



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

FAKULTÄT
FÜR MATHEMATIK, INFORMATIK
UND NATURWISSENSCHAFTEN

Commercial Clouds

Ausarbeitung im Kontext von Speicher- und Dateisystemen

Jana Henning

jana.henning@studium.uni-hamburg.de
Studiengang Wirtschaftsinformatik
Matr.-Nr. 7027625
Fachsemester 3

Betreuer: Dr. Hermann Lenhart

Abgabe: 31.03.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Geschichte der Cloud	2
3	Gründe für die kommerzielle Cloudnutzung	4
4	Was ist Cloud Computing?	5
5	Technische Funktionsweise der Cloud	7
6	Cloudarten	10
6.1	Public Cloud	10
6.2	Private Cloud	10
6.3	Hybrid Cloud	11
7	Service Modelle	12
7.1	Infrastructure as a Service (IaaS)	12
7.2	Platform as a Service (PaaS)	12
7.3	Software as a Service (SaaS)	13
8	Beispiele für kommerzielle Cloudlösungen	15
8.1	Dropbox	15
8.2	Amazon Web Services	16
8.3	Amazon EC2	16
8.4	Amazon S3	17
8.5	DATEV ASP	18
8.6	Amazon VPC	18
9	Vor und Nachteile von Commercial Clouds	19
9.1	Vorteile	19
9.1.1	Qualität	19
9.1.2	Kosten	19
9.1.3	Flexibilität und Effizienz	20

9.2	Nachteile	20
9.2.1	Abhängigkeit	20
9.2.2	Compliance	21
9.2.3	SICHERHEIT	21
10	Zusammenfassung und Ausblick	23
11	Literaturverzeichnis	24
12	Abbildungen	29
	Eidesstattliche Versicherung	30

1 Einleitung

Cloud Computing ist heutzutage ein sehr gängiger Begriff. Das Konzept der sog. Wolke ist für den Benutzer einfach zugänglich und es ermöglicht eine effiziente Nutzung komplexer externer IT-Leistungen. Aktuelle Pressemeldungen kann man fast täglich Informationen entnehmen, die die Zusammenarbeit von Großunternehmen mit typischen IT-Dienstleistern beschreiben. ⁽¹⁾ Dabei geht es um rein kommerzielle Lösungen, aus denen sich win-win-Situationen für alle Beteiligten ergeben. Die Entwicklung des Cloud Computings und dessen kommerzielle Nutzung sind eine logische Folge der Ergebnisse technischer Evolution. Gerade wenn technische Lösungen an ihre Grenzen geführt werden, wird die kommerzielle Betrachtung wichtig. Spezifische Anwendungssoftware, Datenvolumen und Geschwindigkeit bleiben die entscheidenden Faktoren in der Zukunft der Informationstechnologie. Da nicht nur Unternehmen, sondern auch Privatanwender Cloud-Technologien nutzen können, ist der Begriff inzwischen in aller Munde. Viele Menschen sprechen über die Cloud, ohne richtig zu wissen, was damit gemeint ist. Andere haben eine ungefähre Vorstellung, aber dennoch ist das abstrakte Konzept nicht deutlich definiert und verstanden. ⁽²⁾

Da die Grundvoraussetzungen für die Teilnahme am Cloud Computing leicht zu erfüllen und für jedermann erschwinglich sind, müssen Struktur und Funktionsweise des Systems gar nicht im Detail bekannt sein, da das technische know-how nicht notwendig ist, um die Dienste in Anspruch zu nehmen.

Im Rahmen dieser Arbeit werde ich mich mit kommerziellen Cloudsystemen befassen. Nach einer Einführung und einer Definition werde ich Beispiele kommerzieller Cloudlösungen anführen und vor einem Ausblick kurz auf die Vor- und Nachteile dieser eingehen.

2 Geschichte der Cloud

Das Cloud Computing greift auf sehr grundlegende, teilweise bereits vor Jahrzehnten einwickelte Konzepte zurück. Bereits in den 50-er Jahren entstehen erste Ideen zur Realisierbarkeit. IT-Ressourcen, wie Rechenleistung aber auch Anwendungen für weniger leistungsfähigen Rechnern sollten der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden. Die IT-Welt sollte durch unintelligente Datenstationen verwaltet werden, die wiederum von verschiedenen Rechenzentren versorgt werden. Schon damals wurde vorausgesagt, dass Rechenzentren die größten öffentlichen Versorgungseinrichtungen darstellen werden. ⁽³⁾

1970 wird dann zum ersten Mal die Client-Server Infrastruktur realisiert. Es wird möglich, Aufgaben und Dienstleistungen innerhalb eines Netzwerkes zu verteilen. Dabei stellen die Benutzer, bzw. Clients Anfragen zur Nutzung eines bestimmten Dienstes, die wiederum von dem Dienstleister, bzw. Server bearbeitet und beantwortet werden. ⁽³⁾ Auf den Server, der sich innerhalb des Netzwerks auf einem beliebigen Rechner befindet, kann von mehreren Clients gleichzeitig zugegriffen werden. Durch den Durchbruch des Client-Server Prinzips werden Computer immer relevanter und große Softwarefirmen revolutionieren den Markt. Einer der größten Meilensteine ist die Entwicklung des Internets und des World Wide Web (www) um 1990. ⁽⁴⁾ Der Nutzer erhält Zugriff auf ein System von elektronischen Hypertext Dokumenten, auch Webseiten genannt. ⁽⁵⁾

Im Laufe der 90er Jahre folgt die erste Umsetzung des Cloud Konzeptes. Das sogenannte Application Server Providing macht das Client-Server Modell erstmals standortunabhängig. Auf einem Server wird für den User der PC simuliert und der Informationsaustausch erfolgt über das öffentliche Netz (Internet). Dieser Ansatz benötigte allerdings enorme technische Ressourcen. Wenn beispielsweise 100 User auf demselben Server arbeiten wollen, musste 100 mal die benötigte Software, z. B. Textverarbeitung oder Tabellenkalkulation installiert werden. ⁽⁴⁾ Dies war nicht wirtschaftlich und wurde sehr schnell von der Multi-Tenant Architektur abgelöst, die vergleichbar ist mit der heutigen Cloud Lösung. Die Multi-Tenant Architektur ermöglichte es, mehrere Mandanten auf einem gemeinsamen

Server zu bedienen, ohne dass einer die Daten anderer einsehen konnte. ⁽⁶⁾

Auch Unternehmen nutzen diesen Ansatz zunehmend, da Informationen über einen Browser zur Verfügung stehen, bzw. die gleiche Software genutzt werden kann, aber ein Ausspähen der Daten anderer trotzdem unmöglich ist. Diese Umsetzung ist sehr viel flexibler und wirtschaftlich interessanter, da nach Nutzung (Umfang bzw. Dauer) abgerechnet wird und die Ressourcen somit effizienter genutzt werden. ⁽⁴⁾ In den letzten Jahrzehnten sind Computer immer leistungsstärker geworden. Enorm leistungsfähige Massenspeicher ermöglichen die Speicherung großer Datenmengen, Datenübertragungen werden immer schneller und Cloud Entwicklungen machen das Cloud Computing zu einem wichtigen Bestandteil für Privatanutzer wie Unternehmen.

Für den Cloud Boom sind unter anderem Unternehmen verantwortlich, die selbst über große IT-Ressourcen verfügen und freie Kapazitäten weiter vermieten oder verkaufen. Dieses Business Modell war unter anderem einer der größten Erfolgsfaktoren des amerikanischen E-Commerce Anbieters Amazon. Bei Amazons Web-Plattform AWS, die Cloud-Services an Firmen verkauft, stiegen die Einnahmen um 45 Prozent auf 7,4 Milliarden Dollar in nur einem Jahr. ⁽⁷⁾ Somit verbreitete sich auch das kommerzielle Cloud Computing auch für die vielen kleinen Privatanutzer, die über ein einfaches Endgerät auf einmal Zugang zu Anwendungen und Speicherkapazitäten bekommen, die mit eigener Hard- oder Software unerschwinglich wären. Immer mehr Unternehmen bieten Cloud Dienste als öffentlich zugängliches Netzwerk an. Eigene Server bzw. eigene externe Hardware als Speichermedium wird immer unbeliebter und Cloud Dienste werden immer gängiger.

Heutzutage spricht man zunehmend vom Internet of Things. Das Internet of Things stellt die nächste Stufe des Cloud Computings dar, physische und virtuelle Gegenstände können miteinander über das Internet verbunden werden. ⁽⁷⁾ Inwiefern das Internet of Things eine Weiterentwicklung bzw. eine Erweiterung des Cloud Computings ist, wird im Rahmen dieser Arbeit noch einmal abgewogen.

3 Gründe für die kommerzielle Cloudnutzung

Der wichtigste Grund für jede kommerzielle Nutzung liegt in der Einstellung einer win-win-Situation für Anbieter und Nutzer. Im Falle kommerzieller Cloudlösungen verfügt der Anbieter ohnehin über nicht genutzte Kapazitäten wie Rechenleistung, Speichervolumen oder Anwendungssoftware. Für viele Enduser sind genau diese Ressourcen wichtig, aber meist auch mit einer Investition verbunden. Die angebotenen Ressourcen können bei Clouds skaliert und entsprechend bezahlbar gemacht werden, d.h. der Nutzer zahlt nur für das, was er wirklich braucht.

Da aufgrund der technischen Entwicklung ein mehrfacher Zugriff auf dieselben Ressourcen verifizierbar ist, sind diese in Form eines Ressourcen Pools zu nutzen. Der für jeden Nutzer unbedingt notwendige Zugriff auf seine Daten von nahezu jedem Ort auf dieser Welt lässt sich über immer schneller werdende Internetleitungen einfach realisieren. Damit ist der Trend zu immer kleiner gebauten Endgeräten zunächst nicht unterbrochen, da gerade Speichermedien und auch Prozessoren den meisten Platz beanspruchen. Mit den heute vorliegenden Geschäftsmodellen im Rahmen der Cloud Computing Lösungen ist eine Grenze bezüglich der kommerziellen Vermarktung sicher noch nicht einmal erreicht, geschweige denn überschritten. Solange mit Kreativität Geld verdient werden kann, wird dieser Aspekt technische Optimierbarkeit oder Sicherheitsbedenken in den Hintergrund stellen. ⁽⁹⁾

4 Was ist Cloud Computing?

Der Begriff lässt sich schwer eindeutig definieren, da es sich um Technologien handelt, die sich ständig wandeln und sich aus ganz vielen unterschiedlichen Ansätzen betrachten lassen. Es handelt sich zudem um einen noch jungen Begriff, der in der Definition nicht zu eng gefasst werden kann. Der ehemalige Co-Founder und CEO von Apple Inc. Steve Jobs hat damals die grundlegende Idee auf den Punkt gebracht: "I don't need a hard disk in my computer if I can get to the server faster. . . carrying around these non-connected computers is byzantine by comparison."⁽¹⁰⁾

Eine Wolke assoziiert man üblicherweise mit etwas abstraktem, nicht greifbarem. In der Theorie kann man diese Assoziationen auch auf die Cloud anwenden. Man weiß nicht genau, wo die Daten sich physisch befinden.⁽¹¹⁾ Das ist aber auch in gewisser Weise irrelevant, wichtig ist nur, dass der Nutzer von jedem Ort der Welt darauf zugreifen kann. Clouds sind keine physischen Größen, sondern tatsächlich ein Netzwerk aus Remoteservern. Dieses ermöglicht über eine Datenverbindung, das Internet, eine ferngesteuerte Nutzung von Daten über einen externen Rechner mit spezieller Software für den Zugang.⁽¹²⁾ Als Benutzer greift man auf eine IT-Infrastruktur, Anwendungssoftware und Speicherkapazität über das Internet zu. Diese IT-Infrastruktur besteht physisch aus einem globalen Netzwerk von Servern und Speichern, die überall auf der Welt verteilt sind. Beim Cloud Computing handelt es sich um die Bereitstellung von Ressourcen, die man in Speicherkapazität, Rechenleistung und Anwendungssoftware aufbrechen kann.⁽¹³⁾

Speicherplatz ist aktuell wohl der am meisten, gerade von Privatanutzern aber auch Unternehmen gebrauchte Dienst, während Anwendungssoftware eher für die Softwareentwicklung relevant ist. Speicherplatz benötigt Speichermedien, die trotz der rasanten Entwicklung bez. Kapazität und Größe abhängig vom Speichervolumen physisch Platz benötigen. Bei immer kleiner und smarter werdenden Endgeräten besteht ein messbarer Vorteil in der Auslagerung von Speicherkapazität. Die Cloud wird aber auch als eigenständige Plattform betrachtet, auf

der Anwendungen ausgeführt und entwickelt werden können. Dieser große Pool an Ressourcen kann dabei von mehreren Kunden gleichzeitig benutzt werden. Durch die Virtualisierung wird die Hardware vom Betriebssystem getrennt und die IT-Kapazitäten können besser ausgelastet werden. Der größte Vorteil der Cloud ist die Elastizität, da nur so viel an Ressourcen genutzt wie benötigt wird. Das hat aus technischer wie kommerzieller Sicht nur Vorteile. ⁽¹⁴⁾

Der Schwerpunkt, den ich in dieser Arbeit beleuchten möchte, liegt auf den kommerziellen Cloud Lösungen. Unternehmen haben die Clouds kommerzialisiert, um einen wirtschaftlichen Nutzen daraus zu ziehen. Wie kann mit einem zur Verfügung stehenden System Geld verdienen und was kann eine kommerzielle Nutzung der Cloud dem Unternehmen, das über zusätzliche aber ungenutzte Ressourcen verfügt, aber auch den Anwendern nützen? Kommerzielle Anbieter wollen mit ihrem Namen für ihr Kerngeschäft werben, deshalb werden Cloud Dienste bis zu einem gewissen Maß auch ohne Gebühr zur Verfügung gestellt. Zum anderen verwenden die meisten kommerziellen Anbieter das sogenannte pay-per-use-Systeme. Der Kunde zahlt nur für die Ressourcen, die er tatsächlich verwendet. Dies ermöglicht eine sehr effiziente, skalierbare Nutzung der Cloud Dienste. Die Leistungen können je nach Bedarf angepasst werden. ⁽¹⁵⁾ An die üblichen, von Hosting Diensten verwendeten Abonnements ist der Kunde dann nicht mehr gebunden.

Die folgende Graphik veranschaulicht die möglichen Beziehungen.

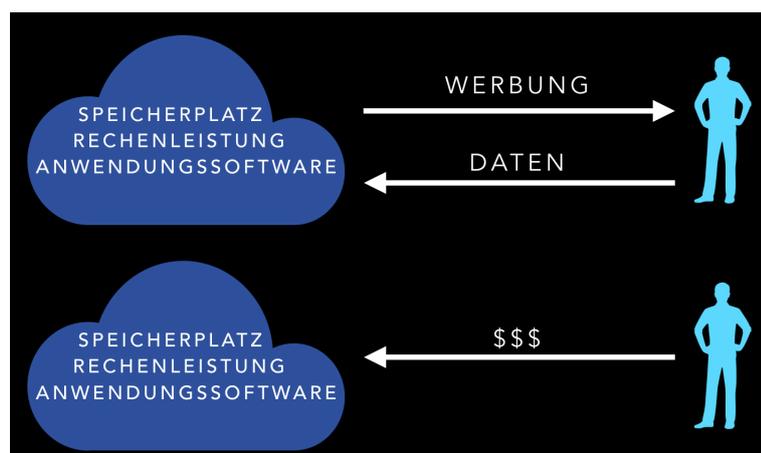


Abbildung 4.1: Kommerzielle Cloudnutzung

5 Technische Funktionsweise der Cloud

Um eine Cloud aufzubauen, wird ein Endgerät mit entsprechend installierter Software benötigt. Mit diesem Endgerät wird über eine Schnittstelle auf große Massenspeicher, bzw. Server zugegriffen. Dazu ist eine Internetanbindung erforderlich.

Folgendes Schema verdeutlicht die Zusammenhänge:

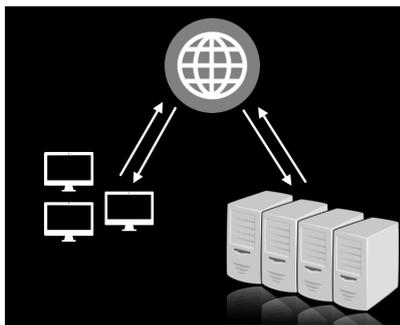


Abbildung 5.1: Client-Server Kommunikation

Das Cloud System basiert auf einer ganz bestimmten Speicherform. Die sogenannte Objektspeicherung, auch bekannt als Object Storage, ermöglicht die nicht limitierte Skalierbarkeit der Daten. Der Objektspeicher besteht im Gegensatz zum Blockspeicher aus 3 Teilen. ⁽¹⁶⁾

Bei Block-basiertem Speicher ist ein Block ein Datenbereich, der aus binären Daten besteht. Werden viele verschiedene Blöcke kombiniert, bilden diese eine Datei. Ein Block ist lediglich ein Datensegment ohne Metadaten, d.h. ohne Beschreibung, Assoziationen und Besitzer. Jeder Block wird wie eine individuelle Festplatte behandelt und das Betriebssystem im Server kontrolliert diese. ⁽¹⁷⁾

Beim objektbasiertem Speicher, werden einzelne Objekte gespeichert. Ein Ob-

jekt besteht nicht nur aus binären Daten. Zusätzlich enthält ein Objekt Metadaten und eine eindeutige Identifikation. Objektspeicher verbessern das Speichern und Wiederauffinden von Objekten, da Objekte nicht innerhalb anderer Objekte platziert werden können und dadurch Abhängigkeiten vermieden werden. Die Objekte können für sich alleine stehen und werden auf einer Ebene angeordnet, d.h. es erfolgt keine hierarchische Aufteilung der Daten. Dadurch wird die Speicherung von massiven, unstrukturierten Datensätzen ermöglicht. Enorme Speicherkapazitäten erlauben unter anderem auch die Speicherung von Big Data bzw. sehr komplexen, großen Datenmengen. Die Blöcke selber können beliebig aufgeteilt und angeordnet und an vielen verschiedenen Orten bzw. auf mehreren Systemen abgespeichert werden. Allein der genaue Ort für die Speicherung dieser einzelnen Teile des Objekts ist essentiell, um sie dann später in der richtigen Reihenfolge wieder zu dem ursprünglichen Objekt zusammensetzen. Die Ressourcen müssen bei einer Cloud nicht nur effizient gespeichert werden, der Nutzer muss auch über diese verfügen können. Der Zugriff erfolgt dabei über HTTP bzw. API Schnittstellen.⁽¹⁸⁾ Durch Übertragung von Daten auf der Anwendungsschicht über ein Rechnernetz und eine Anwendungsprogrammierschnittstelle werden die Hardwarekomponenten mit der Software des Endgeräts verbunden und der Nutzer erhält seine benötigten Dienste. Die Cloud prüft den Zugriff und liefert dann das geforderte Objekt zurück.⁽¹⁹⁾

Abbildung 5.2 beschreibt den Unterschied zwischen Objekt- und Blockspeicherung graphisch.

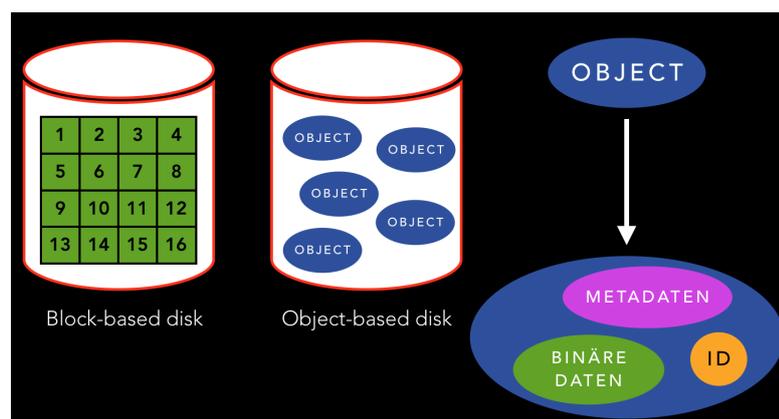


Abbildung 5.2: Client-Server Kommunikation

Ein Beispiel für eine Cloud Objektspeicherung, die in der Realität angewen-

det wird, ist das sogenannte Ceph Filesystem. Hierbei handelt es sich um eine verteilte Storage Lösung. Der Hauptbestandteil des Ceph ist das Reliable Autonomic Distributed Object Store (RADOS).⁽²⁰⁾ Dadurch, dass das Dateisystem verteilt ist, ist eine replizierte Speicherung der Objekte möglich. Ausfälle können somit verhindert werden und zerstörte Daten können sich aus Replikaten selbst wiederherstellen. Dies macht die Daten in einer Cloud resistent gegen plötzliches Abhandenkommen.⁽²¹⁾

6 Cloudarten

Bei Clouds unterscheidet man grundsätzlich verschiedene Liefermodellen. Der Provider wie auch der Nutzer charakterisieren das kommerzielle Cloud Modell. Die im Folgenden vorgestellten 3 Arten werden unterschieden.

6.1 Public Cloud

Die Public Cloud oder auch die sogenannte öffentliche Cloud wird von Drittanbietern über das öffentliche Internet bereitgestellt. Die Clouddienste stehen für jeden, der sie erwerben möchte, zur Verfügung und sind über das Internet frei zugänglich. Dies ist gerade für den Privatanutzer die günstigste und am meisten angebotene Variante. Die Cloud Ressourcen wie Server und Speicher, sowie die zugehörige Infrastruktur bzw. Software sind im Besitz von externen Cloud Anbietern. Die Wartung und Pflege von Software und Hardware sind somit ausgelagert, sodass man sich als Nutzer nicht darum kümmern muss und keine Kosten entstehen. Dies ist auch für Unternehmen von Vorteil, wenn sie sich auf wesentliche Dinge wie z.B. eigene Geschäftsprozesse konzentrieren können und nicht unnötig Geld und Zeit in die Anschaffung und Wartung von Software und Hardware gesteckt werden muss. Öffentliche Clouds sind in der Regel sehr zuverlässig, da es sich überwiegend um umfangreiche, weit verteilte Servernetze handelt, die somit besonders gut vor Ausfällen geschützt sind. Die Sicherheit der Daten in einer öffentlichen Cloud ist fraglich und wird von Gegnern und Befürwortern dieser Dienste entsprechend diskutiert. Öffentliche Clouds müssen eine gewisse Sicherheit bieten, aber was genau mit den Daten passiert und wofür die Anbieter die Daten verwenden, ist schwierig zu kontrollieren und Missbrauch wegen der Komplexität des Systems schwer nachweisbar. ⁽²²⁾

6.2 Private Cloud

Die Private Cloud, bzw. die nicht öffentliche Cloud wird exklusiv von einer einzigen Organisation genutzt. Sie kann sich physisch im lokalen Rechenzentrum

einer Firma befinden oder auch durch einen Drittanbieter von Cloud Diensten gehostet werden. Auf das gesamte private Netzwerk, die Hardware und die Software wird ausschließlich von einem Unternehmen zugegriffen. Die Software kann entweder komplett neu für das Unternehmen entwickelt werden oder bereits entwickelte Software wird bestmöglich an das Unternehmen angepasst. Dies ermöglicht eine optimale Ausnutzung der IT-Ressourcen des Unternehmens und bietet zudem eine sehr viel höhere Sicherheit. Dadurch, dass alle vertraulichen Daten unternehmensintern verwaltet und nicht externen Dienstleistern anvertraut werden, wird eine verstärkter Schutz garantiert. Bei den Private Clouds sind die Kosten sehr viel höher, denn zum Betrieb notwendige Hard- und Software müssen beschafft und Betrieb und Wartung sichergestellt werden. Individuell angepasste Clouds, die nur von einer Organisation genutzt werden, sind entsprechend teurer, deshalb sollten Unternehmen den Kostenaufwand gut abwägen. ⁽²³⁾

6.3 Hybrid Cloud

Die hybride Cloud ist, wie der Name schon sagt, eine Mischung von privater und öffentlicher Cloud, oder auch das Beste aus beiden Welten. Hier werden die Vorteile der beiden Clouds kombiniert, um maximalen Nutzen aus beiden Lösungen zu ziehen. Die öffentliche Cloud wird für hohes Datenvolumen benutzt, wobei die Sicherheit eher zweitrangig ist. Wenn Firmen große Anwendungen auf externe Serverkapazitäten verlagern, kann schnell auf Engpässe reagiert werden. Die private Cloud wird dann eher für geschäftskritische Vorgänge genutzt, wie z. B. für Finanzberichte und andere vertrauliche Informationen. Die hybride Lösung ermöglicht nicht nur eine bessere Kontrolle über die Daten und Anwendungen. Sie befähigt eine Organisation, die Anforderungen der internen Kunden nach Server- und Applikationsressourcen zu befriedigen. ^{(24), (25)}

7 Service Modelle

Die Services einer Cloud werden als Dienstleistungen angeboten, auf die der Benutzer über das Internet zugreifen kann. Dabei gibt es 3 Services bzw. Ebenen, die alle aufeinander aufbauen. Man kann die Services als ein Stack von Modellen betrachten. Jedes Modell stellt einen anderen Teil des Cloud Computing Stacks dar.

7.1 Infrastructure as a Service (IaaS)

Der grundlegende Baustein des Stacks ist die Infrastructure as a Service (IaaS). Infrastruktur eines Rechenzentrum wird durch einen Cloud Provider zur Verfügung gestellt und der Nutzer erhält Zugriff auf Netzwerkfunktionen, Hardware und Datenspeicher. Zu den bereitgestellten Netzwerken gehören z.B. Server- und Rechnerkapazitäten, Kommunikationsgeräte wie Router, Switches oder Firewalls. Zu Infrastrukturdienstleistungen gehört ebenfalls Speicherplatz, wie Systeme zur Archivierung und Sicherung von Daten. Der Kunde muss bei Nutzung dieser Ebene alle anderen Ebenen selber verwalten. Dazu gehören Betriebssysteme, Web- bzw. Datenbankserver und Anwendungssoftware. Die IaaS bietet Unternehmen große Einsparpotentiale, da die Ressourcen bei Lastspitzen schnell skalierbar sind. Wartung und Pflege der Infrastruktur sind vom Cloud Provider geregelt, dem Nutzer stehen moderne Hardware und sichere Plattformen zur Verfügung. ⁽²⁶⁾

7.2 Platform as a Service (PaaS)

Platform as a Service beschreibt die Dienstleistung, die in der Cloud eine Computer Plattform für Entwickler von Web-Anwendungen zur Verfügung stellt. Die Web-Anwendungen beinhalten Entwicklungstools, Datenverwaltungs- und Business Analytics Programme und werden für die eigene Softwareentwicklung zur Verfügung gestellt. Die PaaS ist für schnell einsetzbare Laufzeitumgebungen, d.h. die zur Laufzeit von Computerprogrammen verfügbaren Voraussetzungen eines

bestimmten Laufzeitsystems, aber auch für Entwicklungsumgebungen geeignet. Der gesamte Softwarelebenszyklus wird vom Design über die Entwicklung, die Auslieferung bis hin zum Betrieb der Webanwendungen über das Internet dargestellt. Einige Angebote des PaaS umfassen auch Dienste zur kollaborativen Arbeit und Versionierung zum Monitoring.⁽²⁷⁾ Auch die Sicherheit oder Middleware Dienste zum Speichern von Daten oder Tools für die Kommunikation zwischen Anwendungen werden bereitgestellt. Dem Kunden wird ermöglicht, sich auf die eigentliche Entwicklung von Geschäftsanwendungen zu konzentrieren, anstatt sich um Frameworks, Middleware oder den Betrieb von skalierbaren, zuverlässigen und kosteneffizienten Rechenzentren zu kümmern. Aufbauend auf PaaS Umgebungen können so Softwareangebote entstehen. PaaS baut auf der grundlegenden Ebene der IaaS auf, d. h. Speicher und Rechenleistung lassen sich vom Kunden ebenfalls skalieren.⁽²⁸⁾

7.3 Software as a Service (SaaS)

Bei Software as a Service verbinden sich die Benutzer über das Internet mit fertiger Software des Cloudanbieters. Der Dienstanbieter verwaltet die gesamte Hardware, zugehörige Software und Infrastruktur. Alle administrativen Aufgaben werden ausgelagert, d. h. der Nutzer greift auf fertige Software zu. Dabei benötigt der Nutzer einen internetfähigen Computer und eine Internetanbindung zum externen Dienstleister. Der Kunde erwirbt Software, Lizenz und Recht zur Nutzung dieser Software und der Anbieter stellt ein Installationspaket zur Verfügung. Für die Installation wird eine eigene IT-Infrastruktur benötigt, wie z. B. Hardware, Betriebssysteme und Datenbanken, die alle von dem Cloud Anbieter verwaltet werden.⁽²⁹⁾ Der Lizenzkauf ist im professionellen Umfeld oft mit Wartungsverträgen verbunden, d. h. das neue Releases und Behebung von Softwarefehlern ebenfalls für den Kunden bereitgestellt werden. Der Servicegeber stellt betriebswirtschaftliche oder redaktionelle Software in einem Rechenzentrum bereit, betreibt dieses und leistet technische Unterstützung und Beratung. Datensicherungsdienste. Disaster-Recovery Programme werden ebenfalls verwaltet. Für die Nutzung zahlt der Servicenehmer ein Nutzungsentgelt, spart dafür aber die Anschaffungs- und Betriebskosten zumindest teilweise.⁽³⁰⁾

Abbildung 7.1 bezeichnet den Umfang der einzelnen Services:

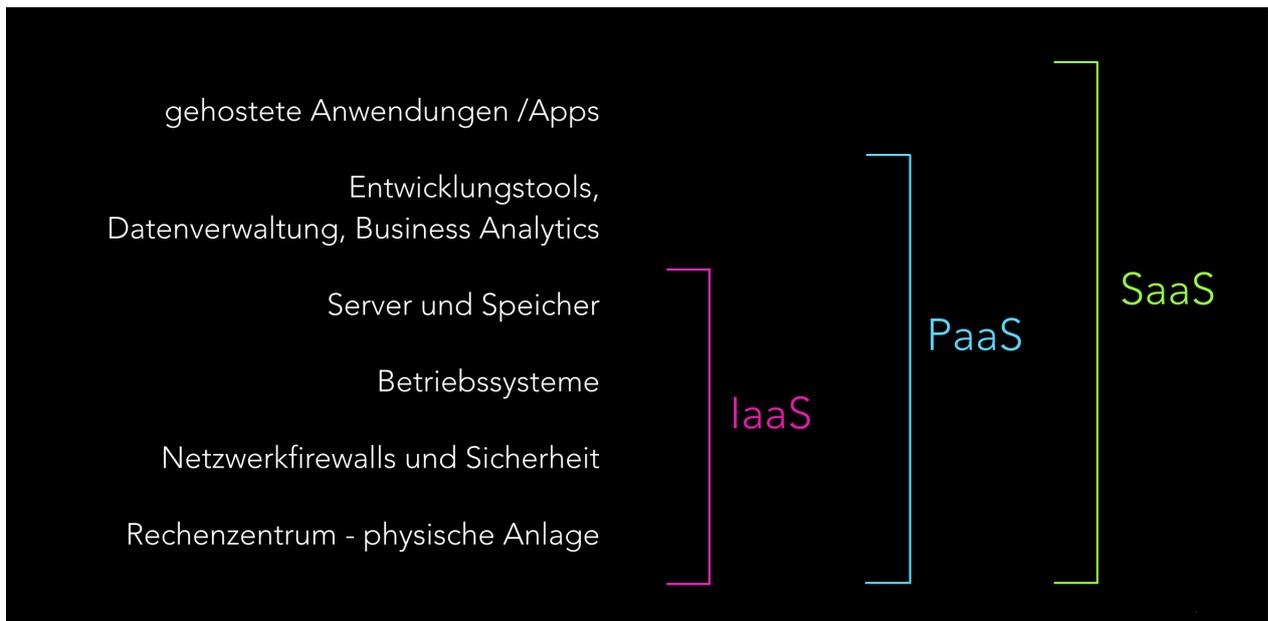


Abbildung 7.1: Liefermodelle und deren Komponenten

8 Beispiele für kommerzielle Cloudlösungen

8.1 Dropbox

Dropbox ist einer der bekanntesten Filehosting Dienste. Der Nutzer verfügt über ein Ordnersystem, in dem Dateien wie Bilder, Videos, Audios etc. gespeichert werden können. Diese Ordner werden mit einem Ordner, der auf einem externen Server liegt, abgeglichen. Die Dropbox ist eine, über das Internet öffentlich zugängliche Cloud und soll an externe Speichermedien, wie Festplatten und USB-Sticks ablösen. In erster Stelle wurde die Dropbox für Privatpersonen zur Verfügung gestellt, aber durch schnelles Wachstum der Plattform wurde eine Variante des Webdienstes für Teams eingeführt. Diese wurde dann auch von Unternehmen zur zentralen Verwaltung von Speicherkapazität und Zugriffsrechten genutzt. Wenn der Benutzer eine Internetanbindung hat, wird auf dem benutzten Endgerät ein Ordner erstellt. Die darin enthaltenen Daten werden mit dem Server des Dienstleisters synchronisiert. Dropbox dedupliziert die Daten, um die Speicherkapazitäten sparsam zu nutzen. Bei der Deduplikation werden redundante, doppelte Daten erkannt und nur einmal auf dem Datenträger abgespeichert.⁽³¹⁾ Die Dateien in den Ordnern können nur von anderen Nutzern eingesehen werden, wenn diese eine Einladung zur Teilnahmen, z.B. über einen Link erhalten haben. Dies erfolgt über eine automatisch generierte E-Mail und kann auch an Nicht-Dropbox User verschickt werden. Durch die webbasierte Oberfläche von Dropbox lassen sich die Berechtigungen der Nutzer nachträglich anpassen. Jeder Nutzer hat ein bestimmtes verfügbares Speicherkontingent. Wenn mehrere Personen einen Ordner benutzen, werden die Speicherkapazitäten zusammengelegt, d.h. je mehr Nutzer zugriffsberechtigt sind, desto mehr Speicher ist in diesem bestimmten Ordner verfügbar.

Ein großer Punkt für Kritik an den Dropbox Services ist die unverschlüsselte Datenspeicherung. Das Unternehmen bzw. die Mitarbeiter haben Zugriff auf alle Daten der Kunden. Außerdem können die Daten auch für Geheimdienste o. ä.

freigegeben werden wie z. B. für das Secret Service Programm PRISM, das die Daten überwacht und auswertet. ⁽³¹⁾ In den allgemeinen Geschäftsbedingungen wird die Verwendung der Daten nicht genau beschrieben. Bei der "Verwendung und Speicherung personenbezogener Daten, die aus der Europäischen Union, dem Europäischen Wirtschaftsraum und der Schweiz in die USA übertragen werden, folgt Dropbox den Bestimmungen der Privacy Shield-Abkommen zwischen der EU bzw. der Schweiz und den USA."⁽³²⁾ Eine Form von Datenschutz wird aufgeführt, aber die Verwendung nicht konkret beschrieben, darüber sollte der Nutzer sich im Klaren sein. Dropbox basiert auf einem Freemium-Modell". Das bedeutet, dass 2 GB zunächst frei sind und man dann im Abonnement Pakete Speicherplatz gegen Aufpreis dazu buchen kann. Die Dropbox ist eine fertige Software und beinhaltet sowohl Hardware als auch Anwendungsumgebungen, die extern verwaltet werden.

8.2 Amazon Web Services

Die Amazon Webservices werden von dem amerikanischen E-Commerce Anbieter Amazon zur Verfügung gestellt. Dabei richtet sich diese Cloud größtenteils an Unternehmer und Entwickler. Amazon verfügt über große verteilte Rechenzentren, verfügbare Dienste sowie Schnittstellen zu anderen Anwendungen, die einen wesentlichen Bestandteil des Business Modells des Unternehmens darstellen. Die Nutzer der Cloud greifen auf die bei Amazon verfügbaren freien Ressourcen zu. Diese lassen sich in Server, Speicher, Datenbanken, Netzwerke und Entwicklungsumgebungen einteilen. ⁽³³⁾ Die Unternehmen bzw. die Anwender können dann entscheiden, ob sie nur auf die Hardware zugreifen, oder auch Plattformen für Anwendungen nutzen wollen. Die am meisten genutzten Dienste sind jedoch die Server und Speicher, die ich jetzt etwas genauer betrachten werde.

8.3 Amazon EC2

Die Amazon Elastic Compute Cloud ermöglicht eine Ausführung von Anwendungsprogrammen in der Amazon Umgebung. Unternehmen können über Arbeitsspeicher und virtuelle Prozessoren verfügen und erhalten eine flexible Bereitstellung von Rechenleistung. Amazon nutzt hierbei die Blockspeicherung, da diesen den Instanzen einen persistenten Speicher bietet und zudem die Ausfallsicherheit der skalierbaren Anwendungen sicherstellt. Amazon EC 2 ist eine virtu-

elle Rechenumgebung. Web Service Oberflächen ermöglichen, die Instanzen auf verschiedenen Betriebssystemen laufen zu lassen. Die gewünschten Instanzen können mit Verwaltungstools und Web-Service APIs gestartet, überwacht und beendet werden. Abgerechnet werden nur die Ressourcen, die wirklich benutzt werden, wie z. B. die übertragenen Daten oder nach Instance-Stunden. Die Kapazitäten sind sehr elastisch und lassen sich an den Kunden bzw. das jeweilige Unternehmen optimal anpassen. Außerdem kann man flexibel verschiedene Instanzen und Betriebssystemen wählen, die sich vollständig vom Nutzer kontrollieren lassen. Amazon benutzt kein Abonnement System, die Kosten hängen nur von den genutzten Instanzen ab. Die Abrechnung erfolgt stundenweise und außerdem besteht die Möglichkeit, Instanzen zu reservieren. ⁽³⁴⁾

8.4 Amazon S3

Amazon Simple Storage ist eine ein web-basierter Storage Service für das Backup und die Archivierung von Daten bzw. Anwendungsprogrammen. Diese Cloud eignet sich besonders für große Datenmengen mit hoher Geschwindigkeit und es wird auf die von Amazon selbst genutzten Speicherstruktur zugegriffen. ⁽³⁵⁾ Hier verwendet Amazon die Objektspeicherung und Entwickler können auf die Objekte über RESTful API Schnittstellen zugreifen. Über HTTP Anfragen kann per GET, PUT, POST und DELETE Methoden auf die Objekte zugegriffen werden. ⁽³⁶⁾ Amazon verwendet für die Speicherung sogenannter Buckets. Ein Bucket hat eine eindeutige URL und kann symbolisch als die Festplatte gesehen werden, auf der die Objekte, also die zu speichernden Dateien, mit keys referenziert werden. Der Kunde nutzt die Amazon S3 Schnittstelle, um Objekte in einen Bucket zu laden. Der Dienst kann Dateien bis zu einer Größe von 5 GB abspeichern. Amazon S3 hat keine Grundgebühr und keinen Mindestumsatz, es werden wieder nur die verwendeten Ressourcen abgerechnet. ⁽³⁷⁾ Amazon "verfolgt einen durchgängigen Ansatz bei Schutz und Stabilisierung der Infrastruktur durch physische, betriebliche und softwarebasierte Maßnahmen"⁽³⁸⁾ und verspricht eine "99,999999999-prozentige Haltbarkeit der Daten." ⁽³⁹⁾ Diese Art von Cloud ist generell öffentlich, es können aber in der Umgebung private Bereiche eingerichtet werden, die nur individuell zugreifbar sind.

8.5 DATEV ASP

Ein Beispiel für eine private Cloud Lösung ist das Application Server Providing des Unternehmens DATEV. Das Unternehmen, dessen Hauptaufgabe ist, Dienstleistungen für Unternehmen anzubieten, erstellt individuell angepasste Clouds für die privaten Daten von Kunden. Die Software ist dabei generell anwendbar und über eine Internetanbindung zugreifbar. Durch Software und Datenhaltung müssen Anwender sich nicht um die Installation und Datensicherung kümmern. Streng vertrauliche Daten, wie Lohnbuchhaltung und Gehaltsabrechnungen werden auf den Servern des Anbieters gespeichert, die nur von dem Kunden selber zugreifbar sind. Hier kann die Soft- und Hardware genau auf das Unternehmen abgestimmt werden, um die Anforderungen optimal zu erfüllen. DATEV bietet auch individualisierte Anwendungen als Cloud- Dienst an. Dort kann ans Unternehmen angepasste Software entwickelt und genutzt werden. ⁽⁴⁰⁾

8.6 Amazon VPC

Die Amazon Virtual Private Cloud ist ein Kombination aus einer privaten und einer öffentlichen Cloud, also eine hybride Lösung.. Sie greift auf die üblichen Dienste des Amazon Web Service zu, aber zusätzlich wird ein privater Bereich in der Cloud eingerichtet. Es gibt also eine virtuelle private Cloud, auf die innerhalb der öffentlichen zugegriffen werden kann. Der Nutzer hat vollständige Kontrolle über die virtuelle Netzwerkumgebung. Eigene IP-Adressbereiche und Subnetze können erstellt werden und die Konfiguration von Routing Tabellen und Netzwerkgateways ist eigenständig möglich. Ein öffentlich zugängliches Subnetz für Webserver kann eingerichtet werden, das Zugriff auf das Internet und Backend Systeme wie Datenbanken oder Anwendungsserver in einem privaten Subnetz ohne Internetzugang. Mehrere Sicherheitsebenen können eingerichtet werden, wie Netzwerk Zugriffskontrolllisten, die eine Steuerung auf den Zugriff auf Amazon EC2 Instanzen in den einzelnen Subnetzen ermöglichen. Die Daten aus Amazon S3 können mit einem begrenzten Zugriff gespeichert werden, damit der Zugriff nur von Instanzen in der eigenen Virtual Private Cloud möglich ist. Es können auch dedizierte Instanzen gestartet werden, die zur zusätzlichen Isolation beitragen und die Sicherheit erhöhen. ⁽⁴¹⁾

9 Vor und Nachteile von Commercial Clouds

Ich möchte die wichtigsten Vor- und Nachteile der Commercial Clouds noch einmal zusammenfassen. Dabei werden die technischen und wirtschaftlichen Aspekte betrachtet und das sehr wichtige Thema Sicherheit noch einmal aufgegriffen.

9.1 Vorteile

9.1.1 Qualität

Der Ersatz von Hardware durch Cloudlösungen spielte in den letzten Jahren eine zunehmend bedeutende Rolle. Nutzer sind nicht mehr an bestimmte Hardware und Software gebunden. Dadurch, dass Hardware und Software extern verwaltet und betrieben werden, übernimmt der Cloudanbieter die Wartung und Pflege. Somit erhält der Nutzer Zugriff auf ständig aktualisierte Ressourcen, die über einen hohen Qualitätsstandard verfügen. Durch große Ressourcenpools ist ebenfalls eine hohe Ausfallsicherheit garantiert. Datenträger wie externe Festplatten oder USB-Sticks werden redundant und es besteht keine Gefahr, eine Beschädigung zu verursachen oder Verluste zu erleiden. Cloudlösungen werden mittlerweile zum Standard in Industrie und Wissenschaft. Immer mehr Unternehmen setzen auf virtualisierte IT-Lösungen und können somit für Produktstrategien die größte Kompatibilität auf dem Markt erzielen.

9.1.2 Kosten

Der zweite Vorteil des Commercial Cloud Computings ist die Kostenersparnis. es werden immer nur so viele IT-Ressourcen benutzt wie benötigt und dadurch fallen keine Fixkosten für die Erneuerung veralteter Hardware und die Beschaffung von Softwarelizenzen an. Darüber hinaus sind die Cloudkosten für Unternehmer wesentlich günstiger, weil die Grundkosten für die Anschaffung, den Betrieb und die Wartung von mehreren Nutzern geteilt werden. Das dadurch wieder verfüg-

bare Kapital, das nicht mehr an Fixkosten gebunden ist, kann in die Entwicklung von Produkten, Optimierung von Wertschöpfungsketten oder Geschäftsmodellinnovationen genutzt werden. Außerdem kann das Geld für sinnvolle Dinge wie Forschung und Entwicklung investiert werden.

9.1.3 Flexibilität und Effizienz

IT Ressourcen stehen in beliebigem Umfang zur Verfügung und ungenutzte Cloudressourcen für Spitzenlastzeiten brauchen nicht bereitgehalten werden. Unerwartete bzw. ungeplante Nutzungslasten können immer bedient werden. Gerade weil Innovationszyklen immer kürzer werden, können die wenigsten Unternehmen die Geschwindigkeit mit eigenen Entwicklungsressourcen kompensieren. Das Mieten virtueller Infrastruktur verlagert diese Aufgaben auf den IT Dienstleister. Unternehmen können sich so auf zentrale Aspekte ihrer Wertschöpfungsketten konzentrieren und zweitrangige Punkte, wie zum Beispiel den Infrastrukturbereich in die Cloud verlagern. Die qualitative und quantitative Weiterentwicklung der Ressourcen werden von Clouddiensten übernommen und der Kunde verwendet nur die für ihn notwendigen Ressourcen, was nicht nur den Kunden flexibel macht, sondern auch eine effiziente Auslastung von Ressourcen ermöglicht. Außerdem ist die organisatorische Flexibilität für Unternehmen von Vorteil. Cloud basierte Kooperationen ermöglichen unternehmensübergreifende Wertschöpfungsketten, dadurch können insbesondere Unternehmen ihre Effizienz steigern und gemeinsam an Produkten und Dienstleistungen arbeiten, die individuell möglicherweise gar nicht umgesetzt werden können. ⁽⁴²⁾

9.2 Nachteile

9.2.1 Abhängigkeit

Bei Nutzung einer externen Cloud besteht Abhängigkeit vom Cloud-Anbieter. Mietet man die Dienste eines Anbieters, der Veränderungen zum Beispiel bei Preisen oder bei der Software vornimmt, ist es in der Regel mit hohen Kosten verbunden, sich einen neuen Anbieter zu suchen, dessen Software und Preise dem Firmenstandard entsprechen. Dadurch, dass die Daten in fremde Hände gegeben werden, liegt die Sicherung der Daten vollständig beim Anbieter. Wenn es also zu Ausfällen beim Anbieter kommen sollte, wird der Kunde die Konsequenzen daraus tragen müssen. Außerdem ist das Arbeitstempo abhängig vom Internet, da die Arbeit in einer Cloud eine Internetanbindung benötigt. Ohne Internet ist

der Zugriff auf die Daten nicht möglich. Sollten die Dienste einer Cloud einmal ausfallen, besteht das Risiko nicht genügend Personal für die Kompensation zu haben.

9.2.2 Compliance

Im Rahmen der Globalisierung wird das, was heute unter Compliance zusammengefasst wird, immer maßgeblicher. Nicht nur die international unterschiedlichen Gesetzgebungen, sondern auch Aspekte wie Political Correctness oder Gleichbehandlung führen immer häufiger zu Rechtsstreitigkeiten, mit denen letztendlich große Anwaltskanzleien viel Geld verdienen. Das Outsourcing jeglicher Dienstleistungen kommt dem Verlust von Kontrollmöglichkeiten der Compliance Aspekte sehr nahe. Das ist häufig nicht gewollt und damit auch ein Kritikpunkt für die kommerzielle Nutzung von Cloudlösungen. Darüber hinaus sind Unternehmen, die die Cloud nutzen, häufig gar nicht in der Lage die Technik dieser Systeme zu verstehen und ggf. entsprechend anzupassen. Als Nutzer ist man bestenfalls noch für den Inhalt verantwortlich, nicht für die Umsetzung.

9.2.3 SICHERHEIT

Die am Häufigsten geäußerte Kritik ist die Datensicherheit gerade bei der Auslagerung von Speicherkapazitäten. Dies steht natürlich in unmittelbarem Zusammenhang mit den jüngsten Veröffentlichungen über die Aktivitäten gerade US-amerikanischer und russischer Geheimdienste. Neben der potentiellen strategisch-militärischen Bedeutung gerade von Unternehmensdaten sind auch einfache Endnutzerdaten wie Adresse, Telefon und Wohnort (GPS) für die Anbieter von Dienstleistungen und Produkten jeglicher Art von hoher Bedeutung. Adress- und Kundendaten stellen die wichtigsten Werte für Unternehmen und Netzwerke dar.

Natürlich ist bei jeder Datenüberlassung ein Missbrauch durch den Empfänger theoretisch, wie praktisch möglich. Über den tatsächlichen Verbleib von Daten kann man allerdings nur mutmaßen und sich auf die Vertrauenswürdigkeit des jeweiligen Anbieters verlassen. Natürlich muss jedes Unternehmen, das alle Daten selbst verwaltet auch selbst sehr viele Ressourcen in die IT-Sicherheit stecken. Hier ist eine Kosten- Nutzenrechnung durchzuführen, bei der die Verlässlichkeit des externen Anbieters eine nicht vorhersagbare Variable darstellt. Die Relevanz der Datensicherheit ist selbstverständlich für jedes Unternehmen unterschiedlich wichtig. In Zeiten, in denen selbst für den privaten Nutzer die Weitergabe einer

Telefonnummer oder E-Mail Adresse kritisch oder im Rahmen neuester Verordnungen (DSGVO) sogar strafbar ist, möchte natürlich niemand, dass persönliche Daten in falsche Hände geraten. Da hilft es auch nicht, wenn man zum Geburtstag Gutscheine von einem Geschäft erhält, in dem man vor Jahren einmal neue Schuhe gekauft hat. Die Situation beschreibt aber am Besten die Aussage eines Mitglieds des Ethikrates der deutschen Regierung, dass Daten weder aus technischer noch aus philosophischer Sicht sicher sein können. ⁽⁴³⁾

10 Zusammenfassung und Ausblick

Kommerzielle Cloudsysteme sind aktuell die Lösung für eine Reihe von Problemen bei Endnutzern aus dem gewerblichen, wie privaten Bereich.

Sie stehen wegen teilweise sehr offensichtlicher Nachteile durchaus in der Kritik. In der vergangenen Jahrzehnten und dabei gerade in den letzten Jahren fand eine exponentielle Entwicklung der Informationstechnologie statt. Dabei stießen Kapazität und Rechenleistung aufgrund immer größer werdender Geschwindigkeit an technische Grenzen oder auch vice versa. Ein Ende der Entwicklung ist nicht abzusehen. Die Idee, dass Rechenzentren der wichtigste Bestandteil von öffentlicher Infrastruktur darstellt, ist zu einem sehr großen Teil heute bereits umgesetzt. Dabei ist die gemeinsame und auch simultane Nutzung von Rechenleistung, Speicher und Anwendungen der richtige Schritt in eine viel versprechende IT-Zukunft. Aspekte wie Datensicherheit und weitere technische Optimierbarkeit sind zunächst zweitrangig, werden aber zeitnah gelöst werden müssen.

Immer größer werdende Weltkonzerne verfolgen das Interesse, ihr Wachstum strategisch zu unterstützen. Dabei werden immer neue Geschäftsmodelle entstehen, die bei entsprechender Sensibilität eventuell auch einer Regulation bedürfen. Schon heute wird über neue Begrifflichkeiten wie das Internet of Things diskutiert. In solchen Entwicklungen stecken sowohl technische als auch kommerzielle Potentiale, die unvorhersagbar sind. Da sich die Öffentlichkeit aufgrund immer weiter zunehmender Transparenz mit diesen Entwicklungen kritisch auseinandersetzt, werden entsprechende Ressourcen nötig sein, um optimale Anwendungen zu gewährleisten. Genauso wie beim Transport der Zukunft der Fokus auf dem Überwinden einer Distanz von A nach B liegt, ist der Zugriff auf ein unbegrenztes Datenvolumen von jedem Ort der Welt zu jeder Zeit eine Aufgabe der Informationstechnologie.

11 Literaturverzeichnis

1. Rotter, B. (2019, 29. März). Siemens tritt Bündnis von Amazon und Volkswagen bei. Abgerufen 29. März, 2019, von <https://t3n.de/news/siemens-tritt-buendnis-von-amazon-und-volkswagen-bei-1153812/>
2. Schmidt, S. (2015, 4. August). Die Cloud im Kontext von Speicher- und Dateisystemen. Abgerufen am 11. Dezember, 2018, von https://wr.informatik.uni-hamburg.de/_media/teaching/sommersemester_2015/sds-15-schmidt-cloudspeicher-ausarbeitung.pdf
3. Pageflow. (o.D.-a). Die Geschichte des Cloud Computing. Abgerufen 13. Januar, 2019, von <http://sms-computerwoche.pageflow.io/die-geschichte-der-cloud>
4. Mehl, S. (2018, 27. November). Historisch: Die Geschichte des Cloud Computing - Smart Business Cloud. Abgerufen am 13. Januar, 2019, von <https://www.smartbusinesscloud.de/geschichte-des-cloud-computing/>
5. Wikipedia-Autoren. (2018, 28. Juli). World Wide Web – Wikipedia. Abgerufen 15. Januar, 2019, von https://de.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web
6. Cloud Computing Insider. (o.D.-b). Was ist eine Multi-Tenancy-Architektur? Abgerufen 14. Januar, 2019, von <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-eine-multi-tenancy-architektur-a-775268/>
7. Jacobsen, N. (2019, 1. Februar). Amazon fährt im Jahr 2018 allein 10 Milliarden Dollar Umsatz mit Werbung ein › absatzwirtschaft. Abgerufen 3. Februar, 2019, von <http://www.absatzwirtschaft.de/amazon-machte-im-vorjahr-allein-10-milliarden-dollar-umsatz-mit-werbung-151060/>
8. Wikipedia-Autoren. (2018b, 29. Juli). Internet of Things. Abgerufen 16. Februar, 2019, von https://de.wikipedia.org/wiki/Internet_der_Dinge

-
9. BSI. (o.D.). BSI - Cloud Computing Grundlagen. Abgerufen 12. Februar, 2019, von https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/CloudComputing/Grundlagen/Grundlagen_node.html
 10. 20 Cloud Computing Quotes that you must read. (o.D.). Abgerufen 12. Februar, 2019, von <https://getnerdio.com/blogs/20-cloud-computing-quotes-must-read/>
 11. Universität Hamburg. Schmidt, S. (2015, 9. Juli). Cloudspeicher. Abgerufen 12. Februar, 2019, von https://wr.informatik.uni-hamburg.de/_media/teaching/sommersemester_2015/sds-15-schmidt-cloudspeicher-praesentation.pdf
 12. Microsoft. (o.D.). Was ist die Cloud – Definition | Microsoft Azure. Abgerufen 14. Februar, 2019, von <https://azure.microsoft.com/de-de/overview/what-is-the-cloud/>
 13. Wikipedia-Autoren. (2018, 30. März). Cloud Computing – Wikipedia. Abgerufen 14. Februar, 2019, von https://de.wikipedia.org/wiki/Cloud_Computing
 14. Amazon Web Services. (o.D.). AWS | Was ist Cloud Computing? – Amazon Cloud Services. <https://aws.amazon.com/de/what-is-cloud-computing/>
 15. Telekom. (o.D.). Das richtige Preismodell in der Cloud? Es kommt darauf an Abgerufen 15. Februar, 2019, von <https://cloud.telekom.de/de/blog/opentelekomcloud/das-richtige-preismodell-in-der-cloud-es-kommt-darauf-an>
 16. Computer Weekly. (o.D.-a). Der Unterschied zwischen Object- und Datei- sowie Block-Storage. Abgerufen 30. März, 2019, von <https://www.computerweekly.com/de/feature/Der-Unterschied-zwischen-Object-und-Datei-sowie-Block-Storage>
 17. Block-Speicher: Block Storage. (2016, 17. August). Abgerufen 30. März, 2019, von <https://www.itwissen.info/Block-Speicher-block-storage.html>
 18. Universität Hamburg,. Schmidt, S. (2015, 4. August). Die Cloud im Kontext von Speicher- und Dateisystemen. Abgerufen 13. Februar, 2019, https://wr.informatik.uni-hamburg.de/_media/teaching/sommersemester_2015/sds-15-schmidt-cloudspeicher-ausarbeitung.pdf

-
19. Die Vorteile eines Object-Storage-Systems gegenüber Datei- und Bloc.... (o.D.). Abgerufen 30. März, 2019, von <https://www.computerweekly.com/de/tipp/Die-Vorteile-eines-Object-Storage-Systems-gegenueber-Datei-und-Block-Storage>
 20. Wikipedia-Autoren. (2019, 28. März). Ceph – Wikipedia. Abgerufen 31. März, 2019, von <https://de.wikipedia.org/wiki/Ceph>
 21. Ceph. (o.D.). Ceph storage - Ceph. Abgerufen 31. März, 2019, von <https://ceph.com/ceph-storage/>
 22. Microsoft Azure. (o.D.-c). Was ist eine öffentliche Cloud – Definition | Microsoft Azure. Abgerufen 31. März, 2019, von <https://azure.microsoft.com/de-de/overview/what-is-a-public-cloud/>
 23. Microsoft Azure. (o.D.-b). Was ist eine private Cloud – Definition | Microsoft Azure. Abgerufen 31. März, 2019, von <https://azure.microsoft.com/de-de/overview/what-is-a-private-cloud/>
 24. Microsoft Azure. (o.D.-d). Was ist Hybrid Cloud-Computing – Definition | Microsoft Azure. Abgerufen 31. März, 2019, von <https://azure.microsoft.com/de-de/overview/what-is-hybrid-cloud-computing/>
 25. Microsoft Azure. (o.D.-a). Öffentliche, private und hybride Cloud im Vergleich | Microsoft Azure. Abgerufen 13. Januar, 2019, von <https://azure.microsoft.com/de-de/overview/what-are-private-public-hybrid-clouds/>
 26. Was ist Infrastructure as a Service? (o.D.). Abgerufen 25. Februar, 2019, von <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-infrastructure-as-a-service-a-605071/>
 27. Wikipedia-Autoren. (2019, 20. Februar). Platform as a Service – Wikipedia. Abgerufen 21. Februar, 2019, von https://de.wikipedia.org/wiki/Platform_as_a_Service
 28. Cloud Insider. (o.D.). Was ist Platform as a Service? Abgerufen 24. Februar, 2019, von <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-platform-as-a-service-a-624296/>
 29. Wikipedia-Autoren. (2018, 6. Dezember). Software as a Service – Wikipedia. Abgerufen 25. Februar, 2019, von https://de.wikipedia.org/wiki/Software_as_a_Service
-

-
30. Cloud Computing Insider. (o.D.-c). Was ist Software as a Service? Abgerufen 26. Februar, 2019, von <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-software-as-a-service-a-622859/>
 31. Wikipedia-Autoren. (2019, 28. März). Webdienst für die Synchronisation von Dateien. Abgerufen 31. März, 2019, von <https://de.wikipedia.org/wiki/Dropbox> Wikipedia-Autoren. (2019r, 31. März). Deduplikation – Wikipedia. Abgerufen 31. März, 2019, von <https://de.wikipedia.org/wiki/Deduplikation>
 32. Dropbox. (o.D.-b). Dropbox - Geschäftsbedingungen. Abgerufen 27. Februar, 2019, von <https://www.dropbox.com/de/privacy>
 33. Wikipedia-Autoren. (2019p, 27. Februar). US-amerikanischer Cloud-Computing-Anbieter. Abgerufen 27. Februar, 2019, von https://de.wikipedia.org/wiki/Amazon_Web_Services
 34. Cloud Computing Insider. (o.D.-d). Was ist Amazon EC2? Abgerufen 1. März, 2019, von <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-amazon-ec2-a-612991/>
 35. Computer Weekly. (o.D.-b). Was ist Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)? - Definition von.... Abgerufen 31. März, 2019, von <https://www.computerweekly.com/de/definition/Amazon-Simple-Storage-Service-Amazon-S3>
 36. Computer Weekly. (o.D.-c). Was ist RESTful API? Abgerufen 3. März, 2019, von <https://www.computerweekly.com/de/definition/RESTful-API>
 37. Universität Heidelberg (2009, 18. Mai). Amazon Simple Storage Services. Abgerufen 3. März, 2019, von https://wr.informatik.uni-hamburg.de/_media/teaching/sommersemester_2009/clcp_ss2009_timo_machmeier_amazons3.pdf
 38. Amazon. (o.D.-d). Vorteile. Abgerufen 22. März, 2019, von <https://aws.amazon.com/de/application-hosting/benefits/>
 39. Wikipedia-Autoren. (2019q, 28. März). US-amerikanischer Cloud-Computing-Anbieter. Abgerufen 28. März, 2019, von https://de.wikipedia.org/wiki/Amazon_Web_Services
-

-
40. DATEV. (o.D.). DATEVasp. Abgerufen 13. Januar, 2019, von <https://www.datev.de/web/de/cn/zga/datevasp/> von https://de.wikipedia.org/wiki/Amazon_Web_Services
 41. Amazon Virtual Private Cloud (Amazon VPC). (o.D.). Amazon Virtual Private Cloud (Amazon VPC). Abgerufen 24. März, 2019, von <https://www.computerweekly.com/de/definition/Amazon-Virtual-Private-Cloud-Amazon-VPC>
 42. Global Access Team. (2017c, 17. März). 7 Vorteile von Cloud Computing | Global Access. Abgerufen 17. Februar, 2019, von <https://www.global.de/blog/vorteile-cloud/>
 43. Global Access Team. (2017e, 13. September). 4 Nachteile von Cloud Computing | Global Access. Abgerufen 18. Februar, 2019, von <https://www.global.de/blog/nachteile-cloud/>

12 Abbildungen

5.1 <https://pixabay.com/de/internet-welt-global-link-151384/>

<https://pixabay.com/de/server-web-netzwerk-computer-567943/>

5.2 Vgl. [https://wr.informatik.uni-hamburg.de/_media/teaching/](https://wr.informatik.uni-hamburg.de/_media/teaching/sommersemester_2015/sds-15-schmidt-cloudspeicher-ausarbeitung.pdf)

[sommersemester_2015/sds-15-schmidt-cloudspeicher-ausarbeitung.pdf](https://wr.informatik.uni-hamburg.de/_media/teaching/sommersemester_2015/sds-15-schmidt-cloudspeicher-ausarbeitung.pdf)

7.1 <https://aws.amazon.com/de/types-of-cloud-computing/>

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und mich anderer als der im beigefügten Verzeichnis angegebenen Hilfsmittel nicht bedient habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Ich versichere weiterhin, dass ich die Arbeit vorher nicht in einem anderen Prüfungsverfahren eingereicht habe und die eingereichte schriftliche Fassung der auf dem elektronischen Speichermedium entspricht.