syntax yyy@icloud.com), von Nachrichten wie SMS und MMS, von Kontakten und Kalenderdaten, von Lesezeichen des Internetbrowsers Safari und von Musik, die über das Portal iTunes gekauft wurde.
- Remote-Funktionen wie Fernzugriff und –steuerung des iPhone oder iPad und Remote-Verbindung zu einem Apple-Computer über das Internet.

- Synchronisation von Fotos (Fotostream), Daten und sonstigen Dokumenten wie Notizen und Erinnerungen. Ebenfalls Synchronisation aller heruntergeladener Apps auf allen Endgeräten.
- Backup-Funktion von iPhone und iPad für gekaufte Musik, Apps und eBooks, für Fotos und Videos, für sämtliche Einstellungen bei Endgeräten und Apps.

Zur Einrichtung der iCloud ist ein iPhone, iPad oder iPod touch mit dem Apple-Betriebssystem iOS 5 oder ein Mac mit Mac OS X 10.7 notwendig. Ebenfalls möglich ist die Einrichtung auf Rechnern mit dem Betriebssystem Windows Vista bzw. Windows 7, wobei zusätzliche iCloud-Software erforderlich ist.

Aufgrund der oben beschriebenen Funktionalitäten, handelt es sich bei der iCloud um ein SaaS-Produkt, welches in erster Linie privaten Endkunden ermöglichen soll, eine Synchronisierung und ein Backup ihrer Endgeräte und ihrer Daten im Ecosystem rund um die Apple-Hardware zu erstellen, um dann von überall aus auf diese Daten zugreifen zu können. Als Daten werden in diesem Kontext Dateien jeglichen Formats, wie z. B. Geräteeigenschaften, Texte, Software, Musik, Grafiken, Fotos, Bilder, Töne, Videos, oder Nachrichten verstanden.

Windows Azure

Windows Azure ist die seit 2010 eingeführte Cloud Computing-Plattform von Microsoft, mit dem gleichnamigen Cloud-Betriebssystem Windows Azure.⁶⁴ Windows Azure umfasst Elemente der Cloud Service-Ebene PaaS für Entwickler und Administratoren, die eigene Softwareanwendungen ganz oder teilweise in der Cloud ausführen möchten. Mit dieser Cloud Computing-Plattform können Applikationen entwickelt, eingesetzt und verwaltet werden mittels eines weltweiten Netzes von Datenzentren, die allesamt von Microsoft geführt werden. Datenzentren für Azure befinden sich Nordamerika (Chicago, San Antonio, Kalifornien, Virginia), in Asien (Hong Kong, Singapur) und in Europa (Amsterdam, Dublin), mit jeweils 1.800 bis 2.400 Servern. Windows Azure erlaubt es, Applikationen in unterschiedlichen Programmiersprachen und Entwicklungsumgebungen (.NET, Java, PHP, Node.js) zu entwickeln. Windows Azure bietet aber auch Leistungen auf der Cloud Service-Ebene IaaS wie z. B. Rechenkapazität oder Speicherressourcen.

Der Funktionsumfang in Windows Azure ist sehr umfangreich. Die Plattform beinhaltet Applikationen, die entweder einzeln oder kombiniert genutzt werden können, dabei bedarfsabhängig in beliebigen Kapazitätsabstufungen bereitgestellt und nutzungsabhängig abgerechnet werden. Zu diesen Diensten gehören solche, mit denen Anwendungen in der Cloud ausgeführt, andere, mit denen verschiedene Daten in der Cloud gespeichert und wieder andere, mit denen Elemente der Cloud mit Ressourcen aus einem

⁶⁴ Vgl. <http://blogs.msdn.com/b/windowsazure/archive/2010/02/01/windows-azure-platform-now-generally-available-in-21-countries.aspx>

eigenen Rechenzentrum bzw. lokal ausgeführten Client-Anwendungen verknüpft werden können.⁶⁵

Folgende Tabelle soll die einzelnen Komponenten als Teil der gesamten Windows Azure Plattform schematisch darstellen:

Tabelle 4-2: Überblick über Windows Azure Komponenten

Funktionsgruppe	Azure Service	Beschreibung
Ausführung eigener Anwendungen	Websites	Hosting kleinerer Webapps
	Cloud Services	Hosting hoch-skalierbarer Apps
	Virtual Machines	Hosting von virtuellen Maschinen
Datenmanagement	Tables	Non-SQL-Datenbank
	Blobs	Speicherung großer Binärdaten
	SQL Database	Relationaler Datenbankdienst
	SQL Reporting	Berichterstellung
	Hadoop	Big-Data-Berechnungen
Caching	Shared Caching	Caching für verteilte Komponenten
	Caching	Caching in bestehenden Apps
	CDN	Caching von Blob-Daten
Datenintegration	SQL DataSync	Synchronisation von SQL DBs
Anwendungsintegration	Queues	Nachrichtenversand
	Service Bus	Internet Service Bus
Netzwerkintegration	Connect	Maschine-zu-Maschine VPN
	Virtual Network	Netzwerk-zu-Netzwerk VPN
	Traffic Manager	Routing von Service-Zugriffen
Medienverwaltung	Media Services	Medien-Workflows in der Cloud
Mobile Apps	Mobile Services	Dienste für Connected Mobile Apps

Quelle: Sirtl (2012), S. 2

Der Betrieb und die Ausführung von Anwendungen in der Cloud können bei Windows Azure durch Websites, Cloud Services und durch virtuelle Maschinen ermöglicht werden. Diese drei Modelle können unabhängig oder auch in Kombination genutzt werden. Websites stellen dabei eine relativ kostengünstige Integrationsmöglichkeit für Cloud-basierte Web-Anwendungen dar, Cloud Services sind für den Aufbau und Betrieb hochskalierbarer, hoch-verfügbarer Anwendungen bei minimalem Administrationsaufwand

⁶⁵ Vgl. ebenda.

vorgesehen, während schließlich der dritte Azure Service den Betrieb von vorgefertigten oder eigenen virtuellen Maschinen ermöglicht.⁶⁶

Der Umgang mit Datenbanken und die Speicherung von Daten werden in Windows Azure mit unterschiedlichen Speichertypen ermöglicht. Für die relationale Datenspeicherung gibt es SQL Database, für Non-SQL-Speicherung von Daten Table Storage, für große Binärdaten (Dokumente, Videos, Musik, statische Webseiteninhalte) das sog. Blob Storage (Blob = binary large object).

Office 365

Office 365 von Microsoft ist eine SaaS-Cloud-Anwendung, die ein Paket von Software-Applikationen vollständig in die Cloud verlagert und nicht mehr, wie traditionelle Office-Pakete zuvor, lokal auf einem Rechner installiert und speichert. Office 365 richtete sich als SaaS-Applikation ausschließlich an Unternehmenskunden und beinhaltet dabei in Abhängigkeit unterschiedlicher Produktvarianten folgende Produkte:

- Microsoft Exchange Online (E-Mail, Kalender, Kontakte)
- Microsoft SharePoint Online (Projektmanagement)
- Microsoft Lync Online (Server- und Unternehmenskommunikation)
- Microsoft Professional Plus (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access, InfoPath)
- Office Web Apps (Browser-basierte Versionen von Excel, Word und Powerpoint ohne Client-Installation)

In der Version Office 365 Home für Privatkunden sind weitere Produkte wie z. B. Word, Excel oder Power Point enthalten. Das Hosting der Microsoft Online Services erfolgt in den Microsoft-Rechenzentren, z. B. in Dublin.

Amazon Web Services

Amazon hat sein Portfolio an Cloud-Services kontinuierlich und massiv ausgebaut. Das Unternehmen deckt heute alle Cloud Organisationsformen ab und wendet sich mit seinem IaaS- sowie PaaS schwerpunktmäßig an Kunden aus dem Mittelstand und an Großkunden. Insgesamt nahezu 30 verschiedene Cloud-Dienste umfasst Amazon Web Services (AWS) mittlerweile. Besonders jüngere Angebote wie der Simple Workflow Service (SWF) für die Entwicklung komplexer Geschäftsanwendungen in der Amazon-Cloud oder auch AWS Marketplace lassen einen klaren Trend erkennen: Amazon dehnt sich mit AWS vom reinen IaaS-Anbieter auf die PaaS-Ebene aus. Im Segment der öffentlichen IaaS-Cloud-Dienste werden die AWS als Marktführer angesehen. Kunden wie Pfizer, Adobe Systems, Shell und die NASA benutzen AWS Produkte. Auch in

⁶⁶ Vgl. Sirtl (2012), S. 4.

Deutschland haben Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen sich für AWS Angebote entschieden.⁶⁷

Folgende Dienste sind derzeit Teil der Amazon Web Services:

- Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) - skalierbare Rechenkapazität
- Amazon Elastic MapReduce - Datenmengen verarbeiten
- Auto Scaling - EC2-Kapazitäten anpassen
- Elastic Load Balancing – automatische Verteilung von Anwendungsverkehr
- Amazon CloudFront - Web-Service für die Bereitstellung von Inhalten
- Amazon Relational Database Service (RDS) - relationalen Datenbank in der Cloud
- Amazon DynamoDB - NoSQL-Datenbank-Service
- Amazon SimpleDB - NoSQL-Datenbank-Service für kleinere Datenmengen
- Amazon ElastiCache - Webservice für das Bereitstellen von In-Memory Cache in der Cloud
- AWS Identity and Access Management (IAM) - Zugriffssteuerung
- Amazon CloudWatch - Monitoring von AWS Cloud-Ressourcen
- AWS Elastic Beanstalk - automatische Kapazitätsbereitstellung und Lastverteilung
- AWS CloudFormation – Sammlung von zugehörigen AWS-Ressourcen
- Amazon CloudSearch - Suchdienst in der Cloud
- Amazon Simple Workflow Service (SWF) - Verarbeitungsschritte in Anwendungen zu koordinieren
- Amazon Simple Queue Service (SQS) - automatisierte Arbeitsabläufe zwischen Webservices
- Amazon Simple Notification Service (SNS) - Plattform zur Veröffentlichung von Nachrichten aus einer Anwendung
- Simple E-Mail Service (Amazon SES) - Versand von Transaktions-E-Mails für Unternehmen
- AWS Marketplace – Verkaufsplattform für AWS-Anwendungen
- Amazon Route 53 - Domain Name System (DNS)-Webservice
- Amazon Virtual Private Cloud (VPC) – Definition virtueller Netzwerkarchitektur

⁶⁷ Die Zeitschrift „Der Spiegel“ setzt den S3-Speicherdienst ein, der Flughafen Nürnberg hat seine Web-Anwendungen zu Amazon ausgegliedert. Verschiedene Fraunhofer-Institute und andere Forschungseinrichtungen verwenden die Cloud Computing-Dienste von AWS für intensive und komplexe Berechnungen, vgl. <http://www.cio.de/retailit/analysen/2882708/index6.html>

- AWS Direct Connect – Herstellung von Netzwerkverbindungen
- Amazon Flexible Payments Service (FPS) - digitaler Geldtransfer
- Amazon DevPay - Fakturierungs- und Kontoverwaltungs-Service
- Amazon Simple Storage Service (S3) - Datenspeicher-Infrastruktur
- Amazon Elastic Block Store (EBS) - Datenträger für die Speicherung
- AWS Import/Export - Bewegung großer Datenmengen in und aus AWS
- AWS Storage Gateway - lokale Softwareanwendung mit Cloud-basiertem Speicher verbinden
- Alexa Web Information Service - Daten zu Strukturen und Datenverkehrsmustern im Web
- Alexa Top Sites - Daten zum Datenverkehr für Websites

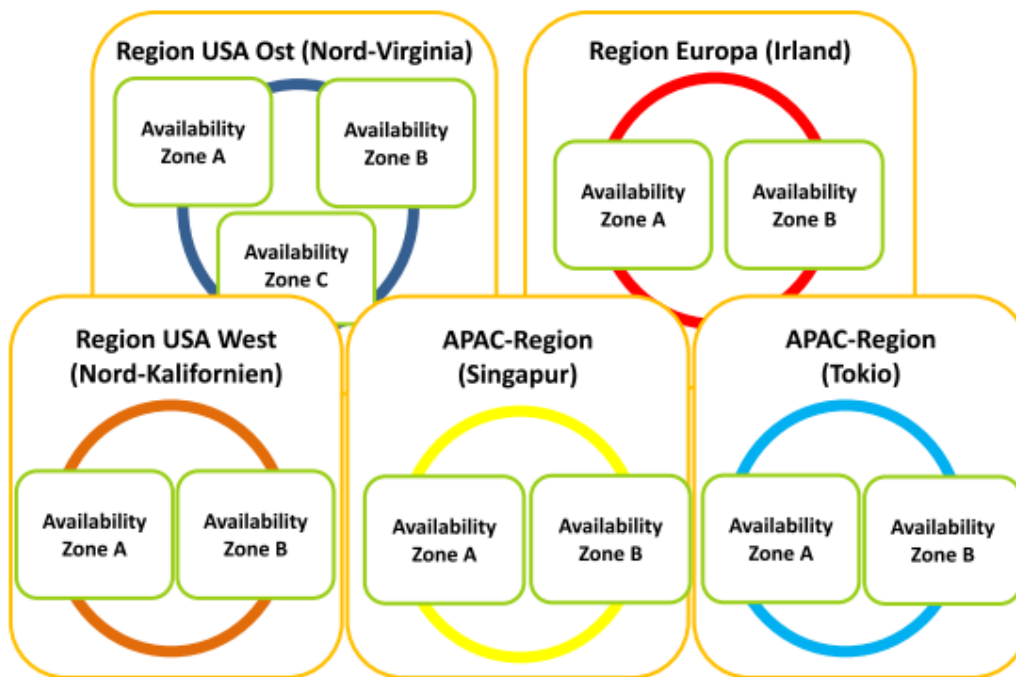
AWS ist nicht auf eine bestimmte Kundengruppe beschränkt. Die Angebotsstrategie sieht eher vor, dass man lösungsorientiert an Kundenanforderungen herangeht. In den wichtigen Regionen USA, Europa und Asien wendet man sich bevorzugt an Online-Händler auf der bestehenden Amazon-Plattform als auch an eigenständige E-Commerce-Anbieter. Diese delegieren eine ganze Reihe von IT-Aufgaben an den Cloud-Anbieter, von klassischen wie Bezahlssysteme über E-Mail-Dienste für Bestellprozesse und den Kundensupport.

Amazon garantiert eine Verfügbarkeit seiner Cloud-Dienste u. a. dadurch, dass im Falle eines Funktionsausfalls der Datenverkehr der von dem vom Ausfall betroffenen Server-Bereiche zu einem anderen weitergeleitet wird. Kommt es in einem Rechenzentrum zu einem Funktionsausfall, werden genügend Kapazitäten zur Verfügung gestellt, damit der Datenverkehr auf die verbliebenen Rechenzentren aufgeteilt werden kann. Bezüglich der Ausfallsicherheit stehen mehrere geografische Regionen (bspw. EU mit Rechenzentrum Dublin) und mehrere sog. „Availability Zones“ innerhalb jeder dieser geografischen Regionen zur Verfügung. Availability Zones sind dabei eigenständige Standorte, die derart aufgebaut sind, dass sie von Fehlern in anderen Availability Zones unabhängig sind.⁶⁸

Die Regionen befinden sich in unterschiedlichen geografischen Zonen mit unterschiedlichem Risikoprofil was Ausfallwahrscheinlichkeit angeht. Abbildung 4-5 soll diesen Aufbau verdeutlichen, wobei Amazon derzeit fünf Regionen mit mehreren Availability Zones unterscheidet.

68 Vgl. ebenda.

Abbildung 4-5: Regionalisierung der Amazon-Infrastruktur



Quelle: Amazon

Deutsche Telekom AG

Das Cloud-Computing Angebot der Deutschen Telekom wendet sich explizit an die drei Zielgruppen Privatkunden, Geschäftskunden/Mittelstand und Großunternehmen. Die Strategie sieht vor, dass Cloud Computing-Leistungen differenziert für diese Segmente zur Verfügung gestellt werden.

Das Sicherheitskonzept der Cloud-Angebote der Deutschen Telekom bzw. von T-Systems sieht Identity- und Access-Management, Schutz vor externen Cyberangriffen und verschlüsselte Übertragung per IP-VPN-Tunnel vor. Die Daten werden bei der Übertragung mit SSL 128-bit verschlüsselt.

Das Cloud-Angebot der Deutschen Telekom umfasst u.a. folgendes Produktportfolio⁶⁹:

- Mediacenter mit 25 GB Online-Speicher für Fotos/Videos und weitere Daten sowie Sharing-Funktionalität.
- E-Mail mit Spam- und Virenschutz sowie, integriertem Kalender und Adressbuch.

⁶⁹ Vgl. <http://ebs07.telekom.de/cloudcenter/web/de#all>.

- Zusatzfunktionen wie Sicherheitspaket, Telekom Music Shop und Synchronisation mit Smartphones.

Für die Kunden der Deutschen Telekom besteht unter www.telekom.de/mediencenter die Möglichkeit, mit jedem webfähigen Endgerät - per Smartphone, Computer oder Tablet und mit Telekom Entertain auch auf dem Fernsehschirm – auf die eigenen Daten zurückzugreifen.⁷⁰

Das auf Privatkunden ausgerichtete Cloud-Angebot der Deutschen Telekom umfasst zum einen eine E-Mail-Komponente, zum anderen sind SMS/MMS und Fax über das Cloudprodukt nutzbar.

United Internet / 1&1

Das Cloud-Angebot von 1&1 erstreckt sich im Kern auf die Bereiche Webhosting und Virtual Server. Beim *Webhosting* von 1&1 wird Webspace zur Verfügung gestellt sowie auf den Webservern von 1&1 untergebracht. Es werden seitens des Unternehmens insgesamt vier unterschiedliche Produktdifferenzierungen angeboten, jeweils auf Basis von Linux oder Windows. Weiterhin sind Serviceleistungen wie Webseitenvermarktung, Suchmaschinenoptimierung und Umfang des Kundenservice je nach Webhosting-Paket unterschiedlich stark ausgestaltet. Außerdem ist eine optionale Mailkomponente mit bis zu 100 Postfächern bei einer Speicherkapazität von bis zu 2GB im Webhosting-Angebot enthalten.

Als wichtige Sicherheitsmerkmale verwenden die Cloud-Angebote konfigurierbare Firewalls und dedizierte SSL-Zertifikate mit bis zu 256-bit Verschlüsselung.

⁷⁰ Vgl. <http://www.telekom.com/innovation/129088>.

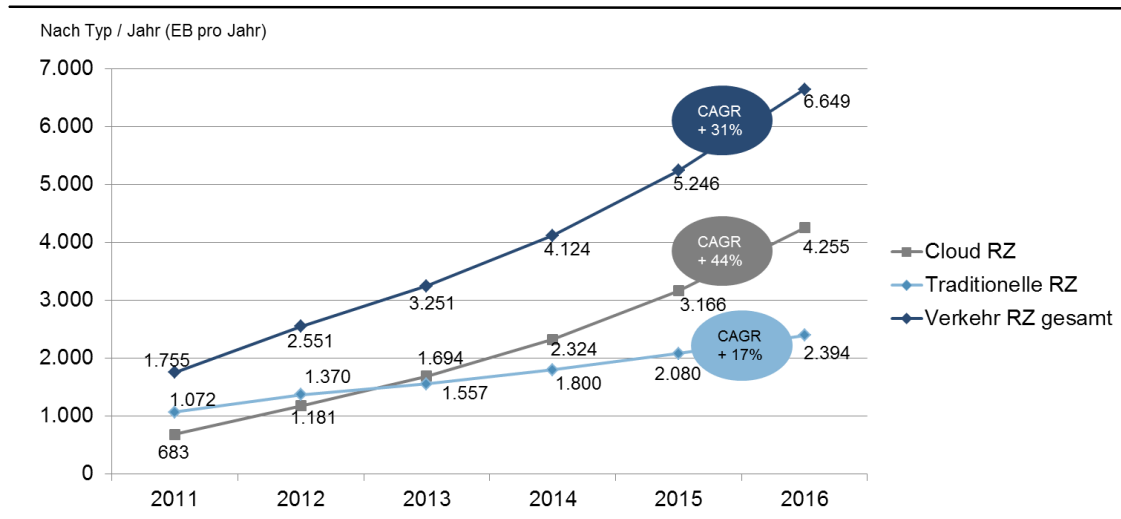
5 Ergebnisse der Studie

Die derzeit im Markt vorfindlichen Cloud-Dienste und Angebote sind außerordentlich vielfältig und ein Ende der Entwicklungsdynamik ist derzeit nicht absehbar. Cloud Computing umfasst weitaus mehr Dienste als nur die im Fokus der Medien stehende Speicherung von Daten oder der Bezug von Rechenleistung. Daher ist es nach derzeitigem Stand sehr schwierig, wenn nicht sogar unmöglich, eine Taxonomie der verschiedenen Diensteararten zu entwickeln. Die von uns analysierten Geschäftsmodelle zeigen, dass viele Anbieter derzeit mit den unterschiedlichsten Dienstangeboten im Markt experimentieren und es der künftigen Marktdynamik überlassen bleibt, welche hiervon sich nachhaltig etablieren werden.

Zu den weiteren Erkenntnissen gehört, dass der aus Clouddiensten resultierende IP-basierte Verkehr kaum sinnhaft vom bisherigen Internetverkehr abgegrenzt werden kann. Die von uns befragten Anbieter machen, wie oben dargestellt, deutlich, dass auch klassische Dienste wie z. B. Telefonie, E-Mail oder Instant Messaging immer häufiger auf der Basis von Cloud-Technologien oder entsprechenden Dienstplattformen erbracht werden. Der größte Teil des Internet Traffic wird hierbei von Rechenzentren ausgesendet und auch dort terminiert. Cisco geht in seinen Prognosen davon aus, dass die jährlichen Wachstumsraten des Internet Traffics durch Rechenzentren weltweit bis zum Jahr 2016 durchschnittlich 44% betragen werden und auch danach weiter exponentiell wachsen werden.

Die von uns befragten Experten gehen davon aus, dass Cloud Dienste hierfür einen treibenden Faktor darstellen. Da jedoch viele hochbitratige Anwendungen wie z. B. der Austausch von Videodateien (sowohl relativ als auch absolut) auch künftig den größten Anteil des Internetverkehrs ausmachen und dabei über Cloudplattformen abgewickelt werden, gilt einmal mehr, dass eine Abgrenzung von Cloud-generiertem und nicht Cloud-generiertem Verkehr über die Ebene der Anwendungen nur sehr schwer möglich ist.

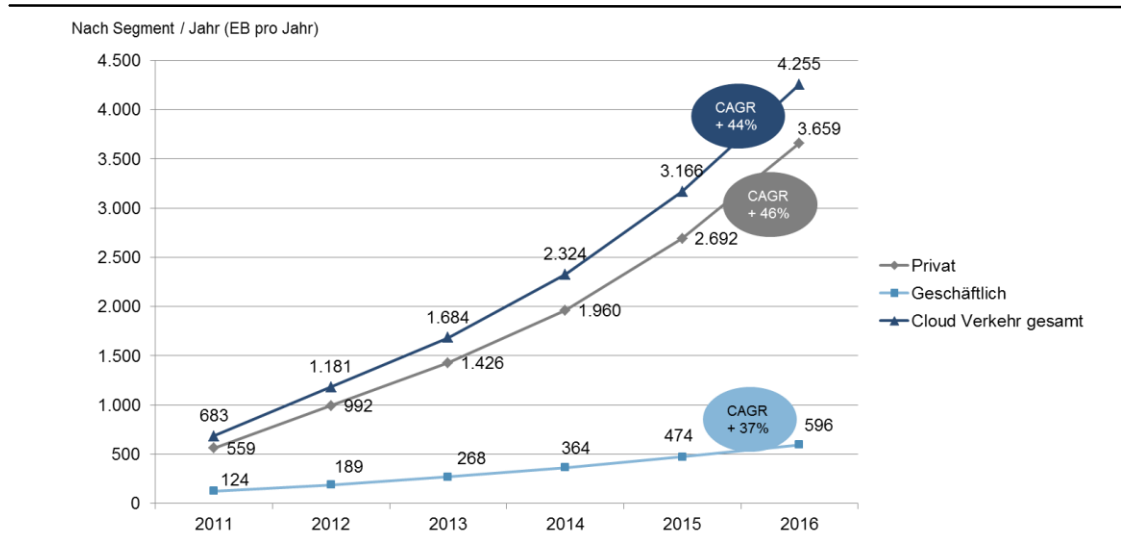
Abbildung 5-1: Entwicklung des weltweiten RZ-Verkehrs



Quelle: Cisco Global Cloud Index 2012

Der wichtigste Treiber dieser Entwicklung ist in den privaten Anwendungen zu sehen, auch wenn die mit Cloud-Diensten erzielten Umsätze derzeit zu rund zwei Dritteln mit geschäftsorientierten Anwendungen erzielt werden. Die Nutzung von Medienangeboten wie Videos, Fotos und Audiodateien über das Internet war schon in der Vergangenheit der entscheidende Auslöser für das Verkehrswachstum im Internet. Rund 75% des gesamten IP-Verkehrs in Deutschland sind hierauf zurückzuführen und dieser Anteil wird sich künftig noch erhöhen. Dies bedeutet, dass der durch private Nutzung induzierte Verkehr sechsmal stärker wachsen wird als der aus geschäftlichen Aktivitäten resultierende Verkehr.

Abbildung 5-2: Entwicklung des Cloud IP Traffic (2011-2018)



Quelle: Cisco Global Cloud Index 2012

In Bezug auf die Verkehrscharakteristika gehen die Anbieter auf Grund ihrer bisherigen Erfahrungen davon aus, dass durch Cloud-Dienste eher mit einem schubartigen denn mit einem konstanten Verkehr zu rechnen ist. Dies hängt im Wesentlichen mit der ökonomischen Ausrichtung vieler Geschäftsmodelle zusammen, wobei Cloud-Dienste je nach Bedarf und nach Preis in Anspruch genommen werden. Dabei dominiert sowohl bei privaten Nutzern als auch bei geschäftlichen Nutzern ein zunehmend symmetrisches Nutzungsverhalten etwa durch die Vielzahl an Up- sowie an Downloads im Medienbereich.

Die Verlagerung typischer Medieninhalte und Angebote ins Internet durch die Hersteller sowie die immer selbstverständlicher werdende Nutzung von Diensten wie Youtube machen deutlich, dass in den Augen der Experten damit zugleich auch die Echtzeitanforderungen an eine hohe Bandbreitenverfügbarkeit steigen. Nach Angaben der Deutschen Telekom lädt heute jeder private Nutzer durchschnittlich 15 bis 20 GB pro Monat aus dem Internet herunter und viele Dienste weisen einen hohen Echtzeitbezug wie z. B. Videospiele auf.

Hinzu kommt, dass die starke Präsenz in sozialen Netzwerken und die Kultur des Datasharing das Wachstum der hohen Datenraten weiter vorantreibt. Daher kann davon ausgegangen werden, dass Cloud-Anwendungen, die zunehmend etwa auch für den Austausch von Medien genutzt werden, künftig einen erheblichen Beitrag zum Verkehrswachstum im Internet leisten werden.

6 Literatur

- BITKOM (2012a): Die Zukunft der Consumer Electronics 2012: Marktentwicklung und Trends, Berlin
- BITKOM (2012b): Pressemitteilung: Umsatz mit Cloud Computing steigt über 5 Milliarden Euro, Berlin
- BITKOM (Hg.) (2008): Rechtliche Aspekte von Outsourcing in der Praxis. Leitfaden, Berlin
- BITKOM (Hg.) (2009): Cloud Computing – Evolution in der Technik, Revolution im Business, BITKOM-Leitfaden, Oktober 2009, Berlin
- BITKOM (Hg.) (2010): Cloud Computing – Was Entscheider wissen müssen. Ein ganzheitlicher Blick über die Technik hinaus. Positionierung, Vertragsrecht, Datenschutz, Informationssicherheit, Compliance. Leitfaden, Berlin,
- BITKOM (Hg.) (2010a): BITKOM Forum Recht 2010 „Cloud Computing“, Vorträge, Berlin
- Bleich, Holger (2012): Sturm in die Wolke. Der Cloud-Boom und was Sie davon haben, in: c't 2012, Heft 10, S. 102-105
- BMW (Hg.) (2012): Das Normungs- und Standardisierungsumfeld von Cloud Computing. Eine Untersuchung aus europäischer und deutscher Sicht unter Einbeziehung des Technologieprogramms „Trusted Cloud“, Kurzfassung, Berlin, Februar 2012
- Böhm, Markus et al. (2009): Cloud Computing: Outsourcing 2.0 oder ein neues Geschäftsmodell zur Bereitstellung von IT-Ressourcen?, Fachzeitschrift für Information, Management und Consulting, Ausgabe 2/2009
- Briscoe, Gerard und Alexandros Marinos (2009): „Digital Ecosystems in the Clouds: Towards Community Cloud Computing“, in: IEEE (Hrsg.): “3rd IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies”, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), New York, USA, S. 103-108.
- Büllingen, Franz; Hillebrand, Annette (2012): IT-Sicherheitsniveau in kleinen und mittleren Unternehmen, WIK-Consult Studie im Auftrag des BMWi, September 2012
- CISCO (2003): Storage-Lösungen von Cisco im Überblick. SAN-Lösungen zum Sichern und Wiederherstellen von Daten mit der Produktfamilie MDS 9000 und dem Storage Router SN 5248
- CloudUser (2012): Zimory – Heterogenes Cloud Management aus Deutschland
- Convios Consultation (2012): Kommunikation, Datensicherheit und Cloud-Computing im Internet
- Datacenter Dynamics (2012): Data Center Investment & Growth 2011-2012, <http://www.dcd-intelligence.com/Industry-Census/Data-centre-Market-Growth-2011-2012>
- Eurocloud Deutschland_eco e.V. (Hg.) (2010): Cloud Computing. Recht, Datenschutz und Compliance. Leitfaden, Köln
- Europäische Kommission (2012): Kommission schlägt umfassende Reform des Datenschutzrechts vor, um Nutzern mehr Kontrolle über ihre Daten zu geben und die Kosten für Unternehmen zu verringern, Pressemitteilung v. 25.01.2012

European Commission (2012): Unleashing the Potential of Cloud Computing in Europe COM (2012) 529 final, Brussels, 27.9.2012

Experton (2011): "Cloud Vendor Benchmark 2011", abrufbar unter http://www.expertongroup.de/fileadmin/experton/studien/2011/Experton_Cloud%20Vendor%20Benchmark_Info_280111_final.pdf

Experton Group (2011): Cloud Computing in Deutschland – 2011 - 2016

Forrester (2011): Sizing The Cloud - Understanding And Quantifying The Future Of Cloud Computing

Fraunhofer AISEC (Hg.) (2009): Cloud Computing Sicherheit. Schutzziele. Taxonomie. Marktübersicht (Werner Streitberger, Angelika Ruppel), München, September 2009

Fraunhofer SIT (Hg.) (2012): On the Security of Cloud Storage Services, SIT Technical Reports, Darmstadt, March 2012

Frost & Sullivan (Hg.) (2011): Lawful Interception: A Mounting Challenge for Service Providers and Governments, London etc.

Herzwurm, Georg und Stefan Jesse und Wolfram Pietsch (2010): „Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsketten im Cloud Computing“, in: Fähnrich, Klaus-Peter und Bogdan Franczyk (Hrsg.): „Informatik 2010. Service Science – Neue Perspektiven für die Informatik“, Band 1, S. 741-748

<http://2kit.de/Cloud-Computing-Grundlagen-Modelle-Und-Marktuebersicht.pdf>

IDC (2012): Quantitative Estimates of the Demand for Cloud Computing in Europe and the Likely Barriers to Up-take - SMART 2011/0045 – D4 –Final Report, Juli 2012.

IPOQUE (Hg.) (2012): Smart Traffic Management. Policy Control and Charging in Converging IP Networks, White Paper, Leipzig

Jaekel, Michael und Achim Luhn (o. J.): „Cloud Computing – Geschäftsmodelle, Wertschöpfungsdynamik und Kundenvorteile“, abrufbar unter <http://2011.cebit-studiomittelstand.de/deDE>

Jesse, Stefan (2010): „Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsketten im Cloud Computing“, abrufbar unter http://cdn1.hlmc.de/tl_files/cloudconf/Downloads/Downloads%2017.11.2010/Gesch%C3%A4ftsmodelle%20und%20Wertsch%C3%B6pfungsketten%20im%20Cloud%20Computing.pdf

Karnath, Christian (2012): „Cloud Computing –Grundlagen, Modelle und Marktübersicht für Entscheidungsträger“

Kett, Holger und Nico Weiner und Jürgen Falkner (2012): „Die Grundlagen zu Geschäftsmodellen und Cloud-Anwendungen“, in: Spath, Dieter et al. (Hrsg.): „Neue Geschäftsmodelle für die Cloud entwickeln. Methoden, Modelle und Erfahrungen für »Software-as-a-Service« im Unternehmen“, Stuttgart, S. 16-38

Kossel, Axel (2012): Giga-Wolken. Cloud-Angebote von Apple, Google, Microsoft und der Telekom, in: c't 2012, Heft 10, S. 106-109

- Krcmar, H. (2009): TU München-SIS Collaboration „IT Value Innovations for Industry Für die Challeng-es“, in: Böhm, Markus et al. (2009)
- Lenk, Alexander et al. (2009): What's Inside the Cloud? An Architectural Map of the Cloud Landscape. FZI Karlsruhe/Hewlett-Packard Laboratories
- Lenk, Alexander et al.: What's Inside the Cloud? An Architectural Map of the Cloud Landscape. FZI Karlsruhe/Hewlett-Packard Laboratories, 2009
- Meinel, Christoph; Willems, Christian; Roschke, Sebastian; Schnjakin, Maxim (2011): Virtualisierung und Cloud Computing: Konzepte, Technologiestudie, Marktübersicht, Technische Berichte Nr. 44 des Hasso-Plattner-Instituts für Softwaresystemtechnik an der Universität Potsdam, Potsdam
- Mohammad, Ashraf Bany und Jörn Altmann und Junseok Hwang (2010): „Cloud Computing Value Chains: Understanding Businesses and Value Creation in the Cloud“, in: Neumann, Dirk et al. (Hrsg.): „Economic Models and Algorithms for Distributed Systems“, Basel, 2010, S. 187-208
- National Institute of Standards and Technology (2011): The NIST Definition of Cloud Computing, Special Publication 800-145, September 2011
- Richtlinie 95/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. Oktober 1995 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten und zum freien Datenverkehr
- Roland Berger Strategy Consultants, SAP (Hg.) (2011): Survival of the Fittest, Wie Europa in der Cloud eine führende Rolle übernehmen kann, München, Walldorf
- Roundup of Cloud Forecasts and Market Estimates (2012): <http://www.cloudcomputing-news.net/blog-hub/2012/jan/18/roundup-of-cloud-computing-forecasts-and-market-estimates-2012/>
- Sirtl, Holger (2012): „Überblick über Windows Azure“, Microsoft SDK 1.7, <http://blogs.msdn.com/b/hsirtl/>
- T-Systems (2012): „White Paper Cloud Security“, Bonn

Als "Diskussionsbeiträge" des Wissenschaftlichen Instituts für Infrastruktur und Kommunikationsdienste sind zuletzt erschienen:

- Nr. 305: Marcus Stronzik, Margarethe Rammerstorfer, Anne Neumann:
Wettbewerb im Markt für Erdgaspeicher, März 2008
- Nr. 306: Martin Zauner:
Wettbewerbspolitische Beurteilung von Rabattsystemen im Postmarkt, März 2008
- Nr. 307: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:
Geschäftsmodelle und aktuelle Entwicklungen im Markt für Broadband Wireless Access-Dienste, März 2008
- Nr. 308: Christian Growitsch, Gernot Müller, Marcus Stronzik:
Ownership Unbundling in der Gaswirtschaft – Theoretische Grundlagen und empirische Evidenz, Mai 2008
- Nr. 309: Matthias Wissner:
Messung und Bewertung von Versorgungsqualität, Mai 2008
- Nr. 310: Patrick Anell, Stephan Jay, Thomas Plückebaum:
Netzzugang im NGN-Core, August 2008
- Nr. 311: Martin Zauner, Alex Kalevi Dieke, Torsten Marner, Antonia Niederprüm:
Ausschreibung von Post-Universaldiensten. Ausschreibungsgegenstände, Ausschreibungsverfahren und begleitender Regulierungsbedarf, September 2008
- Nr. 312: Patrick Anell, Dieter Elixmann:
Die Zukunft der Festnetzbetreiber, Dezember 2008
- Nr. 313: Patrick Anell, Dieter Elixmann, Ralf Schäfer:
Marktstruktur und Wettbewerb im deutschen Festnetz-Markt: Stand und Entwicklungstendenzen, Dezember 2008
- Nr. 314: Kenneth R. Carter, J. Scott Marcus, Christian Wernick:
Network Neutrality: Implications for Europe, Dezember 2008
- Nr. 315: Stephan Jay, Thomas Plückebaum:
Strategien zur Realisierung von Quality of Service in IP-Netzen, Dezember 2008
- Nr. 316: Juan Rendon, Thomas Plückebaum, Iris Bösch, Gabriele Kulenkampff:
Relevant cost elements of VoIP networks, Dezember 2008
- Nr. 317: Nicole Angenendt, Christian Growitsch, Rabindra Nepal, Christine Müller:
Effizienz und Stabilität des Stromgroßhandelsmarktes in Deutschland – Analyse und wirtschaftspolitische Implikationen, Dezember 2008
- Nr. 318: Gernot Müller:
Produktivitäts- und Effizienzmessung im Eisenbahninfrastruktursektor – Methodische Grundlagen und Schätzung des Produktivitätsfortschritts für den deutschen Markt, Januar 2009
- Nr. 319: Sonja Schölermann:
Kundenschutz und Betreiberauflagen im liberalisierten Briefmarkt, März 2009
- Nr. 320: Matthias Wissner:
IKT, Wachstum und Produktivität in der Energiewirtschaft - Auf dem Weg zum Smart Grid, Mai 2009
- Nr. 321: Matthias Wissner:
Smart Metering, Juli 2009
- Nr. 322: Christian Wernick unter Mitarbeit von Dieter Elixmann:
Unternehmensperformance führender TK-Anbieter in Europa, August 2009
- Nr. 323: Werner Neu, Gabriele Kulenkampff:
Long-Run Incremental Cost und Preissetzung im TK-Bereich - unter besonderer Berücksichtigung des technischen Wandels, August 2009
- Nr. 324: Gabriele Kulenkampff:
IP-Interconnection – Vorleistungsdefinition im Spannungsfeld zwischen PSTN, Internet und NGN, November 2009

- Nr. 325: Juan Rendon, Thomas Plückebaum, Stephan Jay:
LRIC cost approaches for differentiated QoS in broadband networks, November 2009
- Nr. 326: Kenneth R. Carter with contributions of Christian Wernick, Ralf Schäfer, J. Scott Marcus:
Next Generation Spectrum Regulation for Europe: Price-Guided Radio Policy, November 2009
- Nr. 327: Gernot Müller:
Ableitung eines Inputpreisindex für den deutschen Eisenbahninfrastruktursektor, November 2009
- Nr. 328: Anne Stetter, Sonia Strube Martins:
Der Markt für IPTV: Dienstverfügbarkeit, Marktstruktur, Zugangsfragen, Dezember 2009
- Nr. 329: J. Scott Marcus, Lorenz Nett, Ulrich Stumpf, Christian Wernick:
Wettbewerbliche Implikationen der On-net/Off-net Preisdifferenzierung, Dezember 2009
- Nr. 330: Anna Maria Doose, Dieter Elixmann, Stephan Jay:
"Breitband/Bandbreite für alle": Kosten und Finanzierung einer nationalen Infrastruktur, Dezember 2009
- Nr. 331: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Antonia Niederprüm, Martin Zauner:
Preisstrategien von Incumbents und Wettbewerbern im Briefmarkt, Dezember 2009
- Nr. 332: Stephan Jay, Dragan Ilic, Thomas Plückebaum:
Optionen des Netzzugangs bei Next Generation Access, Dezember 2009
- Nr. 333: Christian Growitsch, Marcus Stronzik, Rabindra Nepal:
Integration des deutschen Gasgroßhandelsmarktes, Februar 2010
- Nr. 334: Ulrich Stumpf:
Die Abgrenzung subnationaler Märkte als regulatorischer Ansatz, März 2010
- Nr. 335: Stephan Jay, Thomas Plückebaum, Dragan Ilic:
Der Einfluss von Next Generation Access auf die Kosten der Sprachterminierung, März 2010
- Nr. 336: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Martin Zauner:
Netzzugang und Zustellwettbewerb im Briefmarkt, März 2010
- Nr. 337: Christian Growitsch, Felix Höffler, Matthias Wissner:
Marktmachtanalyse für den deutschen Regelenergiemarkt, April 2010
- Nr. 338: Ralf G. Schäfer unter Mitarbeit von Volker Köllmann:
Regulierung von Auskunfts- und Mehrwertdiensten im internationalen Vergleich, April 2010
- Nr. 339: Christian Growitsch, Christine Müller, Marcus Stronzik:
Anreizregulierung und Netzinvestitionen, April 2010
- Nr. 340: Anna Maria Doose, Dieter Elixmann, Rolf Schwab:
Das VNB-Geschäftsmodell in einer sich wandelnden Marktumgebung: Herausforderungen und Chancen, April 2010
- Nr. 341: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Sonja Schölermann:
Die Entwicklung von Hybridpost: Marktentwicklungen, Geschäftsmodelle und regulatorische Fragestellungen, August 2010
- Nr. 342: Karl-Heinz Neumann:
Structural models for NBN deployment, September 2010
- Nr. 343: Christine Müller:
Versorgungsqualität in der leitungsgebundenen Gasversorgung, September 2010
- Nr. 344: Roman Inderst, Jürgen Kühling, Karl-Heinz Neumann, Martin Peitz:
Investitionen, Wettbewerb und Netzzugang bei NGA, September 2010

- Nr. 345: Christian Growitsch, J. Scott Marcus, Christian Wernick:
Auswirkungen niedrigerer Mobilterminierungsentgelte auf Endkundenpreise und Nachfrage, September 2010
- Nr. 346: Antonia Niederprüm, Veronika Söntgerath, Sonja Thiele, Martin Zauner:
Post-Filialnetze im Branchenvergleich, September 2010
- Nr. 347: Peter Stamm:
Aktuelle Entwicklungen und Strategien der Kabelbranche, September 2010
- Nr. 348: Gernot Müller:
Abgrenzung von Eisenbahnverkehrsmärkten – Ökonomische Grundlagen und Umsetzung in die Regulierungspraxis, November 2010
- Nr. 349: Christine Müller, Christian Growitsch, Matthias Wissner:
Regulierung und Investitionsanreize in der ökonomischen Theorie, IRIN Working Paper im Rahmen des Arbeitspakets: Smart Grid-gerechte Weiterentwicklung der Anreizregulierung, Dezember 2010
- Nr. 350: Lorenz Nett, Ulrich Stumpf:
Symmetrische Regulierung: Möglichkeiten und Grenzen im neuen EU-Rechtsrahmen, Februar 2011
- Nr. 350: Lorenz Nett, Ulrich Stumpf:
Symmetrische Regulierung: Möglichkeiten und Grenzen im neuen EU-Rechtsrahmen, Februar 2011
- Nr. 351: Peter Stamm, Anne Stetter unter Mitarbeit von Mario Erwig:
Bedeutung und Beitrag alternativer Funklösungen für die Versorgung ländlicher Regionen mit Breitbandanschlüssen, Februar 2011
- Nr. 352: Anna Maria Doose, Dieter Elixmann:
Nationale Breitbandstrategien und Implikationen für Wettbewerbspolitik und Regulierung, März 2011
- Nr. 353: Christine Müller:
New regulatory approaches towards investments: a revision of international experiences, IRIN working paper for working package: Advancing incentive regulation with respect to smart grids, April 2011
- Nr. 354: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Sonja Thiele:
Elektronische Zustellung: Produkte, Geschäftsmodelle und Rückwirkungen auf den Briefmarkt, Juni 2011
- Nr. 355: Christin Gries, J. Scott Marcus:
Die Bedeutung von Bitstrom auf dem deutschen TK-Markt, Juni 2011
- Nr. 356: Kenneth R. Carter, Dieter Elixmann, J. Scott Marcus:
Unternehmensstrategische und regulatorische Aspekte von Kooperationen beim NGA-Breitbandausbau, Juni 2011
- Nr. 357: Marcus Stronzik:
Zusammenhang zwischen Anreizregulierung und Eigenkapitalverzinsung, IRIN Working Paper im Rahmen des Arbeitspakets: Smart Grid-gerechte Weiterentwicklung der Anreizregulierung, Juli 2011
- Nr. 358: Anna Maria Doose, Alessandro Monti, Ralf G. Schäfer:
Mittelfristige Marktpotenziale im Kontext der Nachfrage nach hochbitratigen Breitbandanschlüssen in Deutschland, September 2011
- Nr. 359: Stephan Jay, Karl-Heinz Neumann, Thomas Plückerbaum unter Mitarbeit von Konrad Zoz:
Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, Oktober 2011
- Nr. 360: Lorenz Nett, Ulrich Stumpf:
Neue Verfahren für Frequenzauktionen: Konzeptionelle Ansätze und internationale Erfahrungen, November 2011
- Nr. 361: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Martin Zauner:
Qualitätsfaktoren in der Post-Entgeltregulierung, November 2011
- Nr. 362: Gernot Müller:
Die Bedeutung von Liberalisierungs- und Regulierungsstrategien für die Entwicklung des Eisenbahnpersonenverkehrs in Deutschland, Groß-

- britannien und Schweden, Dezember 2011
- Nr. 363: Wolfgang Kieseewetter:
Die Empfehlungspraxis der EU-Kommission im Lichte einer zunehmenden Differenzierung nationaler Besonderheiten in den Wettbewerbsbedingungen unter besonderer Berücksichtigung der Relevante-Märkte-Empfehlung, Dezember 2011
- Nr. 364: Christine Müller, Andrea Schweinsberg:
Vom Smart Grid zum Smart Market – Chancen einer plattformbasierten Interaktion, Januar 2012
- Nr. 365: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm, Anne Stetter:
Analyse der Kabelbranche und ihrer Migrationsstrategien auf dem Weg in die NGA-Welt, Februar 2012
- Nr. 366: Dieter Elixmann, Christin-Isabel Gries, J. Scott Marcus:
Netzneutralität im Mobilfunk, März 2012
- Nr. 367: Nicole Angenendt, Christine Müller, Marcus Stronzik:
Elektromobilität in Europa: Ökonomische, rechtliche und regulatorische Behandlung von zu errichtender Infrastruktur im internationalen Vergleich, Juni 2012
- Nr. 368: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Sonja Thiele, Martin Zauner:
Kostenstandards in der Ex-Post-Preiskontrolle im Postmarkt, Juni 2012
- Nr. 369: Ulrich Stumpf, Stefano Lucidi:
Regulatorische Ansätze zur Vermeidung wettbewerbswidriger Wirkungen von Triple-Play-Produkten, Juni 2012
- Nr. 370: Matthias Wissner:
Marktmacht auf dem Primär- und Sekundär-Regelenergiemarkt, Juli 2012
- Nr. 371: Antonia Niederprüm, Sonja Thiele:
Prognosemodelle zur Nachfrage von Briefdienstleistungen, Dezember 2012
- Nr. 372: Thomas Plückerbaum, Matthias Wissner:
Bandbreitenbedarf für Intelligente Stromnetze, 2013
- Nr. 373: Christine Müller, Andrea Schweinsberg:
Der Netzbetreiber an der Schnittstelle von Markt und Regulierung, 2013
- Nr. 374: Thomas Plückerbaum:
VDSL Vectoring, Bonding und Phantomring: Technisches Konzept, marktliche und regulatorische Implikationen, Januar 2013
- Nr. 375: Gernot Müller, Martin Zauner:
Einzelwagenverkehr als Kernelement eisenbahnbezogener Güterverkehrskonzepte?, Dezember 2012
- Nr. 376: Christin-Isabel Gries, Imme Philbeck:
Marktentwicklungen im Bereich Content Delivery Networks, April 2013
- Nr. 377: Alessandro Monti, Ralf Schäfer, Stefano Lucidi, Ulrich Stumpf:
Kundenbindungsansätze im deutschen TK-Markt im Lichte der Regulierung, Februar 2013
- Nr. 378: Tseveen Gantumur:
Empirische Erkenntnisse zur Breitbandförderung in Deutschland, Juni 2013
- Nr. 379: Marcus Stronzik:
Investitions- und Innovationsanreize: Ein Vergleich zwischen Revenue Cap und Yardstick Competition, September 2013
- Nr. 380: Dragan Ilic, Stephan Jay, Thomas Plückerbaum, Peter Stamm:
Migrationsoptionen für Breitbandkabelnetze und ihr Investitionsbedarf, August 2013
- Nr. 381: Matthias Wissner:
Regulierungsbedürftigkeit des Fernwärmesektors, Oktober 2013
- Nr. 383: Andrea Liebe, Christine Müller:
Energiegenossenschaften im Zeichen der Energiewende, Januar 2014
- Nr. 385: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm:
Die Marktentwicklung für Cloud-Dienste - mögliche Anforderungen an die Netzinfrastuktur, April 2014

ISSN 1865-8997