



# Serviceorientierte Architekturen in der Cloud

Leitfaden und Nachschlagewerk  
Version 1.0

## ■ Impressum

Herausgeber:	BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. Albrechtstraße 10 A, 10117 Berlin-Mitte Tel.: 030.27576-0 Fax: 030.27576-400 bitkom@bitkom.org www.bitkom.org
Ansprechpartner:	Wolfgang Dorst (BITKOM e. V.) Tel.: 030.27576-243 w.dorst@bitkom.org
Copyright:	BITKOM 2012
Redaktion:	Wolfgang Dorst (BITKOM e. V.)
Korrektorat:	Franziska Biedermann (BITKOM e. V.)
Grafik/Layout:	Design Bureau kokliko / Eugen Regehr (BITKOM e. V.)
Titelbild:	©iStockphoto.com/pictafolio

Serviceorientierte Architekturen in der Cloud – Leitfaden und Nachschlagewerk (1. Auflage).

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im BITKOM zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim BITKOM.

# Serviceorientierte Architekturen in der Cloud

Leitfaden und Nachschlagewerk  
Version 1.0

# Inhaltsverzeichnis

Übersicht und Lesehilfe	6
1 Einleitung	8
1.1 Motivation für den Leitfaden	8
Literatur	8
2 Entstehungsgeschichte der Software in der Cloud	9
2.1 Der Internetboom	9
2.2 Die Lehren des Booms: Ökonomie des Internet	10
2.3 Not macht erfinderisch – die Anfänge der Cloud	10
Amazon	11
Google	11
2.4 Die Cloud wird ein Geschäftsmodell	12
2.5 Die Software in der Cloud als generelles Architekturmodell	13
Literatur	13
3 Cloud-Computing-Referenzarchitektur/-Modell (CCRA/CCRM)	14
Vorwort	14
Grundsätzliche CCRA-Definitionen	15
Sicherheitskriterien (Common Criteria) für CC-Dienstleistungen	15
Anerkennung der CoC-Zertifikate durch das BSI	16
Elektronischer (virtueller) Geschäftsverkehr – rechtliches CC-Teilhabermodell	16
CC-Referenzarchitektur (CCRA) – technisches CC-Teilhabermodell	17
CCRA-Glossar	19
Weiterführende Literatur und Normungsreferenzen	20
4 Was bedeutet Cloud-Readiness?	22
4.1 Definition	22
4.2 Cloud-Readiness im Kontext des TOGAF-Content-Metamodel	22
4.3 Einfluss von Cloud-Computing auf Strategie und Vision	23
4.3.1 Strategische Betrachtung von Cloud-Computing	23
4.3.2 Einbeziehung in Architekturvision und Strategie	24
4.4 Geschäftsarchitektur im Kontext von Cloud-Computing	24
4.4.1 Standardisierung als Chance zur Steigerung der Prozesseffizienz	24
4.4.2 Orientierung an Industriestandards	26
4.5 Voraussetzungen auf der Ebene der Anwendungsarchitektur	26
4.5.1 Serviceorientierte Architektur als Voraussetzung für die Nutzung von Cloud-Angeboten	26
4.5.2 Definition des Einsatzbereiches von Cloud-Lösungen durch Festlegung der entsprechenden Anwendungsservices	27
4.5.3 Abgleich der Ziel-Anwendungsarchitektur mit der bestehenden Anwendungslandschaft zeigt Erneuerungsbedarf	27

4.5.4	Konsequente Umsetzung von Datenhoheit schafft die Entscheidungsgrundlage den Umgang mit Daten in Cloud-Lösungen	27
4.5.5	Cloud-Lösungen verlangen nach Standardisierung	28
4.5.6	Klare Vorstellungen zu Kostenstrukturen und Kapazitätsanforderungen	28
4.6	Voraussetzungen auf der Ebene der Technology-Architecture	28
4.6.1	Nutzung von Cloud-Lösungen bedeutet den Auf- und Ausbau der Integrationsinfrastruktur	28
4.6.2	Nutzenoptimierung von Cloud-Lösungen im Bereich der Technology-Architecture durch Plattform und Infrastruktur-Konsolidierung	29
4.6.3	Die Nutzung externer Services verlangt nach entsprechender Überwachung und Betriebsverfolgung	30
4.6.4	Cloud-Lösungen bedürfen neuer Ausfallsicherheitskonzepte	30
4.7	Führung und Steuerung für Cloud-Lösungen	31
4.7.1	Cloud-Lösungen verlangen den Aufbau einer eigenen Steuerungsorganisation	31
4.7.2	Für Services muss das Unternehmen gerade für Cloud-Lösungen Service-Level-Agreements treffen	32
4.8	Checkliste und Fazit zu Cloud-Readiness	32
	Weiterführende Literaturhinweise	34
5	Integration	35
5.1	Motivation	35
5.2	Integrations Szenarien	35
5.3	Integrationsanforderungen	37
5.4	Integrationsarten	38
5.4.1	Datenintegration	38
5.4.2	Serviceintegration	39
5.4.3	Prozessintegration	40
5.4.4	Portalintegration	41
5.4.5	Security-Integration	41
5.5	Cloud-Integrationslösungen	44
5.5.1	Bewertungskriterien für SaaS-Integrationslösungen	46
5.6	Empfehlungen für den Einstieg	46
5.7	Fazit	46
	Literatur	47
6	Anbieterwechsel	48
	Lebenszyklus und Anbieterwechsel	48
	Lebenszyklus	48
	Anforderung und Design	48
	Auswahl	49
	Lock-in-Effekte	50
	Deployment und Betrieb	51
	Ablösung	51
	Literatur	51

7	Geschäftsprozesse aus der Cloud	52
	Motivation und Definition: Geschäftsprozesse in der Cloud – BPaaS und BPMaaS	52
	BPMaaS	52
	BPaaS	54
	Vergleich von BPMaaS und BPaaS	55
	Gemeinsame Vor- und Nachteile	56
	Chancen und Risiken durch den Cloud-Einsatz	57
	Chancen	57
	Risiken	57
	Standardisierung zur Effizienzsteigerung nutzen	57
	Herausforderungen und Lösungsansätze	59
	Wie finde ich den passenden BPaaS oder BPMaaS-Anbieter in der Cloud?	60
	Funktionalität und Qualitätseigenschaften	60
	Meta-Services	61
	Weitere Kriterien	62
	Fazit	62
	Literatur	63
8	Technische Konzepte	64
	8.1 Softwarearchitekturen in der Cloud	64
	8.1.1 Anforderungen an die Softwarearchitekturen in der Cloud	64
	8.1.2 Zusammenfassung der Anforderungen	66
	8.2 Eingeführte Architekturen im Cloud-Stack	67
	8.2.1 Basis – Betriebskonzepte	67
	8.2.2 Datenbanken in der Cloud	68
	8.2.3 SOA als Architektur für Anwendungen in der Cloud	69
	8.2.4 Anwendung – Standards	72
	8.3 Sicherheit in der Cloud	72
	8.4 Ausgewählte Anwendungen auf Basis der Software in der Cloud	73
	8.5 Ausgewählte Architektur Aspekte der Cloud	74
	CAP-Theorem	74
	Timestamp	75
	Neue Anwendungspattern	75
	In-Memory	75
	8.6 Abschlussbetrachtung und Empfehlung	76
	Literatur	77
9	Nutzenkette und Nachhaltigkeit	78
	9.1 Einleitung	78
	9.2 Kosten-Nutzenbetrachtung der Softwarearchitekturen des Cloud-Computing	78
	9.2.1 Überblick über Stand der Nutzen-Diskussion der Cloud aus Anwendersicht	79
	9.2.2 Gesamt-Kosten-Nutzenanalyse für Softwarearchitekturen in einer kompletten Cloud-Implementierung	80
	9.2.3 Kosten-Nutzen-Analyse einzelner Software-Komponenten aus dem Cloud-Computing	80

In-Memory-Datenbanken	82
Automatisierte Betriebskonzepte	82
Bedienkonzepte	82
Standardisierung	83
9.3 Ausblick auf vorhersehbare Entwicklung	83
9.4 Exkurs – Verfahren zum Vergleich technischer Architekturen	83
9.4.1 Technische Input-Output-Analyse	83
9.4.2 Betriebswirtschaftliche Gesamt-Kosten-Nutzen-Analyse	84
Literatur	84
10 Ausblick	85
Danksagung	86

# Übersicht und Lesehilfe

In diesem Abschnitt führen wir in die einzelnen Kapitel dieses Leitfadens ein und wollen so einen schnellen Überblick und dem Leser Orientierungshilfe geben.

Kapitel 2 »Entstehungsgeschichte der Software in der Cloud« zeigt die Ursachen, Gründe und Entwicklungen, die das heutige Angebot in der Cloud geprägt haben. Aus der historischen Entwicklung kann man gut die Motivation der heutigen Anbieter erkennen und auf zukünftige Tendenzen und Perspektiven schließen.

Kapitel 3 »Cloud-Computing-Referenz-Architektur-Modell (CCRA/CCRM)« zeigt in Analogie zum Referenzmodell für Offene Verteilte Systeme (»Open Distributed Processing« – ODP) eine Referenzarchitektur für das Cloud-Computing. Wir wollen so die Eigenschaften und Anforderungen für das Cloud-Computing aus verschiedenen Blickwinkeln darstellen. Der Leser erhält damit ein konsistentes Begriffsgefüge, mit dem er weitere Aspekte des Cloud-Computing einordnen kann.

Im Kapitel 4 »Was bedeutet Cloud-Readiness?« zeigen wir dem Leser Grundlagen und Voraussetzungen für einen effizienten und nutzbringenden Schritt in die Welt des Cloud-Computing. Cloud-Readiness stellt den Reifegrad einer Organisation dar, geeignete Cloud-Services zu identifizieren, die einen Mehrwert bringen, sie effektiv und zielgerichtet in die Organisation zu integrieren und ihren Einsatz effizient zu managen. In diesem Kapitel findet sich auch eine Checkliste zu Cloud-Readiness.

Das Kapitel 5 »Integration« zeigt wie die klassische Integrationsaufgabe unter Nutzung von Cloud-Services gelingt: Sicherzustellen, dass die Anwendungen die richtigen Daten zur richtigen Zeit zur Verfügung haben, um Geschäftsprozesse optimal unterstützen können. Das Kapitel zeigt verschiedene Ebenen der Integration und Integrationsmuster. Daneben weist es auf die technischen Voraussetzungen hin.

Das Kapitel 6 »Anbieterwechsel« beschreibt die Rahmenbedingungen und Voraussetzungen, die zu beachten sind, um einen Wechsel des Anbieters von Cloud-Services prinzipiell möglich zu machen und die ein Anwender von Cloud-Services von Anfang an berücksichtigen soll. Daneben gibt das Kapitel Hilfestellung, wie denn im Konkreten ein Anbieterwechsel erfolgen kann.

Kapitel 7 »Geschäftsprozesse aus der Cloud« beschreibt mit Business-Process-as-a-Service als auch Business-Process-Management-as-a-Service zwei Modelle der Unterstützung von Geschäftsprozessen in der Cloud. Diese beiden Vorgehensweisen zeigen Wege für eine grundsätzliche Transformation der Unternehmensorganisation unter Nutzung von Cloud-Services über die IT hinaus auf.

In Kapitel 8 »Technische Konzepte« beleuchten wir einige wichtige technische Konzepte, die für das Cloud-Computing essentiell sind. Das Verständnis für die durch diese Konzepte gelösten Fragestellungen notwendig, um die verschiedenen Ausprägungen und Varianten von Cloud-Angeboten beurteilen zu können.

Kapitel 9 »Nutzenkette und Nachhaltigkeit« beschreibt den aktuellen Diskussions- und Wissensstand in der wirtschaftlichen Beurteilung von Cloud-Services. Der Leitfaden bezieht sich hier explizit auf belegte konkrete Aussagen. Das hilft dem Leser mit einer ersten Indikation für eine Einschätzung von Cloud-Services in seinem Umfeld.

Der »Ausblick« in Kapitel 10 zieht noch einmal ein Gesamtfazit und versucht sich in einer Einschätzung der Zukunft der Nutzung von Cloud-Services.





# 1 Einleitung

## ■ 1.1 Motivation für den Leitfaden

Wohl kaum ein Thema der IT wurde in den vergangenen zwei Jahren mit mehr Aufmerksamkeit bedacht als Cloud-Computing. Es ist auffällig, dass die äußeren Erscheinungsmerkmale dabei erheblich mehr im Vordergrund standen als die harten IT-Fakten im Kern, die eher hinter der umfangreichen Publizität verborgen blieben, oder auch verborgen werden sollten.

Dieser Leitfaden soll diese Lücke schließen und die harten IT-Fakten im Kern der Cloud offenlegen, es geht also im gut faustischen Sinne um Erkenntnisse über des Pudels Kern.

Die Geschichte ist bekannt: Als Goethes Faust in seinem Labor einen fremden Pudel entdeckte, fiel seinem wissenschaftlich geschulten Auge ein leicht ungewöhnliches Verhalten des Tieres auf. Fausts Wissensdrang war erregt und richtete sich darauf, das Ungewöhnliche am Pudel zu erforschen, also des Pudels Kern [1]. So soll es auch in diesem Leitfaden sein. Es geht um des Pudels Kern, nicht um die Farbe seines Fells oder den Klang seines Gebells.

Wenn Sie am Ende wie Faust ausrufen können: »Das ist also des Pudels Kern!«, oder, »Jetzt verstehe ich, welche Software in der Cloud ist!«, oder auch, »Jetzt kann ich den Nutzen aus technischer Sicht beurteilen«, dann hat der Leitfaden seine von uns vorgesehene Aufgabe erfüllt.

Alles um die Cloud entwickelt sich sehr dynamisch, es gibt mittlerweile weitere gute Gründe, sich mit dem Thema Cloud fachlich auseinanderzusetzen.

Ende September 2012 hat die Europäische Union mit Ihrem Positionspapier »Unleashing the Potential of Cloud Computing in Europe« [2] die überragende Wichtigkeit des Themas für den Wirtschaftsstandort Europa deutlich gemacht. Um das erkannte Nutzenpotential abzusichern und zu vergrößern, werden von der EU eine Reihe von Aktivitäten angestoßen. Es ist geplant, die Services aus

der Cloud EU-weit durch einheitliche Rechtsnormen zu regeln und einheitliche technische Standards für die Nutzung von Cloud-Services zu etablieren. Das Papier der Europäischen Union kann als treffende Zusammenfassung der bisherigen Diskussion zum Thema Cloud-Computing angesehen werden. Die angekündigten Initiativen versprechen, die bekannten rechtlichen Lücken im Bereich Datensicherheit/Daten-Selbstbestimmung zu schließen und die technischen Hürden für den Betrieb sowie für den Ein- und Ausstieg weitestgehend zu beseitigen.

Ein Wort zur Vorgehensweise: Der Leitfaden liefert einen Überblick über die Themen und eine Wertung. Für die einzelnen Themen schlagen die Autoren ausgewählte, vertiefende Artikel vor, die separat aufzurufen sind.

Das Autorenteam wünscht Ihnen viel Spaß beim Lesen und einen guten Start in das Cloud-Computing.

## Literatur

[1] Goethe, Johann Wolfgang: Faust 1.

[2] Unleashing the Potential of Cloud Computing in Europe. [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/cloudcomputing/docs/com/com\\_cloud.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/cloudcomputing/docs/com/com_cloud.pdf), Letzter Aufruf am 11.10.12.

## 2 Entstehungsgeschichte der Software in der Cloud

Ursprünglich sollte dieses Kapitel »Rahmenbedingungen für Software in der Cloud« heißen. Ganz technisch, ganz nüchtern. Diskussionen im Autorenteam und Tests mit Freunden und Kollegen überzeugten uns, dass die Rahmenbedingungen, die die Software in der Cloud prägten, besser aus ihrer Entstehungsgeschichte heraus zu verstehen sind.

Es geht in diesem Kapitel um die Entstehungsgeschichte, die das Cloud-Computing prägte. Diese Phase endete in etwa um 2007/2008. Die weitere Ausbreitung, besonders durch das Mobile Computing und die aktuellen Auswirkungen auf die umliegende Wirtschaft und deren Technik ist ein im Vorgang befindlicher Prozess, der für eine historisch gesicherte Sicht noch zu jung und unabgeschlossen ist. Im Vordergrund dieser Betrachtung steht daher welche Kernkompetenzen entstanden sind.

### ■ 2.1 Der Internetboom

Nach der Definition der Standards des Internets und stabiler Implementierung der Technik wuchs das Internet ab 1994 jährlich um einen Faktor 20 und mehr, es wurde allgemein als die nächste große neue Geschäftschance begriffen. Wagemutige Finanziers, junge Internet-Techniker, oder auch solche, die sich als solche verstanden, machten sich auf den Weg, den Kontinent Internet und E-Business mit neuen Geschäftsideen und entsprechender Software zu erobern.

Es entwickelte sich rasch eine Art Internetwahn. Firmen der selbsternannten »New Economy« des Internets schossen empor, gingen an die Börse, überholten nach Wochen den Aktienwert gestandener Firmen, abwertend als »Old Economy« bezeichnet. Fast jede Idee fand Finanziers und Fans. Goethe hätte Stoff für mindestens zwei weitere Bände Faust schöpfen können.

Der anfängliche Engpass der Telekommunikationsnetze wurde durch raschen Ausbau beseitigt, die

Telekommunikationsindustrie sah ihre Chance und investierte geschätzte 300 Milliarden USD, um an dem erwarteten Boom teilzunehmen. Um sich von der Old Economy deutlich zu differenzieren, wurde Bekanntes mit neuen Begriffen belegt. Diese spielerische Lust an der Namensgebung ist bis heute ungebrochen und erschwert schon mal das Verständnis für die Software in der Cloud. Die Internetpioniere waren selbstbewusst angetreten, die Welt zu verändern. Aber in dem hyperaktiven Wettbewerb eines sich ständig verändernden, dynamisch wachsenden Internet stellten sich viele Geschäftsmodelle als nicht tragfähig heraus, die Blase platzte zur Jahrtausendwende, hunderte von Internetfirmen brachen zusammen. Einige wenige überlebten, übrig blieben vor allem Erfahrungen und ein beträchtliches finanzielles Trümmerfeld:

1. Die Telekom-Industrie hatte Überkapazitäten aufgebaut, die in preiswerten Angeboten abgebaut wurden und so die nächste Phase der Internetwirtschaft förderte.
2. Wagnisfinanziers mieden alles, was entfernt nach Internet, E-Business oder Telekommunikation aussah. Die nächste Generation der Pioniere musste aus reiner Not heraus erfinderisch sein.

## ■ 2.2 Die Lehren des Booms: Ökonomie des Internets

Die Erfahrungen aus der Zeit des Internetbooms führten zu einem besseren Verständnis der Ökonomie des Internets und daraus abgeleiteten Anforderungen an die Software:

1. Der Wettbewerb ist im Internet immer nur einen Klick entfernt. Die Kunden laufen zum sympathischsten, innovativsten, am einfachsten zu bedienenden und vor allem preiswertesten Anbieter, zulasten aller anderen Anbieter. Gute und schlechte Nachrichten verbreiten sich im Internet schnell und erreichen viele. Das Geschäftsmodell und die IT müssen gemeinsam betrachtet werden und kontinuierlich in ihrer Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit weiterentwickelt werden, um gegenüber der Konkurrenz zu bestehen und Geld zu verdienen. Die Geschäftsprozesse müssen präzise funktionieren, um den guten Ruf zu erhalten. Die Herausforderung an die Softwarearchitekturen ist, kontinuierliche Innovation bei höchster Effizienz, Zuverlässigkeit und Messbarkeit gleichzeitig zu ermöglichen.
2. Internetkunden reagieren hochsensibel auf Schwankungen des Services. So zum Beispiel stellte Amazon fest, dass eine um 1/10 Sekunden langsamere Antwortzeit zu 1 % Umsatzeinbuße führte, und Google erreichte 1/5 weniger Anfragen, wenn die Antwortzeit sich um 0,5 Sekunden verlangsamte. Nach einem Totalausfall dauerte es Tage bevor die Kunden zurückkehrten. Die Software muss lastabhängig stufenlos skalieren, um optimale Antwortzeiten zu garantieren. Ununterbrochener Service erfordert, dass die Software den Ausfall von Komponenten überbrücken kann und die Wartung während des Betriebes durchführbar ist.
3. Stimmt das Angebot, wächst die Nachfrage in kurzer Zeit lawinenartig. Nur massiv-parallele IT-Architekturen haben das Potential, entsprechend in kurzer Zeit in großer Bandbreite zu skalieren. Die Software muss infolgedessen massiv-parallele Prozesse linear skalierend unterstützen können.

4. Eine einfache, bequeme, attraktive, intuitiv zu begreifende Bedienung ist ein entscheidender Wettbewerbsvorteil.

Die Bedienung muss intuitiv erlernbar sein, alle Funktionen des Geschäftsmodells müssen per Selbstbedienung einfach und verständlich aktivierbar sein.

5. Das Internet kennt keine Grenzen für den Wettbewerb. Innovationen sind die Norm, jede Innovation kann das Geschäftsmodell angreifen oder die Kunden zu besseren Angeboten weglocken. So zum Beispiel verlor das Musik-CD-Versandgeschäft von Amazon nach Einführung des Musik-Downloads durch Apple sehr schnell an Bedeutung.

Die Software muss infolgedessen flexibel und schnell anpassbar sein an ein verändertes Geschäftsmodell. Nur agile Methoden der Entwicklung und eine auf Austauschbarkeit einzelner Komponenten angelegte Software-Architektur, die das Geschäftsmodell strukturiert abbildet, ermöglichen eine kontinuierliche Innovation. Aus diesen Anforderungen heraus entwickelten sich unter anderem die Prinzipien der serviceorientierten Architektur (SOA).

Gestandene, erfahrene Softwarearchitekten glaubten seinerzeit nicht, dass diese Anforderungen in Summe erfüllbar waren. Das Urteil lautete: Mission impossible.

Die Internetfirmen konnten aus dem Rennen nicht mehr aussteigen. Sie stellten die besten Absolventen der besten Universitäten ein, die noch keine Erfahrungen besaßen, und gaben das Motto aus: Geht nicht gibt es nicht.

## ■ 2.3 Not macht erfinderisch – die Anfänge der Cloud

Unter den wenigen heute noch bekannten Überlebenden des Internetbooms waren die Firmen Amazon (gegründet 1995) und Google (gegründet September 1998). Voneinander unabhängige Entwicklungen machten beide Firmen zu den bekanntesten Pionieren der Software in der Cloud.

## Amazon

Amazon hatte als Webshop für Bücher am Internetboom teilgenommen und massiv in seine Infrastrukturen investiert. Nach Ende des Booms wurde es zu einer existenziellen Frage, erstmals ein positives Betriebsergebnis vorzulegen und die Investoren von der Nachhaltigkeit des Geschäftsmodells zu überzeugen.

Die Amazon-Informationstechnologie war gut aufgestellt und hatte erste Erfahrungen mit einem Shop-im-Shop-Geschäft für kleinere Spezialbuchhändler gemacht. Um die im Boom aufgeblähten IT-Kapazitäten zu nutzen, bot Amazon seine komplette Webshop-Plattform am Markt an. Zu den ersten Kunden gehörte eine bekannte globale Spielzeugkette, die auf der Amazon-Plattform seinen eigenen Webshop eröffnete. Aus heutiger Sicht war dies das erste bekannte Cloud-Angebot, nach heutiger Definition ein Software-as-a-Service (SaaS).

Was Amazon damals rettete, war eine aus Komponenten aufgebaute, flexible miteinander verbundene Software, die präzise auf das Geschäftsmodell ausgerichtete Funktionen erfüllte und daher leicht anpassbar war an neue Anforderungen, wie sie die Großkunden forderten. Diese Architektur wurde weiterentwickelt und später unter dem Namen SOA bekannt.

Aus diesem aus der Not geborenen ersten Schritt, entwickelten sich stückweise immer neue Angebote für Kunden, die Amazon-IT-Ressourcen zu nutzen. Amazon konnte seine IT-Kapazitäten in Zeiten schwacher eigener Nachfrage besser auslasten und gleichzeitig Geld verdienen. Dieses Modell wurde weiterentwickelt zu einem eigenständigen Geschäft mit der Cloud, das Amazon heute verstärkt betreibt und einen erheblichen Anteil am Gewinn produziert. Amazon legte damit einen der zwei Grundsteine für die Cloud-Industrie.

## Google

Google war einer der Internet-Firmen, die zu spät gegründet wurden, um am Boom teilzunehmen. Die Investoren waren schon vorsichtig, Wagniskapital knapp geworden.

Das bescheidene private Budget der Gründer reichte nicht für einen High-End-Server. Stattdessen kamen sie auf die Idee, für die Suchmaschine eine Hardware aus parallel geschalteten Kernen billiger Konsum-PCs von der Restterampe selbst zu bauen. Jeder Kern, im Wesentlichen ein PC ohne Gehäuse, bestand aus dem eigentlichen Rechner, dem Hauptspeicher und einem Plattenspeicher. Mehr Kerne bedeuteten mehr Leistungspotential, ein bestehend einfaches Konzept, das grenzenlose Erweiterbarkeit verspricht.

Parallele Hardware-Architekturen skalieren aber nur, wenn die einzelnen Software-Komponenten unabhängig voneinander arbeiten können (share nothing). Dieses nicht ganz triviale Problem löste Google unter anderem durch die Entwicklung massiv-paralleler Datenbanken, deren bekannteste, »Google Big Table«, die Idee zu dem bekannten Produkt HADOOP gab. Diese Datenbank konnte auch zur Analyse des Geschäftes eingerichtet werden. Da die preiswerten Hardware-Komponenten den notwendigen 24-x-7-Betrieb nur bedingt aushielten, musste die Software Fehler bzw. den Ausfall einzelner Hardware-Komponenten zuverlässig ausgleichen können. Auch diese Aufgabe wurde zum größten Teil durch die Datenbanksoftware gelöst. Die Software musste die Hardware aus purem Geldmangel optimal nutzen, also war ein präzises, hocheffizientes Management der Arbeitslast vonnöten. Die Benutzeroberfläche beschränkte sich auf ein schnörkelloses Minimum mit nur einer Funktion. Operatoren zur Wartung und Pflege der Software sind teuer, aus Budgetgründen wurde die Aufgabe weitestgehend automatisiert.

Es ist erstaunlich, mit welcher relativ einfachen, aber wohl-durchdachten Lösungen Google die Anforderungen an die Software im Internet für seine Anwendungen erfüllte.

Google produzierte seine Suchergebnisse extrem effizient, die Anfragen stiegen rasch und Geld war immer noch knapp. Da Googles seine Ideen nicht durch Patente geschützt, sprachen sich die von Google entwickelten Architekturen schnell herum und legten den zweiten Grundstein für die Cloud-Industrie.

Alle heute bekannten Cloud-Angebote von Apple über Facebook bis Twitter benutzen oder erweiterten die hier skizzierten Google-Software-Entwicklungen. Auch Amazon kopierte und verbesserte sein Angebot in diese Richtung.

## ■ 2.4 Die Cloud wird ein Geschäftsmodell

Nachdem um etwa 2004/2005 eine bewährte, hocheffiziente, skalierbare Hard- und Softwarearchitektur zur Verfügung stand, begannen nach Amazon und Google weitere Firmen das Potential zu sehen. Über preiswerte Netzwerkverbindungen konnten IT-Services weltweit angeboten und durch die neuen Architekturen und eine Industrialisierung der gesamten IT extrem preiswert produziert werden.

Als Kundengruppen wurden identifiziert und entsprechend adressiert:

- Konsumenten, die einfach, preiswert und bequem kommunizieren, Daten austauschen oder andere Services nutzen wollten, darunter sogenannte Social Media,
- Firmen, die Teile ihrer IT-Lösung auslagern wollten (Benannt als: Platform-as-a-Service (PaaS)),
- Firmen, die Ressourcenengpässe temporär überbrücken wollten (Benannt als: Infrastructure-as-a-Service (IaaS)),
- Firmen, die variable Kosten der Nutzung einer Softwarelösung einer Investition in IT vorzogen. (Benannt als: Software-as-a-Service (SaaS)).

Eine Fülle von Cloud-Angeboten entstanden, der intensive Wettbewerb sorgte für weitere Steigerungen der Effizienz in den Rechenzentren. Die bekannten Architekturen wurden verfeinert und weiterentwickelt. Neue Softwarelösungen entstanden für die Aufnahme in die Cloud und die sichere Verbindung zur Cloud.

Die bekannten Analystenfirmen geben regelmäßig Schätzungen zur Größe dieses Marktes und seiner Entwicklung ab. Verbindliche Daten sind rar, allzumal eine Reihe von großen Cloud-Anbietern, die Geschäfte mit der Cloud in der Bilanz mit anderen Geschäften zu einer Position »Sonstiges« (others) zusammenfassen.

Als ein Indiz, welche Größenordnungen Cloud-Computing heute erreicht hat, sei die Studie der Firma PAC [4] zitiert, die schätzt, dass Google in 2012 für seine Cloud rund 20 % der weltweit installierten Serverleistung einsetzt.

Ein anderes Indiz liefert Apple [5]. Apple bietet jedem Käufer eines Smartphones Zugriffsrechte, Software und 5 GB Speicher in der Apple-Cloud an. Bei 37 Millionen Käufern im Q4 2011 summiert sich der Speicherplatz auf 185.000 Terabytes oder 185 Petabytes. Dieser Wachstumsschub samt Ansturm über die Weihnachtstage scheint reibungslos ohne Probleme von der Apple-Cloud abgearbeitet worden zu sein, ebenso wie die ähnlich hohen Zuwächse in Q1 und Q2 2012.

## ■ 2.5 Die Software in der Cloud als generelles Architekturmodell

Viele Unternehmen fanden die Vorteile der Cloud attraktiv, aber wollten keinen Cloud-Service beauftragen. Daraus entstand die Idee der sogenannte Private Cloud. Eine Private Cloud nutzt die gleichen Architekturmodelle wie die Software in der Cloud, aber die Installation ist exklusiv im eigenen Haus für Mitarbeiter. Wenn Cloud das gemeinsame Architekturmodell ist, dann müssten Private Cloud und Cloud-Angebote des Marktes dynamisch miteinander verbindbar sein. Diese Idee bewog Firmen 2010, sich zu Interessensgruppen zusammenschließen, um Standards und Architekturen zu definieren für einen nahtlosen Übergang von einer Private Cloud in eine ausgewählte Public Cloud, für den Wechsel zwischen Clouds sowie für cloudübergreifende verbindende Software-Architekturen.

Mit ihrer Cloud-Initiative im September 2012 setzt die Europäische Union auf diesem Weg weitere Akzente.

Damit war die Software-Architektur, die im Wettbewerb im Internet geformt wurde und die ersten Cloud-Angebote ermöglicht hatte, aus der Nische herausgetreten und wurde zu einer generellen Softwarearchitektur des 21. Jahrhunderts.

## Literatur

- [1] Brandt, Richard L. (2011): »One Click: Jeff Bezos and the Rise of Amazon.com«. New York: Portfolio. ISBN 978-1-59184-375-7.
- [2] Levy, Steven. »Google inside«: Heidelberg: mitp, 2012, 1. Auflage.
- [3] Vise, David A. und Malseed, Mark: »The Google Story: Inside the Hottest Business, Media, and Technology« (Paperback).
- [4] Carnelly, Philip: »Ist Google ein IT-Unternehmen?«. [www.e-3.de](http://www.e-3.de), Ausgabe Oktober 2012, Seite 20.
- [5] Apple Corp. Geschäftsbericht 2011 sowie Q1 und Q2 2012.

# 3 Cloud-Computing-Referenzarchitektur/-Modell (CCRA/CCRM)

## Vorwort

Dieses Kapitel wendet sich an den Informatiker, der sich über den Stand der systematischen, wissenschaftlich fundierten Architekturarbeit für das Cloud-Computing informieren möchte. Heute existierende Cloud-Computing-Architekturen sind häufig noch auf einfacheren, eher pragmatischen Prinzipien aufgebaut. Hier werden theoretische Aspekte einer möglichen zukünftigen Referenzarchitektur skizziert, die sich mit der nächsten Generation des Cloud-Computing weiterentwickeln wird.

In Analogie zum Referenzmodell für Offene Verteilte Systeme (Open Distributed Processing – ODP) wollen wir die Eigenschaften und Anforderungen für das Cloud-Computing aus verschiedenen Ansichten darstellen. Jede Darstellung bedarf einer mehr oder weniger formalen Sprache bzw. Ontologie<sup>1</sup>.

Die jeweilige Anwendung dieser Ontologien ergibt eine spezifische Ansicht des Cloud-Computing. Diese Darstellungen aus einem bestimmten Blickwinkel wollen wir der Einfachheit halber »Modell« bzw. »Teilhabermodell« nennen.

Wir betrachten es als »hinreichend vollständig« Cloud-Computing aus den Ansichten folgender fünf Teilhaber zu spezifizieren: Industrie, Regulierungsbehörden, Normung, Anwendung, Ingenieur/Technologie. Somit setzt sich ein umfassendes CC-Referenzmodell aus der Menge folgender Teilhabermodelle, d. h. aus fünf Sichten zusammen:

- CCRA aus Sicht der Industrie, d. h. CCRA-Plattformen (Plattform-Modell),
- CCRA aus Sicht der Aufsichtsbehörden, z. B. EU-Richtlinie 2000/31/EG (Rechts-/Geschäftsmodell),
- CCRA aus Sicht der Normung, d. h. ISO SC38 WG3 (Normungs-/Referenz-Modell),
- CCRA aus Sicht des Anwenders, d. h. Stakeholder-Modell (Anwendungs-/Anforderungsmodell),
- CCRA aus Sicht des Ingenieurs (Technologie-/Implementierungsmodell).

Die fünf Sichten ergeben jeweils Modelle, die nach ihrem wesentlichen Bestandteil bezeichnet werden. So hat Stakeholder »Industrie« Plattformen, Stakeholder »Aufsichtsbehörde« die Regularien des Geschäftsmodells, Stakeholder »Normung« ein allgemeingültiges Normungsmodell, Stakeholder »Anwender« ein Anforderungsmodell und Stakeholder »Ingenieur/Implementeur« ein Technologie-modell im Visier.

Ergänzt werden diese fünf Grundsichten bzw. Modelle, mit denen in den CCRA-Normungsdokumenten verwendeten Definitionen und einem Glossar über CC-Begriffe und Konzepte.

Innerhalb jeder Teilhaberklasse können weitere Teilhaber spezifiziert werden, z. B. werden im Komplianzmodell neun<sup>2</sup> weitere und im CC-Geschäftsmodell vier weitere Teilhaber genannt.

<sup>1</sup> Ontologie bezeichnet eine, manchmal regelgestützte, Sammlung von unteilbaren und zusammengesetzten Begriffen einer bestimmten Domäne, z. B. Cloud-Computing, worüber Aussagen gemacht werden sollen.

<sup>2</sup> Alle quantitativen Angaben orientieren sich am Stand der aktuellen Diskussion von November 2012.



## Grundsätzliche CCRA-Definitionen

### Cloud-Computing<sup>3</sup> (CC) – Dienstleistung (DL)

Dienstleistungen, die mit Hilfe von Cloud-Computing(CC)-Technologien erbracht werden, wollen wir im Diskurs über Cloud-Computing gleichsetzen mit dem rechtlichen Begriff der »Dienst[-leistungen] der Informationsgesellschaft«, wie sie in den »Richtlinien über den elektronischen Geschäftsverkehr« [Richtlinie 2000/321/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, vom 8.6.2000] spezifiziert sind.

### Sicherheitskriterien (Common Criteria) für CC-Dienstleistungen

CC-Dienstleistungen sollen durch Anwendung bzw. Überprüfung von Sicherheitskriterien, den sog. »Common Criteria«, »vertrauenswürdig« gemacht werden. Sie stellen objektive Bewertungsmaßstäbe für CC-Systeme bzw. CC-Plattformen dar, im Gegensatz zu den subjektiven Zusicherungen der Hersteller.

Die Bewertung der Systemsicherheit, wie es im sog. Grünbuch des Bundesamtes für Sicherheit in Bonn [BSI Grünbuch] dargestellt wird, teilt die zu bewertenden Systeme in zehn Funktionsklassen auf.

Falls eine Systemevaluation durchgeführt wird, müssen alle evaluierten Systemklassen explizit aufgeführt werden. Folgende Funktionsklassen sind im [BSI Grünbuch] beschrieben:

1. Vor jeder Interaktion mit dem System muss eine Benutzer-Identifikation und -Authentisierung durchgeführt werden.
2. Bei jeder durchgeführten Interaktion muss das System die Benutzer-Identität feststellen und für jeden Benutzer, Zugriffsrechte zu einem Objekt festlegen können.
3. Das System muss alle Subjekte (Stakeholder) und Objekte mit Rechte-Attributen, um daraus Zugriffsregeln abzuleiten, versehen können. Das System benötigt zusätzlich eine Protokollierungskomponente, um Identifikations- und Authentisierungsereignisse mit Objektattributen, protokollieren zu können.
4. Identifikation und Authentisierungen müssen über einen vertrauenswürdigen Pfad zwischen Benutzer und System abgewickelt werden können.
5. Sicherheitsanforderungen können, neben dem Login, fordern, dass bei bestimmten Aktionen zusätzlich Identifikation und Authentisierung erforderlich sind.
6. Für sicherheitskritische Systeme mit besonders hohen Anforderungen an die Integrität von Daten und Programme, muss es möglich sein, Objekte einem vordefinierten Type zuzuordnen. Für jeden Objekttyp wird festgelegt, welche Benutzer, Rollen, Prozesse und in welcher Form, Zugriff auf den Objekttyp gewährt wird.
7. Für Realzeit-Systeme mit besonderen Anforderungen an die Verfügbarkeit eines Systems, muss es möglich sein, den Ausfall einzelner Hardwarekomponenten so zu überbrücken, dass das Restsystem permanent zur Verfügung steht.
8. Für die Sicherung der Integrität von Daten bei der Datenübertragung, muss es möglich sein, dass vor Beginn der Datenübertragung die Gegenseite, samt Rechner, Prozessen oder Benutzer, identifiziert und authentisiert werden.

<sup>3</sup> Die Abkürzung »CC« für das Cloud-Computing darf nicht mit der ebenfalls gebräuchlichen Abkürzung »CC« für »Common Criteria« (ISO/IEC 15408:2005) verwechselt werden. Falls es nicht aus dem Kontext hervorgeht, verwenden wir folgende unterschiedliche Abkürzungen: »CIC« und »CoC« für Cloud-Computing und Common Criteria entsprechend.

9. Für Systeme mit hohen Anforderungen an die Geheimhaltung von Daten bei der Datenübertragung haben, muss es möglich sein, Daten vor der Übertragung zu verschlüsseln sowie empfängerseitig zu entschlüsseln. Dabei muss von einer autorisierten Prüfstelle geprüft werden, ob es sich um ein zugelassenes Verfahren handelt.
10. Für vernetzte Systeme mit hohen Anforderungen an die Geheimhaltung und Integrität der zu übertragenden Daten, muss es möglich sein Ende-zu-Ende-Verschlüsselungstechniken zu verwenden, das Verkehrsaufkommen auf besonderen Übertragungskanälen geheim zu halten, Manipulationen von Nutz- und Protokoll Daten sowie Überspielen alter Protokolldaten, sicher zu erkennen.

Dem Maß der Vertrauenswürdigkeit entsprechen acht Qualitätsklassen, EAL0 bis EAL7, sog. Evaluation-Assurance-Levels (EAL). Zur Bewertung der Systemsicherheit, z. B. einer konkreten CC-Plattform, ist es von Bedeutung, Identifikation der Systemfunktionen von der entsprechenden »Prüftiefe« zu trennen. Mit zunehmender Prüftiefe wird erreicht, dass die Ausnutzungsmöglichkeiten von Schwachstellen abnehmen.

Systemsicherheit, im Sinne von Vertrauenswürdigkeit in CC-Dienstleistungen, kann, als das kartesische Produkt (Komplexitätsmaß der Funktionalität \* Vertrauenswürdigkeitsmaß) aufgefasst werden.

Maßnahmen zur Verbesserung der Systemsicherheit, in formalen Modellen als sog. Attributierungen bezeichnet (Cross-Cutting-Aspects), betreffen alle CCRA-Modellierungselemente wie Komponenten, Rollen, Akteure etc. Sie definieren bzw. spezifizieren Eigenschaften bzw. Maßnahmen, um bestimmte Qualitäten (EAL) wie

- Verschwiegenheit + Authentizität + Schlüssel-Management (Security),
- Datenschutz (Privacy),
- Fehlertoleranz + Performance (Resilency),

- Regelbarkeit bzw. Steuerbarkeit (Governance),
- Fähigkeit zur verteilten Operativität (Interoperability),
- Übertragbarkeit (Portability),
- Vertrauenswürdigkeit (Trustworthiness),
- Funktionale Zuverlässig- und Verfügbarkeit (Reliability, Availability) etc.

mit geeigneten Technologien zu implementieren.

## Anerkennung der CoC-Zertifikate durch das BSI

Oftmals ist es aus Gründen der Systemsicherheit für Cloud-Computing-Dienstleister notwendig auf spezialisierte Produkte zurückzugreifen (z. B. Auswahl einer XML-Firewall, welche den Zugriff auf Services steuert und überwacht). Der Dienstleister kann die Systemsicherheit nur dann erfüllen, wenn auch die extern bezogenen Produkte gemäß dem oben genannten Funktionsklassen zertifiziert sind. Um Mehrfachzertifizierungen von Produkten zu vermeiden, gibt es ein internationales Abkommen zur gegenseitigen Anerkennung von Zertifizierungsstandards. Im o. g. Rahmen wurde das CCRA-Abkommen vom BSI unterzeichnet, das somit auch CoC-zertifizierte Produkte unter bestimmten Bedingungen anerkennt. Cloud-Computing-Dienstleister erhalten hier eine Übersicht über die CoC-zertifizierten Produkte.

## Elektronischer (virtueller) Geschäftsverkehr – rechtliches CC-Teilhabermodell

Das CC-Teilhabermodell, entsprechend der Richtlinien über den Elektronischen Geschäftsverkehr (RLEG), definiert den rechtlichen Rahmen mittels rechtlich signifikanten Teilhaberrollen für die Nutzung und Bereitstellung von CC-Diensten innerhalb eines sog. »Koordinierten (CC-) Bereichs«. Der Koordinierte Bereich definiert Anforderungen an Dienstleistungserbringer (»Dienste-Anbieter«) und Dienstleistungen in den EU-Rechtssystemen, gleich

ob sie allgemeiner Art oder speziell für das CC bestimmt sind. Es sind folgende Anforderungen vom Dienstleistungserbringer (DL-Anbieter) zu erfüllen:

- Aufnahme von Tätigkeiten zur Dienstleistungserbringung, Qualifikation des Anbieters, Genehmigung und Anmeldung des Dienstes betreffend;
- Ausübung von Tätigkeiten zur Dienstleistungserbringung, Verhalten des Anbieters, Qualität oder Inhalt der Dienstleistung, Werbung und Verträge, Verantwortlichkeiten des Anbieters betreffend.

Der Koordinierte Bereich umfasst keine Anforderungen, die

- die Ware bzw. die Dienstleistung betreffen,
- die Lieferung bzw. Erbringung der Dienstleistung betreffen,
- die Dienste, die nicht mit Hilfe von Cloud-Computing-Technologien erbracht werden, betreffen.

»Dienst[e/leistungen] der Informationsgesellschaft«, d. h. Dienstleistungen, die im Koordinierten Bereich mit Hilfe von CC-Technologien erbracht werden, sind Dienste im Sinne der Fassung der Richtlinie 98/48/EG«.

Folgende Teilhaberrollen sieht die Richtlinie 2000/31/EG vor:

1. Dienstleistungserbringer/-Anbieter ist jede natürliche und juristische Person, die eine Dienstleistung (DL) auf der Basis von CC-Technologien anbietet.
2. »Niedergelassener DL-Anbieter ist ein CC-DL-Erbringer, der mittels lokalisierbaren CC-Ressourcen auf unbestimmte Zeit eine wirtschaftliche Tätigkeit ausübt. Vorhandensein und Nutzung virtueller Ressourcen bzw. CC-Technologien, die zum Anbieten eines CC-DL erforderlich sind, begründen keine Niederlassung, d. h. eine Lokalisierung des Cloud-Computing-Dienstleisters ist nicht möglich.

3. DL-Nutzer ist jede natürliche oder juristische Person, die zu jeglichen Zwecken eine CC-DL in Anspruch nimmt, um Informationen zu erlangen oder zugänglich zu machen.
4. DL-Verbraucher ist jede natürliche Person, die nicht aus gewerblichen, geschäftlichen oder beruflichen Interessen handelt.

Alle Teilnehmer (Stakeholder) mit Ausnahme des Verbrauchers üben eine »kommerzielle Kommunikation« (KoKo) aus. Die KoKo umfasst alles, was mit der unmittelbaren oder mittelbaren Förderung des Absatzes von Waren oder Inanspruchnahme von Dienstleistungen, dem Erscheinungsbild des Dienstleisters, einer Organisation oder natürlichen Person, die einer Tätigkeit in Handel, Gewerbe oder Handwerk oder reglementiertem Beruf nachgeht, zu tun hat.

Die KoKo schließt Angaben von nichtkommerziellen Daten aus:

1. Daten, die für den direkten Zugang zu Dienstleistungen eines Unternehmens, Organisation oder Person nötig sind, z. B. Domänenname, E-Post-Adresse etc.
2. Daten, die sich auf Waren oder Dienstleistungen, das Erscheinungsbild eines Unternehmens, Organisation oder Person beziehen, aber ohne finanzielle Gegenleistung gemacht werden.

### CC-Referenzarchitektur (CCRA) – technisches CC-Teilhabermodell

Die CCRA, entsprechend des z. Z. in Entwicklung begriffenen Standards der ISO-Arbeitsgruppe (CCRA), beinhaltet ein Teilhabermodell, das den technischen Rahmen mittels Teilhaberrollen für die Nutzung und Bereitstellung von CC-Diensten über sog. »Distributed Application Platforms and Services« (DAPS) definiert.

Die ISO-Arbeitsgruppe SC38/WG3 definiert nicht, wie im rechtlichen Rahmen geschehen, konkrete, technische Rollen der CCRA bzw. des Teilhabermodells, sondern lediglich die anzuwendende Methodik («Views of Cloud Computing») zu dessen Definition.

Die CCRA-Methodik beinhaltet folgende Modellierungselemente:

1. Akteure (Actors) stellen Personen oder Organisationen (CC-Teilhaber, CC-Entitys) dar, die eine oder mehrere Rollen ausführen können.
2. Rollen (Roles) sind auszuführende Aktionen, die in zusammengehörigen Tätigkeiten oder in Abteilungen von Organisationen, sog. Komponenten, zusammengefasst bzw. implementiert werden können.

Die CCRA sieht folgende grundsätzliche (Teilhaber, Stakeholder) Rollen vor:

- Der Verbraucher/Konsument (CC-Consumer) beinhaltet, im Gegensatz zum EU-rechtlichen Teilhabermodell, sowohl eine geschäftliche Beziehung als auch eine reine Anwenderbeziehung mit dem CC-Dienstleistungsanbieter.
- Der Nutzer/Anwender (CC-User) beinhaltet den Zugang und Nutzungsberechtigung zu einem oder mehreren CC-Dienstleistungen.
- Der Manager (CC-Manager) beinhaltet das Recht eines Nutzers, eine CC-Dienstleistung aufzusetzen und während der Nutzung zu organisieren.
- Der Anbieter/Erbringer (CC-Provider) hat das Recht (s. rechtliches Stakeholder-Modell), einen Dienst zu erbringen, indem er die notwendige CC-Infrastruktur und Ressourcen besorgt, organisiert und in benötigten Formaten bereitstellt.
- Der Administrator (CC-Administrator) beinhaltet Aktivitäten dem Benutzer zu zeigen, wie er die CC-Dienstleistung verwendet; ihm stehen dafür Werkzeuge,

Plattformen, Security Policies, Monitoring-Maßnahmen zur Verfügung, um vom Benutzer benötigte Qualität (EAL, SLA) einstellen zu können.

- Der Entwickler (CC-Developer) hat das Recht, eine CC-Dienstleistung aus Komponenten (Runtime-Artefacts) zusammenzustellen und dem Nutzer zur Verfügung zu stellen. Ihm stehen Werkzeuge zum Monitoring, Verbrauchsmessung, DL-zur-Verfügungstellung auf einer Plattform, zur eigenen Verfügung.
  - Der Auditor (CC-Auditor) hat das Recht entsprechend der standardisierten Common Criteria oder anderer akzeptierter Qualitätskriterien, eine unabhängige Prüfung der CC-Dienstleistungserbringung oder -nutzung im Namen von CC-Nutzern oder CC-Konsumenten, durchzuführen.
  - Der Makler (CC-Broker) hat das Recht CC-Dienstleistungen, die von Dritten CC-Anbietern (Peer-CC-Provider) erbracht werden, zu vermitteln. Dies ist keine spezialisierte Form von CC-DL-Erbringung, wie es das Arbeitsdokument [CCRA] gegenwärtig noch vorsieht, sondern, auch rechtlich, eine eigenständige (Vermittlungs-)Dienstleistung.
  - Der Netzwerkbetreiber (CC-Carrier) hat das Recht, Daten zwischen DL-Erbringer, Konsumenten und Nutzern zu übermitteln; er darf selbst mit Anwendern und Anbietern besondere SLAs vereinbaren.
3. Tätigkeiten (Activities) unterliegen einer bestimmten Absicht und bestehen aus Mengen von Folgen von Aktionen, d. h. abstrakten CC-Tätigkeiten, z. B. die Entwicklung, Nutzung, Verbrauch, Auditing, Managing etc. von CC-Dienstleistungen.
  4. Komponenten (Architectural Components) stellen typisierte Bausteine für die Konstruktion einer abstrakten Architektur/Plattform für das Cloud-Computing dar. Komponenten können aus kleineren Bausteinen, anderen Komponenten, konstruiert werden.

5. Attributierung (werden in der Normungsliteratur mit verschiedenen Begriffen wie EAL-Maßnahmen, Cross-Cutting-Aspects belegt) betreffen alle Modellierungselemente wie Komponenten, Rollen, Akteure und beinhalten Eigenschaften und benötigtes Verhalten wie Verschwiegenheit + Authentizität + Schlüssel-Management (Security), Datenschutz (Privacy), Fehlertoleranz + Performance (Resilency), Regelbarkeit (Governance), verteilte Operativität (Interoperability), Übertragbarkeit (Portability), vertrauenswürdige Cloud-Computing (Trustworthiness), funktionale Zuverlässig- und Verfügbarkeit (Reliability, Availability) etc.

Dienstleistungen, die mit Mitteln des CCRA modelliert bzw. beschrieben werden, können in verschiedenen Formaten (CCRA-Service-Modell) vom Cloud-Computing-Dienstleistungsanbieter erbracht werden:

1. SaaS-Format beinhaltet alle erforderlichen Tätigkeiten und Attributierungen für die Konfiguration, Indienststellung, Aktualisierung etc. von Software-Applikationen.
2. PaaS-Format beinhaltet alle erforderlichen Tätigkeiten und Attributierungen für die Konfiguration, Indienststellung, Aktualisierung etc. von Software-Ressourcen wie Runtime-Software-Execution-Stack, Datenbanken, Middleware-Komponenten, Entwicklungswerkzeuge (IDE, SDK) für den Benutzer etc. Der Benutzer besitzt die volle Kontrolle über seine Applikation und über benötigte Betriebssystem-Komponenten der CC-Plattform.
3. IaaS-Format beinhaltet alle erforderlichen Tätigkeiten und Attributierungen für die Konfiguration, Indienststellung, Aktualisierung etc. von HW- und SW-Infrastruktur wie Server, Netzwerke, Speicher, Plattformen, Virtual Machines, Betriebssysteme und andere SW-Ressourcen etc. Der Nutzer hat das Recht seinen SW- und HW-Application-Stack vollständig zu nutzen und zu verwalten.

## CCRA-Glossar

CC (CoC):

Common Criteria – 3 parts ISO/IEC 15408 v3.1, 2012:

CC Part 1: Introduction and General Model (CC GM)

CC Part 2: Security Functional Components (SFC)

CC Part 3: Security Assurance Components (SAC)

CC (CIC):

Cloud-Computing; ISO JTC1 SC38/WG3 Distributed Applications Platform and Services (DAPS) – Internationale Normungsarbeitsgruppe zur Entwicklung der Cloud-Computing-Reference-Architecture und des CCRA-Glossars

CCM:

Cloud-Controls-Matrix der Cloud-Security-Alliance (CSA)

Die Matrix ergibt Aufschluss darüber, in welchen Normen die, von der CSA ausgemachten, Sicherheitsspezifikationen, beschrieben in sog. Kontrollfeldern, kompliant spezifiziert sind.

CCRA:

Cloud-Computing-Reference-Architecture, bezüglich ISO/IEC JTC1 SC38/WG3 WD17789 (2012)

DAPS:

»Distributed Application Platform and Services«:

Name der Cloud-Computing-Arbeitsgruppe ISO/IEC JTC1/SC38/WG3 mit dem Normungsvorhaben DAPS-CC-RA WD17789(2012).

DL:

Dienstleistung, allgemeiner Begriff für »Service«

EAL:

Evaluation-Assurance-Level der Common Criteria; Qualitätsstufen als Maß der Vertrauenswürdigkeit in bestimmte Systemfunktionen

FBS:

Formale Beschreibungssprache («Formal Description Language») – Eine Beschreibungssprache, die formalen oder semiformalen Regeln bzw. Grammatiken gehorcht; Beispiele für eine semiformale FBS sind UML, OWL; Beispiele für formale FBS sind XML, Z, CSP etc.

KoB:

Koordinierter Bereich für die Abwicklung von Geschäften, lt. Richtlinie 2000/31/EG

KoKo:

Kommerzielle Kommunikation; Fachbegriff aus der Richtlinie 2000/31/EG über den Elektronischen Geschäftsverkehr, Artikel 2 Begriffsbestimmungen.

RLEG:

Richtlinie 2000/31/Elektronischer Geschäftsverkehr des EU Parlamentes und Rates, vom 8. Juni 2000

SLA:

Service-Level-Agreement – Dienstgütevereinbarung; bezeichnet einen Vertrag zwischen CC-DL-Anbieter und einen Auftraggeber zur Nutzung von CC-DL, in welchem wiederkehrende CC-DL bzgl. Leistung, Reaktionszeit, Schnelligkeit der Bearbeitung, qualitativ, der vereinbarten Dienstgüte (Service-Level) definiert werden.

TH:

Teilhaber (Stakeholder) – notwendigerweise Mitwirkende an einer Organisation oder eines Ansatzes, hier Cloud-Computing.

UC:

Use-Case (Anwendungsfall) – besteht, analog des formalen UML2-Ansatzes, aus Folgen von Aktionen (Activities), die zusammen ein definiertes Ergebnis, einem initiierenden Teilhaber, liefert.

## Weiterführende Literatur und Normungsreferenzen

[SC38 SD1] ISO/IEC JTC 1/SC 38/WG 3 (2011-12-08) Standing Document on Methodology and Guidelines for Cloud Computing Usage Scenario and Use Case Analysis.

[SC38 CCRA] ISO/IEC JTC1/SC38/WG 3 WD (2012-04-13) Distributed Application Platform and Services – Cloud Computing Reference Architecture.

[CMU C2M2] NA 043-01-27 AA N8064 (2012-08-17) Electricity Subsector Cyber Security Capabilities Maturity Model, Carnegie Mellon University.

[BSI EPCC] Bundesamt f. Sicherheit i. d. Informationstechnik: Eckpunktepapier »Sicherheitsempfehlungen für Cloud Computing Anbieter – Mindestanforderungen in der Informationssicherheit« (2012-02).

[ETSI Cloud] ETSI TR 102 997 v1.1.1 (2010-04) Cloud; Initial Analysis of Standardization Requirements for Cloud Services.

[EU RLEG] IT Recht 2. Teil: Elektronischer Geschäftsverkehr, Richtlinie 2000/31/EG über rechtliche Aspekte der Dienste der Informationsgesellschaft des elektronischen Geschäftsverkehrs im Binnenmarkt.

[NIST CCAC] <http://www.nist.gov/itl/cloud/use-actors.cfm> (2010-05) Lee Badger et al. Working Document Cloud Computing – Important Actors for Public Clouds.

[NIST CCUC] <http://www.nist.gov/itl/cloud/use-cases.cfm> (2010-05) Lee Badger et al. Working Document Cloud Computing Use Cases.

[NIST WEUC] Alistair Cockburn, NIST: Writing Effective Use Cases, Addison Wesley Longman, Q3.

[NIST CCRA] NIST SP 500-292: Fang Liu et al. NIST Cloud Computing Reference Architecture – Recommendation of NIST.

[CC ITSE] Common Criteria for Information Technology Security Evaluation, Version 3.1.Revision 4(2012-09) – 3 Teile.

[CC Teil 1] CC Part 1 Introduction and General Model (CC GM).

[CC Teil 2] CC Part 2 Security Functional Components (SFC).

[CC Teil 3] CC Part 3 Security Assurance Components (SAC).

[IBM CC] [http://www.ibm.com/cloud-computing/us/en/IBM Smart Cloud Strategies for Assessing Cloud Security](http://www.ibm.com/cloud-computing/us/en/IBM_Smart_Cloud_Strategies_for_Assessing_Cloud_Security).

[HP CC] [http://www8.hp.com/de/de/solutions/solutions-detail.html?compURI=tcm:144300983&jumpid=ex\\_r163\\_de/ Cloud Solutions for Hybrid Delivery](http://www8.hp.com/de/de/solutions/solutions-detail.html?compURI=tcm:144300983&jumpid=ex_r163_de/Cloud_Solutions_for_Hybrid_Delivery).

[MS CC] <http://www.microsoft.com/de-de/server/windows-server/2012/default.aspx> – Windows Server 2012 – »Optimierung Ihrer IT für die Cloud«.

[JoCC 2012] Journal on Cloud Computing, Springer-Verlag Open Access:  
<http://www.journalofcloudcomputing.com/series>.

[IJCC 2012] International Journal of Cloud Applications and Computings:  
<http://www.igi-global.com/journal/international-journal-cloud-applications-computing/41974>.

[S.S.Rajan2012] Srinivasan Sundara Rajan »Cloud Computing Reference Architecture – Review of the Big Three« – Article at  
<http://jamiematusow.ulitzer.com/node/1752894>.

[CCUtilizer] <http://cloudcomputing.ulitzer.com/> – Cloud Computing on Utilizer.

[JISA2011-12] Gerit Denker et al. »Resilient Dependable Cyber-Physical Systems – A Middleware Perspective« Springer-Verlag - Journal of Internet Services and Applications, Volume 1, Number 1 (2012), ISSN 1867 4828.

[ENISA-Metricso1] ENISA Measurement Frameworks and Metrics for Resilient Networks and Services – Challenges and Recommendation (2010).

[ENISA-Metricso2] ENISA Measurement Frameworks and Metrics for Resilient Networks and Services – Technical Report (2011).

[ENISA-Metricso3] ENISA Survey and Analysis of Security Parameters in Cloud SLAs across the European Public Sector (2011).

[ENISA-Privacy] ENISA Technologiebedingte Herausforderungen für den Datenschutz in Europa – Bericht der ENISA, adhoc-AG zu Datenschutz und Technologie (2008).

[ENISA-CCo1] ENISA Cloud Computing – Information Assurance Framework.

[ENISA-CCo2] ENISA Cloud Computing – Benefits, Risks, Recommendation for Information Security.

[ENISA-SGSM] ENISA Appropriate Security Measures for Smart Grids, V.1.5 (2012).

[CSA-CCM] Cloud Security Alliance – Security Controls Framework for Cloud Providers & Consumers:  
<https://cloudsecurityalliance.org/research/ccm/>.



## 4 Was bedeutet Cloud-Readiness?

### ■ 4.1 Definition

Der Begriff Cloud-Readiness wird häufig nur auf technische Aspekte bezogen, z. B. inwiefern Software-Anwendungen darauf vorbereitet sind, auf Basis von cloudbasierten Plattformen betrieben zu werden. Allerdings bezieht sich Cloud-Readiness nicht nur auf implementierungstechnische Voraussetzungen, die vorhanden sein müssen, um cloudbasierte Services nutzen zu können, sondern umfasst auch organisatorische und methodische Aspekte, z. B. zu welchem Grad eine Organisation serviceorientiert ausgerichtet ist. Cloud-Readiness wird in diesem Artikel primär aus Sicht eines Nutzers von Cloud-Services (Konsument) betrachtet und wie folgt definiert:

Cloud-Readiness stellt den Reifegrad einer Organisation dar, geeignete Cloud-Services zu identifizieren, die einen Mehrwert bringen, sie effektiv und zielgerichtet in die Organisation zu integrieren und ihren Einsatz effizient zu managen, der auch einen flexiblen Wechsel von Cloud-Service-Anbietern ermöglicht.

### ■ 4.2 Cloud-Readiness im Kontext des TOGAF®-Content-Metamodel

Üblicherweise werden Cloud-Services nach Service-Ebenen unterschieden, z. B. Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS), Software-as-a-Service (SaaS) und Business-Process-as-a-Service (BPaaS). Außerdem existieren verschiedene Deployment-Modelle für Cloud-Services wie Private Cloud, Hybrid Cloud, Public Cloud, Community-Cloud etc.

Um das breite Spektrum an Cloud-Services zu berücksichtigen, ist es erforderlich, die Cloud-Readiness einer Organisation gesamtheitlich zu betrachten und auf die gesamte Unternehmensarchitektur zu beziehen. Als Orientierungshilfe wird auf das praxisbewährte TOGAF®-Framework zurückgegriffen, das den Architektorentwicklungsprozess und die wesentlichen Elemente einer

Unternehmensarchitektur beschreibt. Folgende Abbildung zeigt das TOGAF®-Content-Metamodel mit wesentlichen Elementen zu den folgenden Bereichen (»TOGAF is a registered trademark of The Open Group«):

- Architekturprinzipien, Vision und Anforderungen (Architecture-Principles, Vision and Requirements),
- Geschäftsarchitektur (Business-Architecture),
- Informationssystemarchitektur (Information-System-Architecture),
- Technologiearchitektur (Technology-Architecture),
- Realisierung der Architektur (Architecture-Realization).

Die folgenden Abschnitte orientieren sich an diesen Bereichen des TOGAF®-Content-Metamodel und erklären, welche Aspekte jeweils in Bezug auf die Cloud-Readiness einer Organisation zu beachten sind.



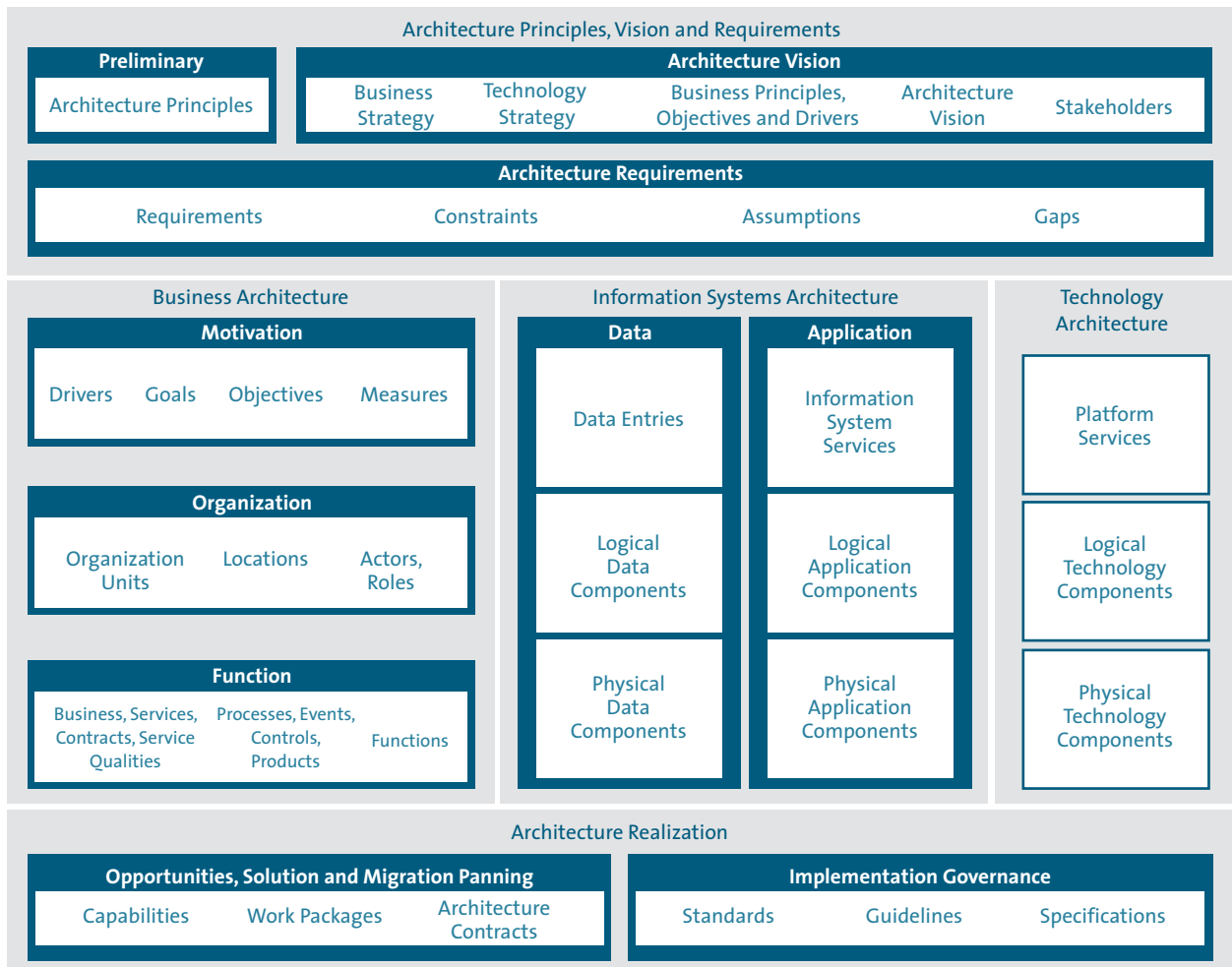


Abbildung 1: TOGAF-9®-Content-Metamodel (Source Open Group)

## ■ 4.3 Einfluss von Cloud-Computing auf Strategie und Vision

### 4.3.1 Strategische Betrachtung von Cloud-Computing

Folgt man dem TOGAF®-Architekturentwicklungsprozess, so beginnt die erste Phase mit dem Aufstellen einer Vision für die Unternehmensarchitektur. Entscheidend ist in dieser Phase, dass Geschäftsstrategie und IT-Strategie miteinander abgestimmt und Treiber und Ziele für das geschäftliche Handeln für alle Beteiligten klar definiert werden.

Cloud-Computing wird häufig nur auf der IT-Implementierungsebene betrachtet, als ein Mittel, um Investitions- und Betriebskosten einzusparen. Allerdings ist diese Sichtweise etwas zu kurz gesprungen, denn es ist erforderlich, das Potenzial von Cloud-Services schon auf strategischer Ebene bei der Abstimmung von Geschäftsstrategie und IT-/Sourcing-Strategie sowie bei der Definition einer Architekturvision zu berücksichtigen, um Cloud-Services nachhaltig und robust, gezielt in die Unternehmensarchitektur integrieren zu können. An dieser Stelle sollte ein Unternehmen für sich die Fragen beantworten, warum und für welchen Zweck es Cloud-Services nutzen möchte und welche Chancen und Risiken damit verbunden sind.

Zusätzlich ist es entscheidend für Unternehmen, das Potenzial von skalierbaren Cloud-Services für Umsatzwachstum, innovative Geschäftsmodelle und schnelleres

Time-to-Market zu erkennen und zu nutzen. Beispielsweise werden cloudbasierte Plattformen zum Aufbau neuer Märkte und zur flexiblen Integration von Vertriebskanälen, Kunden und Partnern verwendet. Wesentliche Vorteile sind geringe Investitionskosten und effiziente, schnell anpassbare Vertriebsprozesse, die ein Umsatzwachstum und höhere Kundenzufriedenheit ermöglichen.

### 4.3.2 Einbeziehung in Architekturvision und Strategie

Die folgende Abbildung verdeutlicht, dass Chancen und Risiken von innovativen cloudbasierten Lösungen bewertet und ihre Verwendung bei der Definition und Harmonisierung von Geschäftsstrategie, IT-Strategie und Architekturvision einbezogen werden sollten, um das Potenzial zur Kostenreduzierung und Umsatzsteigerung erschließen zu können. Bezogen auf diese strategischen Aspekte bedeutet Cloud-Readiness, in welchem Grad eine Organisation vorbereitet ist, um Chancen und Risiken von Cloud-Services bei der Strategiedefinition zu berücksichtigen und die zukünftige Architektur daraufhin auszurichten.

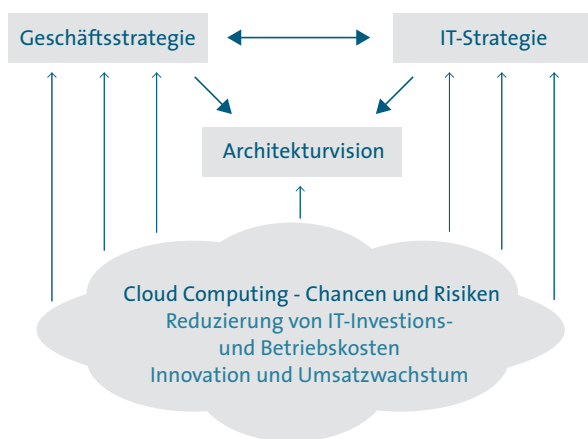


Abbildung 2: Berücksichtigung von Cloud-Computing bei Strategiedefinition

## 4.4 Geschäftsarchitektur im Kontext von Cloud-Computing

### 4.4.1 Standardisierung als Chance zur Steigerung der Prozesseffizienz

Cloud-Services sind typischerweise darauf ausgerichtet, Effizienzvorteile zu generieren, die dadurch entstehen, dass Cloud-Services standardisiert sind und die gleichen IT-Ressourcen für mehrere Konsumenten eines Cloud-Services genutzt werden (gepoolte Ressourcen und Multi-tenantfähigkeit). Deshalb ist für Unternehmen, die das volle Potenzial von Cloud-Services auf der Ebene der Geschäftsarchitektur nutzen möchten, ein hoher Standardisierungsgrad eine wesentliche Voraussetzung.

Aus unternehmensinterner Sicht bezieht sich Standardisierung der Geschäftsarchitektur beispielsweise auf die Harmonisierung von Geschäftsprozessen über verschiedene Geschäftsbereiche hinweg. Eine Grundvoraussetzung dafür ist, dass Geschäftsprozesse im Unternehmen einheitlich und vollständig dokumentiert sind und ein einheitliches Verständnis der Geschäftsdomäne vorhanden ist. Hierzu helfen die Einführung eines unternehmensweiten Glossars und die klare Zuordnung von Verantwortlichkeiten für Geschäftsprozesse weiter. Außerdem stellen domänenübergreifende Prozesse eine potenzielle Sollbruchstelle dar, die eines besonderen Augenmerks bedürfen.

Wird bei einer Analyse eines Geschäftsprozesses festgestellt, dass dieser in verschiedenen Unternehmensbereichen unterschiedlich gestaltet ist, z. B. bedingt durch unterschiedliche Abläufe in zugekauften oder fusionierten Unternehmensbereichen, deutet dies auf Verbesserungs- und Kosteneinsparpotenzial hin, was durch ein Projekt zur Prozessstandardisierung gehoben werden kann.

Folgende Abbildung zeigt ein Beispiel aus dem Logistikbereich, bei einer Harmonisierung der Geschäftsarchitektur (und zugehöriger IT-Plattformen) auf globaler Ebene eine deutliche Einsparung der IT-Kosten und drastische Verbesserung der Reaktionsfähigkeit auf neue Geschäftsanforderungen bewirkt.

Nicht nur bei der Suche nach passenden Public-Cloud-Services, sondern auch bei der Anforderungsanalyse und dem Design von Private Clouds werden bei voneinander getrennten Geschäftsbereichen Unterschiede bei Abläufen, Geschäftsprozessen und Architekturen schnell erkennbar. Bevor eine unternehmensweite Private Cloud aufgebaut und die Effizienzvorteile, die aus gebündelten IT-Ressourcen entstehen, gehoben werden können, sollte der Standardisierungsgrad der betroffenen Funktionsbereiche untersucht werden. Auch in diesem Fall deuten Abweichungen zwischen den Geschäftsbereichen auf Verbesserungs- und Kosteneinsparpotenzial hin, das z. B. in Form eines Projekts zur Prozessstandardisierung gehoben werden kann.

1. Unternehmensinterne Serviceorientierung und Standardisierung
2. Orientierung an fachspezifischen/branchenspezifischen Standards

Der erste Punkt bezieht sich zum Beispiel auf die unternehmensinterne Harmonisierung und Standardisierung von Geschäftsprozessen über mehrere Regionen, Geschäftsbereiche oder Sparten hinweg. Erst wenn Geschäftsprozesse, Prozessschnittstellen und Datenmodelle standardisiert sind und die Geschäftsarchitektur serviceorientiert aufgebaut ist, können Services aus der Cloud, z. B. für Finance- oder Billing-Prozesse, übergreifend für mehrere Unternehmensbereiche und effizient eingebunden werden.

Ob ein geeigneter Cloud-Service gefunden wird, der die Anforderungen eines Unternehmens erfüllt und effizient eingesetzt werden kann, hängt zweitens davon ab, ob sich das Unternehmen an Standards orientiert.

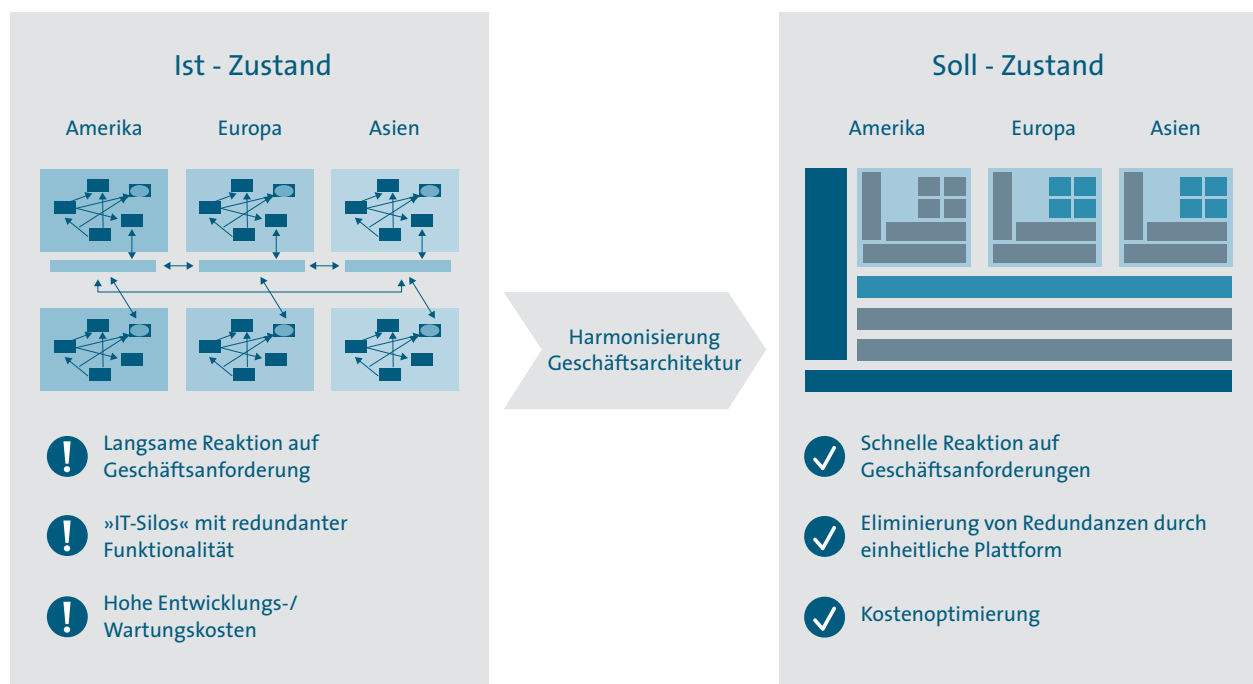


Abbildung 3: Harmonisierung Geschäftsarchitektur

## 4.4.2 Orientierung an Industriestandards

Ergänzend zu unternehmensinternen Standardisierung ist im Kontext einer Überprüfung der Cloud-Readiness auch zu berücksichtigen, inwiefern sich das betrachtete Unternehmen an branchen- bzw. industriespezifischen Standards orientiert. Public-Cloud-Provider orientieren sich bei der Definition ihrer Services häufig an Branchen- und Industriestandards, um ihre Services für eine möglichst große Anzahl an potenziellen Cloud-Konsumenten interessant und möglichst einfach nutzbar zu machen. Standards beziehen sich beispielsweise auf:

- branchenspezifische Prozessmodelle (z. B. die »Enhanced Telecom Operations Map« – eTOM),
- funktionspezifische Prozessmodelle (z. B. Standardprozesse für Marketing, Vertrieb oder Kundenservice),
- branchenspezifische Datenmodelle (z. B. Shared Information & Data-Model im Telekommunikationsbereich),
- unternehmensübergreifende Plattformen (z. B. Supplier-Plattformen der Automobilindustrie).

Möchte man einen bestimmten Cloud-Service wie eine SaaS-Lösung für Kundenmanagementprozesse nutzen, ist davon auszugehen, dass dieser Service in gewissem Umfang von jedem Konsumenten konfiguriert/erweitert (customized), aber nicht grundsätzlich verändert werden kann.

Deshalb ist es bei der Einführung von Cloud-Computing, im Ansatz vergleichbar mit der Nutzung eines Standard-ERP-Systems, erforderlich, dass der betroffene Funktionsbereich beim Cloud-Konsumenten (Unternehmen) an industrieweiten Standards ausgerichtet ist, um einen passenden Cloud-Service zu finden und ihn effektiv die Organisation zu integrieren. Falls die eigene Organisation nicht den industrieweiten Standards entspricht, sollte überprüft werden, ob eine Anpassung und Optimierung der eigenen Prozesse möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist. Entsprechende Prozessoptimierungen ermöglichen

nicht nur die Nutzung von standardisierten Services, sondern ermöglichen meist auch Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerungen, z. B. schnellere Durchlaufzeiten für standardisierte Antragsprozesse.

## ■ 4.5 Voraussetzungen auf der Ebene der Anwendungsarchitektur

### 4.5.1 Serviceorientierte Architektur als Voraussetzung für die Nutzung von Cloud-Angeboten

Auf der Ebene der Information-Systems-Architecture, also der Daten- und Anwendungsarchitektur, müssen die potenziellen Nutzer von Cloud-Services entsprechende flexible und klare Strukturen definieren, um so den Einsatzbereich der Cloud-Services festzulegen. Dies erreichen die Anwender, indem sie die Anwendungslandschaft als eine Struktur von kollaborierenden Anwendungsservices auffassen, die Daten miteinander austauschen und damit eine serviceorientierte Architektur definieren. Anwendungsservices in diesem Sinn sind abgeschlossene und voneinander unabhängige Leistungen, die die IT-Anwendungen anbieten.

Cloud-Services sind dann eine bestimmte, mögliche Implementierungsvariante dieser Anwendungsservices. Die Abbildung von definierten, benötigten Anwendungsservices aus der Architektur auf die tatsächliche angebotenen Cloud-Services legt den Einsatzbereich klar fest, vermeidet Redundanz und qualitätsbeeinträchtigende Inkonsistenz.

Zu dem grundsätzlichen Ansatz serviceorientierter Architektur gehört eine etabliertes IT-Service-Management, das Einführung, Änderung, Versionierung und Ausphasen von Services gestaltet. Für die Nutzung von Cloud-Services wird es zur unbedingten Voraussetzung, da nur ein profundes IT-Service-Management die interne Verwendung der Cloud-Services mit dem Angebot von Cloud-Services in Einklang bringen kann.

Anwendungsservices zu integrieren, macht es notwendig, die Semantik von Services und die zwischen ihnen ausgetauschten Daten zu beschreiben und so festzulegen, dass das Zusammenwirken von Services aus unterschiedlichen Quellen von verschiedenen Serviceanbietern möglich wird. Die Grundlage dafür schafft serviceorientierte Architektur und ein IT-Servicemanagement. Bei der Feststellung des Reifegrades und seiner Verbesserung in diesen Fragen kann eine externe Bewertung und Unterstützung helfen.

#### 4.5.2 Definition des Einsatzbereiches von Cloud-Lösungen durch Festlegung der entsprechenden Anwendungsservices

Typischerweise ersetzt eine Cloud-Lösung nicht die gesamte Anwendungslandschaft des Unternehmens. Verschiedene Cloud-Lösungen verschiedener Anbieter und inner- und außerhalb des Unternehmens betriebene Standard- wie Individuallösungen müssen im Zielbild der Architektur nahtlos und integriert zusammenwirken. Darüber hinaus ist es empfehlenswert, dass ein Anwender zunächst in einem Teilbereich Erfahrungen mit Cloud-Lösungen sammelt.

Der erste Schritt in Richtung einer konkreten Implementierung von Cloud-Lösungen ist danach anhand der Anwendungsservices der logischen Zielarchitektur den Bereich der Cloud-Lösung abzugrenzen. Diese Anwendungsservices geben damit die funktionalen und – wenn entsprechend detailliert – technischen Anforderungen vor, die von der Cloud-Lösung zu erfüllen sind.

#### 4.5.3 Abgleich der Ziel-Anwendungsarchitektur mit der bestehenden Anwendungslandschaft zeigt Erneuerungsbedarf

Die Anwendungsservices der Ziel-Anwendungsarchitektur sind grundsätzlich aus den fachlichen Anforderungen und den zu unterstützenden Geschäftsprozessen abzuleiten. Der Abgleich dieser Anwendungsservices mit den Funktionen der Informationssysteme der bestehenden Anwendungslandschaft zeigt entsprechenden

Handlungsbedarf für die architektonische Erneuerung auf. Andere Aspekte können diesen Erneuerungsbedarf erweitern, etwa das Auslaufen der Herstellerunterstützung, verhältnismäßig hohe Betriebs- und Wartungskosten oder mangelhafte Qualität.

Grundsätzlich gilt für jede Überlegung der Erneuerung der Anwendungslandschaft und damit ebenfalls für die Einführung von Cloud-Lösungen, dass der Architekt zuvor dem konkreten Erneuerungsbedarf im Hinblick auf die für die bestehende Anwendungslandschaft zu erreichende Ziele ermittelt. Diese Übung ist eine weitere Grundvoraussetzung für die Einführung von Cloud-Lösungen. Cloud-Lösungen sind kein Selbstzweck.

Um Cloud-Lösungen auf ihre Zweckmäßigkeit für die zu erreichenden Ziele zu bewerten, helfen die Cloud-Referenzarchitekturen der jeweiligen Hersteller. Die Strukturen und die Dynamik einer Cloud-Lösung sind hier mit der beabsichtigten Zielarchitektur zur Deckung zu bringen.

#### 4.5.4 Konsequente Umsetzung von Datenhoheit schafft die Entscheidungsgrundlage den Umgang mit Daten in Cloud-Lösungen

Die Daten eines Unternehmens sind Anlagegüter und stellen einen Wert dar. Die Sicherung von Konsistenz, Korrektheit und Vollständigkeit der Daten ist deshalb für das Unternehmen von besonderer Bedeutung. Fundament dafür ist eine konsequente Umsetzung des Prinzips der Datenhoheit in der Anwendungsarchitektur. Umsetzung von Datenhoheit bedeutet, dass das Unternehmen festlegt, welche Anwendung welchen Datenbestand verwaltet und welche Anwendungen dann wie auf diesen Datenbestand zugreifen. Dies muss das Unternehmen natürlich entsprechend der Schutzbedürftigkeit der jeweiligen Daten und der einschlägigen rechtlichen Vorgaben tun.

Cloud-Lösungen verwalten Daten eines Unternehmens prinzipiell an einem nicht klar bezeichneten physischen Ort. So es keine Private Cloud ist, verwaltet der Anbieter

der Cloud-Lösung diese Daten außerhalb des Unternehmens und seiner unmittelbaren Kontrolle.

Cloud-Readiness ist erreicht, wenn das Unternehmen sich über seine Datenbestände und ihrer Schutzbedürftigkeit im Klaren ist sowie über ein daraus abgeleitetes Konzept zur Datenhoheit verfügt, das die relevanten rechtlichen und regulatorischen Anforderungen, etwa aus den Datenschutzgesetzen oder den Grundsätzen ordnungsgemäßer DV-gestützter Buchungssysteme sowie unternehmensspezifische Governance-, Risk- und Compliance-Anforderungen erfüllt.

#### 4.5.5 Cloud-Lösungen verlangen nach Standardisierung

Cloud-Lösungen sind hoch standardisiert. Sie liefern ihren größten Nutzen dort, wo das Unternehmen standardisierte Funktionen der Branche und des Funktionsbereiches nutzen kann und will. Insbesondere in den Bereichen der Anwendungslandschaft, wo eine Differenzierung der betrieblichen Funktionen im Verhältnis zu Partnern keinen Wettbewerbsvorteil schafft, sondern im Gegenteil, die absolute Einhaltung von Standards notwendig für die Kooperation ist, bieten Cloud-Lösungen ihren größten Nutzen.

Entscheidungen zu Cloud-Lösungen bedingen daher eine klare Einordnung der geforderten Anwendungsservices nach Differenzierungs-/Standardisierungsbedarf. Nur wenn das Unternehmen die Anwendungsservices identifiziert hat, für die eine eigene, besondere Lösung aus fachlichen Gründen notwendig ist, kann es über die konsequente Standardisierung aller anderen Services die Standardisierung, die für Cloud-Lösungen notwendig ist, erreichen.

Standardisierung ist die Aufgabe für die Services zur Unterstützung eigener, besonderer Anwendungsservices. Platform-as-a-Service- und Infrastructure-as-a-Service-Lösungen lassen sich sinnvoll einsetzen, wenn entsprechende Konsolidierung voraus oder mit der Einführung solcher Lösungen einhergehen. Diese Konsolidierung ist Ergebnis einer Prozessoptimierung und -standardisierung,

einem weiteren Element zur Herstellung von Cloud-Readiness in einem bestimmten Bereich.

#### 4.5.6 Klare Vorstellungen zu Kostenstrukturen und Kapazitätsanforderungen

Ein wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit von Cloud-Lösungen ist die Abhängigkeit ihrer Preise vom Umfang der Nutzung. Je nach Preismodell sind damit die Kosten für Cloud-Lösungen echt variable Kosten und passen sich damit an den Umfang des Geschäftes an. Bei Bezug der Services über das Internet sind weiter keine Investitionen in Infrastruktur und Anlagen notwendig, damit fallen keine Investitionen an. Im Idealfall gibt es also für Cloud-Lösungen rein auf den Umfang des Geschäftes und gesteuert vom Bedarf anfallende Kosten und keine langfristig fixen Kosten. Dies gilt natürlich so nicht für echte Private-Cloud-Lösungen.

Dieser Vorteil ist so nicht von vornherein gegeben bei Services, an die der Anwender einen hohen Anspruch an Kapazität und Verfügbarkeit hat. Hier ist eine grundsätzliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung notwendig. Wenn ein grundsätzlich hoher Bedarf besteht, der auch für Anbieter von Cloud-Lösungen signifikant ist, ist eine Investition in klar und fest reservierte Kapazität sinnvoll. Um den Zustand von Cloud-Readiness zu erreichen, sind die Informationen zu den Kostenzusammenhängen und Kapazitätsanforderungen notwendig.

### ■ 4.6 Voraussetzungen auf der Ebene der Technology-Architecture

#### 4.6.1 Nutzung von Cloud-Lösungen bedeutet den Auf- und Ausbau der Integrationsinfrastruktur

Die Nutzung von Cloud-Services bedeutet den Zugriff auf die Funktionen und die Übermittlung von Daten an die Anwendungen externer Partner. Sofern die Nutzer auf diese externen Anwendungen isoliert zugreifen, handelt es sich um eine einfache Kommunikation über das

Internet. Schon die Integration einer Anwendung in der Cloud mit einem unternehmensweiten Berechtigungssystem verlangt jedoch entsprechende Funktionen einer technischen Integrationsplattform.

Anwendungen in Unternehmen sind heute integriert und kollaborieren mit anderen Anwendungen im Unternehmen über die Grenzen betrieblicher Funktionsbereiche hinweg. Diese Integration vermeidet redundante Funktionen und Medienbrüche. Basis für diese Integration ist eine entsprechend technische Plattform, die standardisierte, zuverlässige und sichere Kommunikation zwischen den Systemen ermöglicht.

In einer so integrierten Anwendungslandschaft stellt die isolierte Verwendung von Cloud-Anwendungen als Insellösung einen Rückschritt dar, der zu vermeiden ist. Eine Cloud-Anwendung muss daher zum einen die notwendigen Integrations- und Anknüpfungspunkte bieten, zum anderen muss die gewählte Integrationsplattform diese nutzen können. Die Nutzung von Cloud-Anwendungen ist am besten integrierbar, wenn dies über definierte Services dieser Anwendung im Sinne einer serviceorientierten Architektur erfolgt.

Cloud-Readiness bedeutet also, dass im Unternehmen eine Integrationsplattform für die standardisierte Kommunikation zwischen Services existiert und diese in der Lage ist, zusätzlich extern angebotene Services sicher, zuverlässig und mit der geforderten Leistung anzubinden. In Bezug auf Authentifizierung und Autorisierung muss die Integrationsplattform die Möglichkeit verteilter Verwaltung von Berechtigungen ermöglichen, etwa durch die Übermittlung von Credentials.

#### 4.6.2 Nutzenoptimierung von Cloud-Lösungen im Bereich der Technology-Architecture durch Plattform und Infrastruktur-Konsolidierung

Die Plattform-Services der Technology-Architecture sind, da sie nicht durch die fachlichen Besonderheiten geprägt und im Allgemeinen schon heute sehr standardisiert sind, gut durch Cloud-Lösungen abzubilden. Hier ist im

Sinne von Cloud-Readiness ein früher Ansatzpunkt: Die Anforderungen an die Plattform-Services und ihre Funktionsweise sind bekannt und von meist geringer äußerer Komplexität.

Plattform-Services aus der Cloud als Platform-as-a-Service und Infrastructure-as-a-Service bieten neben den Kostenvorteilen durch nutzungsorientierte Abrechnung die schnelle Verfügbarkeit und Kapazitätsanpassung für eine Plattform und die entsprechende Systemsoftware.

Statt langwieriger Beschaffung von Hard- und Software sowie deren Installation und Inbetriebnahme in einem Rechenzentrum, bestellt der Nutzer nur die entsprechende Umgebung auf eine virtuelle Maschine bei einem Cloud-Anbieter. So verkürzt sich die Zeit zwischen Beschaffungsentscheidung und Bereitstellung von einigen Monaten auf wenige Minuten.

Wird die Plattform und Infrastruktur aus der Cloud genutzt, entfällt die Beschaffung entsprechender Anlagen, und damit sind Investitionen nicht mehr in diesen gebunden, der Bereich wird »asset-less«.

Für die Plattform-Services lässt sich schließlich über Cloud-Lösungen im vom Anbieter gesetzten Rahmen Kapazität bedarfsgerecht auf- und abbauen. Dadurch vermeidet der Cloud-Anwender die teure Vorhaltung von außerhalb der Spitzenlastzeiten ungenutzter Kapazität.

Voraussetzung für die Nutzung der virtuellen Plattformen und Infrastruktur aus der Cloud ist die entsprechend »virtualisierungsgerechte« Anwendungssoftware. Individualsoftware muss so entwickelt sein, dass sie mit den nur virtuell bereitgestellten Umgebungen und Rechnerressourcen lauffähig ist. Softwareprodukte müssen darüber hinaus in den Nutzungsbedingungen und in ihrem Lizenzmodell virtualisierte Umgebungen zulassen und berücksichtigen.



### 4.6.3 Die Nutzung externer Services verlangt nach entsprechender Überwachung und Betriebsverfolgung

Cloud-Lösungen basieren auf der Nutzung von Services, die externe Partner in standardisierter Weise und gemäß vereinbarter Verfügbarkeits- und Leistungsparameter anbieten und im weitesten Sinn gemäß tatsächlicher Nutzung abrechnen. Die Grundlage von anforderungsgerechten und wirtschaftlich sinnvollen Cloud-Lösungen ist deshalb eine klare unmissverständliche und vollständige Vereinbarung über die bereitzustellenden Services mit allen relevanten Leistungsparametern. Anders als bei intern oder über Hosting genutzte Anwendungen ist der Betrieb vom Anwender bei Cloud-Lösungen kaum direkt beeinflussbar, dies liefe der grundsätzlichen Zielsetzung der standardisierten Bereitstellung zuwider. Damit ein Anwender eine solche Vereinbarung treffen kann, muss er entsprechende Informationen über seinen Bedarf und die daraus folgenden Anforderungen haben. Dies verlangt nach einer entsprechend detaillierten Anforderungsanalyse, insbesondere und vor allem hinsichtlich der Leistungsparameter. Diese Anforderungsanalyse ist ein wichtiges Element für Cloud-Readiness, ist aber hinsichtlich einer Planung von IT-Services insgesamt eine empfehlenswerte Praxis.

Gibt es diese klare Vereinbarung über Bereitstellung, Verfügbarkeit und andere Leistungsparameter, also ein Service-Level-Agreement, dann muss der Nutzer diese auch überwachen und verfolgen. Die Etablierung eines IT-Service-Managements ist damit im Zusammenhang mit Cloud-Lösungen zwingend notwendig. Dies ist nicht allein geboten, um die Abrechnung zu überprüfen. Wichtiger ist es, entsprechende Maßnahmen ergreifen zu können, sollte der Lieferant einer Cloud-Lösung diese nicht vereinbarungsgemäß bereitstellen können. Die Maßnahmen für einen vollständigen oder kompletten Ausfall von Cloud-Lösungen plant ein IT-Service-Management im Vorhinein.

Ein IT-Service-Management überwacht nicht nur den Umfang der Nutzung von Cloud-Services zum Zweck der Abrechnung gegenüber dem Anbieter, dem externen Partner, sondern verfolgt ebenfalls, inwieweit die Nutzung

der Cloud-Services von Seiten der internen Systeme und letztlich der Endanwender erfolgt. Wichtig ist es, hier rechtzeitig zu erkennen, wenn sich diese Nutzung außerhalb der Bandbreiten der ursprünglichen Anforderungen bewegt, weil dies natürlich die Wirtschaftlichkeits- und Nutzenbetrachtung der Cloud-Services verändert und gegebenenfalls zu Neuvereinbarung über die geschlossenen Service-Level-Agreements führt. Missbräuchliche Nutzung von Cloud-Services für Zwecke die außerhalb des geplanten Einsatzfeldes liegen, kann eine Ursache sein, dem in IT-Service-Management nachgeht.

### 4.6.4 Cloud-Lösungen bedürfen neuer Ausfallsicherheitskonzepte

Konventionell betrachten Konzepte zur Ausfallsicherheit vor allem den Anlauf von bereitgehaltener Infrastruktur auf dem die bestehenden Anwendungen je nach Anforderung weiterlaufen können. Dies bedeutet Hot-Standby-Lösungen oder ganze Ausweichrechenzentren im Katastrophenfall. Solche Szenarien setzen voraus, dass der Anwender volle Kontrolle über die Anwendung hat.

Mit Cloud-Lösungen ist dies nicht mehr gegeben. Sowohl die Anwendungen sowie die dazugehörigen Daten befinden sich in der Infrastruktur des Cloud-Anbieters. Ausfallsicherheit hat damit der Cloud-Anbieter zu leisten und zuzusichern, was Teil des Service-Level-Agreements sein muss. Damit sind aber die Kritikalität und die Anforderungen bezüglich der Ausfallsicherheit im Rahmen der Herstellung von Cloud-Readiness, wie alle Anforderungen, genau zu erheben.

Neben den Zusicherungen zur Ausfallsicherheit von Seiten des Anbieters und einer eingehenden Überprüfung und Plausibilisierung dieser, ist es angezeigt, Alternativen für Komplettausfälle einer Cloud-Lösung zu entwickeln. Dies ist aber am fachlichen Einzelfall des jeweiligen Services und an dessen Kritikalität für den Geschäftsbetrieb auszurichten. Typischerweise haben die Ausfallkonzepte eines etablierten Cloud-Anbieters einen höheren Reifegrad als das, was ein Anwender leisten kann.



## ■ 4.7 Führung und Steuerung für Cloud-Lösungen

Die Auswahl eines Partners für Cloud-Lösungen ist in jedem Fall eine Entscheidung, die sich auf eine lange Frist der Zusammenarbeit bezieht und damit ohne Frage strategisch angelegt ist. Wenngleich das Angebot eines Cloud-Anbieters aus seiner Sicht für die Nutzer standardisiert ist, ist es das aus Sicht der Nutzer in Bezug auf die verschiedenen Anbieter von Cloud-Lösungen nicht. Die Integration der Cloud-Lösung in die eigene Anwendungslandschaft wird sich im Regelfall auf eine spezifische Ausprägung des Angebots beziehen. Das gilt auch für vermeintliches Standardangebot im Bereich von Platform-as-a-Service und Infrastructure-as-a-Service. Die Differenzierung in den Angeboten hilft dem Anwender ein für ihn passendes auszuwählen, verhindert aber den einfachen Wechsel zwischen Anbietern.

Da die Entscheidung also eine langfristige und strategische ist, ist eine umfangreiche Begutachtung von Cloud-Anbietern und ihren Lösungen anzuraten. Dazu gehört der Test des Angebots unter realistischen Einsatzbedingungen und die Überprüfung von Kundenreferenzen. Im Vordergrund steht dabei, das Angebot zu identifizieren, das zu denen in der Beurteilung der eigenen Cloud-Readiness erhobenen Anforderungen am besten passt.

Grundsätzlich gehört der Erfahrungsaustausch mit anderen Kunden eines Cloud-Anbieters zu einer erfolgreichen Sourcing-Strategie. Ein guter Anbieter wird einen solchen Erfahrungsaustausch gerne vermitteln, gegebenenfalls sogar eine eigene User-Community organisieren. Das ist ein Punkt der Anbieterbeurteilung.

Mit der operativen Implementierung der Cloud-Lösung ist ein entsprechendes operatives Servicemanagement einzuführen, das die oben beschriebenen Anforderungen erfüllen kann. Das wichtigste Element dieses Servicemanagements ist die Abstimmung auf die entsprechende Support-Organisation des Cloud-Anbieters.

### 4.7.1 Cloud-Lösungen verlangen den Aufbau einer eigenen Steuerungsorganisation

Zur Herstellung der Cloud-Readiness gilt es die Expertise zu Cloud-Fragen aufbauen: Ein solche interne Organisation muss in der Lage sein entsprechend den in der Phase der Herstellung der Cloud-Readiness erarbeiteten Anforderungen des eigenen Unternehmens die verschiedenen Angebote zu bewerten. Noch einmal sei hier betont: Cloud-Lösungen nur in isolierten und eventuell völlig unkritischen Teilbereichen einzuführen, verschenkt Chancen und wird dem möglichen Potenzial nicht gerecht. Umgekehrt ohne genügende Vorbereitung und klare Entscheidungen in die Nutzung von Cloud-Lösungen zu gehen, birgt besondere Geschäftsrisiken, die ein Unternehmen nicht eingehen soll.

Neben der Überprüfung der Passgenauigkeit des Angebotes auf die eigenen Anforderungen, gehört zu einer Angebotsbewertung die rechtliche Absicherung. Wesentliche Punkte sind hier die Beachtung von Fragen des Datenschutzes und der Auftragsdatenverwaltung sowie der Umgang mit eigenen Haftungsrisiken.

Diese Steuerungsorganisation agiert in zwei Richtungen: Im Unternehmen nach innen nimmt sie die Supportanfragen entgegen führt das Incident-Management durch. Nach außen steht diese Steuerungsorganisation im Kontakt und Dialog mit dem Cloud-Anbieter und bildet für ihn den einen Kontaktpunkt des Unternehmens. Mit einer solchen Steuerungsorganisation behält das Unternehmen die Cloud-Lösung im Griff. Ohne eine solche Steuerungsorganisation, müssen sich Endanwender im Unternehmen direkt an den Cloud-Anbieter wenden. Dies erscheint zwar auf den ersten Blick klarer und einfacher, bedeutet aber Verlust von Überblick und Führung für die Cloud-Lösung.

#### 4.7.2 Für Services muss das Unternehmen gerade für Cloud-Lösungen Service-Level-Agreements treffen

Grundlage für die Führung und Steuerung von Cloud-Lösungen sind, wie oben beschrieben, eindeutige und unmissverständliche Service-Level-Agreements zu Verfügbarkeit, Durchsatz etc. für die Services, die der Anbieter bereitstellt. In diesen Kontext gehören zusätzlich Vereinbarungen zur Anpassung von Services und – wichtiger – zur Übergangsfrist von abgekündigten Services oder alten Versionen von Schnittstellen und Services. Hier ist zu prüfen, inwieweit das typischerweise standardisierte Angebot den eigenen Anforderungen und Fähigkeiten der eigenen Organisation entspricht.

Wenn für einen geänderten Service eine Übergangszeit festgelegt ist, dann muss die eigene IT-Organisation in der Lage sein, die Anwendungslandschaft in der gegebenen Zeit anzupassen. Im Gegensatz zu selbst betriebenen Anwendungen oder Hosting-Lösungen gibt es bei Cloud-Anbietern nicht die Möglichkeit, bisherige Versionen länger in Betrieb zu halten.

Für den Fall, dass ein Anbieter Service-Level-Agreements nicht einhält oder die eigenen Anforderungen sich aus dem Angebot herausentwickeln, ist rechtzeitig konzeptuelle Vorsorge zu treffen. Dies kann nur in Zusammenarbeit mit dem Cloud-Anbieter geschehen. Eine möglichst genaue Risikoabwägung hilft, wirtschaftlich unsinnige Lösungen zu verhindern.

#### ■ 4.8 Checkliste und Fazit zu Cloud-Readiness

Eine Bewertung der Cloud-Readiness einer Organisation nach strategischen, architekturellen, technologischen und organisatorischen Faktoren ist eine sehr komplexe Aufgabe. Tabelle 1 gibt einen zusammenfassenden Überblick der oben beschriebenen Dimensionen und Kriterien, die zur Bewertung der Cloud-Readiness eines Unternehmens zu berücksichtigen sind.

Dimension (gemäß TOGAF®-Content-Model)	Kriterien
Architekturprinzipien, Vision und Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>☑ Alignment von Geschäftsstrategie und IT-Strategie</li> <li>☑ Bewertung von Cloud-Innovationspotenzial, Chancen und Risiken für Geschäfts- und IT-Strategie</li> </ul>
Geschäftsarchitektur	<ul style="list-style-type: none"> <li>☑ Standardisierungsgrad der Geschäftsprozesse und Architektur</li> <li>☑ Orientierung an fach- und industriespezifischen Standards</li> </ul>
Informationssystemarchitektur	<ul style="list-style-type: none"> <li>☑ Serviceorientierung der Architektur</li> <li>☑ Reifegrad des IT-Servicemanagement</li> <li>☑ Gap-Analyse zwischen Zielarchitektur und bestehender Anwendungsarchitektur</li> <li>☑ Analyse der Datenhoheit und Schutzbedürftigkeit</li> <li>☑ Bewertung des Standardisierungs-/Differenzierungsbedarfs von Services</li> <li>☑ Bewertung von Kosten-/Preismodellen und Kapazitätsmodellen</li> </ul>
Technologiearchitektur	<ul style="list-style-type: none"> <li>☑ Bewertung der Integrationsfähigkeit von externen und internen Services</li> <li>☑ Virtualisierungsgrad von Anwendungssoftware</li> <li>☑ Bewertung des Nutzungspotenzial von Plattform-Services (PaaS)</li> <li>☑ Reifegrad Anforderungs- und Service-Level-Management und Überwachungsmöglichkeiten für externe Services</li> <li>☑ Disaster-Recovery- und Alternativkonzepte für Ausfälle von Cloud-Services</li> </ul>
Realisierung der Architektur	<ul style="list-style-type: none"> <li>☑ Sourcing-Strategie und Bewertung von Cloud-Anbietern für langfristige Partnerschaft</li> <li>☑ Etablierter Erfahrungsaustausch mit anderen Unternehmen und Communitys</li> <li>☑ Einführung einer Steuerungs- und Managementfunktion für Cloud-Lösungen</li> <li>☑ Definition von Service-Level-Agreements für Cloud-Services</li> </ul>

Tabelle 1: Checkliste zur Cloud-Readiness

Aufgrund der Komplexität eine integrierte Betrachtung der Cloud-Readiness nach den oben dargestellten Dimensionen mit sich bringt, empfehlen wir, auf die Hilfestellung von Beratungsunternehmen zurückzugreifen, die auf Basis ihrer fundierten Praxiserfahrung passende Softwarewerkzeuge und Frameworks zur umfassenden Bewertung der Cloud-Readiness und zur erfolgreichen Einführung und nachhaltigen Nutzung der Cloud-Services entwickelt haben.

## Weiterführende Literaturhinweise

Frey, F. und Hentrich, C. (2012): Keine Angst vor der Cloud. <http://www.computerwoche.de/mittelstand/2516111/>. Computerwoche. IDG Business Media. München.

Lünendonk®-Trendstudie (2012): Veränderte Wertschöpfung in der Cloud: Anbietertypologien, Services und Lösungen im Ausblick«. <http://www.infosys.com/german/Documents/Luenendonk-Infosys-Cloud-Trendstudie-2012.pdf>. Lünendonk. Kaufbeuren.

Open Group (2012): TOGAF® Version 9.1. <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/index.html>.

Rhoton, J. (2011): Cloud Computing Explained: Implementation Handbook for Enterprises, Second Edition. Recursive Press. UK.

Velte, T.; Velte, A. und Elsenpeter, R. C. (2010): Cloud Computing: A Practical Approach, McGraw-Hill. USA.

Vossen, G.; Haselmann, T. und Hoeren, T. (2012): Cloud Computing für Unternehmen – Technische, wirtschaftliche, rechtliche und organisatorische Aspekte. dpunkt.verlag. Heidelberg.

Van't Wout, J.; Waage, M.; Hartman, H.; Stahlecker, M. und Hofman, A (2010): The Integrated Architecture Framework Explained. Springer-Verlag. Heidelberg.

## 5 Integration

Im Folgenden wird das Thema Integration im Kontext des Cloud-Computing betrachtet. Es wird dabei nicht auf den Nutzen oder die Vorteile von Cloud-Computing eingegangen, sondern die Integration wird als notwendiges Mittel für ein erfolgreiches Cloud-Computing angesehen. Der Nutzen von Cloud-Computing wird ausführlich im Kapitel Nutzenkette und Nachhaltigkeit diskutiert.

Das vorliegende Kapitel ist wie folgt strukturiert: Zunächst wird aufgezeigt, warum Integration beim Cloud-Computing einen der zentralen Aspekte darstellt. Darauf folgt ein Überblick über die Integrationsszenarien und Integrationsanforderungen, die in der Praxis auftreten. Ziel dieses Abschnitts ist es, einen Eindruck über die Komplexität des Themas zu vermitteln. Als nächstes werden die unterschiedlichen Integrationsarten und ihre spezifischen Herausforderungen erläutert. Im Anschluss daran werden die existierenden Integrationslösungen vorgestellt, die zur Bewältigung der Herausforderungen eingesetzt werden können. Das Kapitel endet mit einem Fazit.

### ■ 5.1 Motivation

Eine Vielzahl von Unternehmen weist eine historisch gewachsene, heterogene IT-Landschaft auf, bestehend aus dem unterschiedlichsten Mix aus Plattformen, Technologien und Unternehmensanwendungen. Damit Unternehmensanwendungen Geschäftsprozesse optimal unterstützen können, ist es notwendig, dass die Anwendungen die richtigen Daten zur richtigen Zeit zur Verfügung haben. Dies ist die klassische Aufgabe von Enterprise-Application-Integration (EAI). Das Ziel der EAI kann als uneingeschränktes Teilen von Daten und Geschäftsprozessen unter verbundenen Applikationen und Datenquellen in einer Unternehmung verstanden werden (siehe [LINT]). Anwendungen erbringen nur dann einen Nutzen, wenn diese sich in die Unternehmenslandschaft integrieren lassen. Dies trifft ebenso auf Anwendungen in der Cloud zu.

### 5.2 Integrationsszenarien

Zunächst ist zu unterscheiden, dass Anwendungen lokal<sup>4</sup> oder in der Cloud betrieben werden können. Daraus ergeben sich bei der Integration von Anwendungen folgende Szenarien:

- **Lokal – Lokal:**  
Es handelt sich um klassisches EAI-Szenario, bei dem lokal betriebene Anwendungen zu integrieren sind.
- **Lokal – Cloud:**  
Lokale und in der Cloud betriebene Anwendungen sind zu integrieren.
- **Cloud – Cloud:**  
Die zu integrierenden Anwendungen werden in der Cloud betrieben.

Diese Klassifizierung kann anhand verschiedener Unterscheidungsmerkmale weiter verfeinert werden:

Weitere Verfeinerung von »Lokal«:

- Eigenes Rechenzentrum
- Extern gemanagtes Rechenzentrum

Weitere Verfeinerung von »Cloud« nach den Service-Delivery-Modellen (Auszug):

- Infrastructure-as-a-Service
- Platform-as-a-Service

<sup>4</sup> Unter lokal wird hier der Betrieb von Software in einem eigenen Rechenzentrum verstanden – häufig auch als On-Premise oder Enterprise bezeichnet.

- Software-as-a-Service
- Security-as-a-Service

Weitere Verfeinerung »Cloud« nach Cloud-Typen (siehe [TCT]):

- Public
- Private
- Community
- Hybrid

Folgende Abbildung illustriert die unterschiedlichen Integrationsszenarien:

Eine ähnliche Klassifizierung auf Basis von Anwendungsfällen wurde von der Cloud-Computing-Use-Cases-Group erstellt (siehe [CCUC]).

Aus der aufgeführten Klassifizierung ergeben sich komplexe Integrationsszenarien, die auch in der Praxis auftreten. Ein Beispiel ist die Integration einer lokalen Anwendung mit einer Software-as-a-Service(SaaS)-Lösung betrieben in einer Private Cloud und einer weiteren SaaS-Lösung betrieben in einer Public Cloud.

Bei umfangreicheren Cloud-Vorhaben ist es aufgrund der Vielzahl von möglichen Integrationsszenarien empfehlenswert, eine Cloud-Integrationsstrategie zu definieren, die durch eine entsprechende Cloud-Integrationsarchitektur gestützt wird. Durch frühzeitige Definition einer unternehmensweit, verbindlichen Cloud-Integrationsarchitektur wird ein Wildwuchs an Technologien vermieden.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor ist dabei auch das Aufsetzen einer Governance, im Rahmen derer die notwendigen Regeln, Richtlinien, Standards, Rollen, Prozesse und Steuerungsmechanismen definiert werden, um die Umsetzung der Cloud-Integrationsstrategie sicherzustellen.

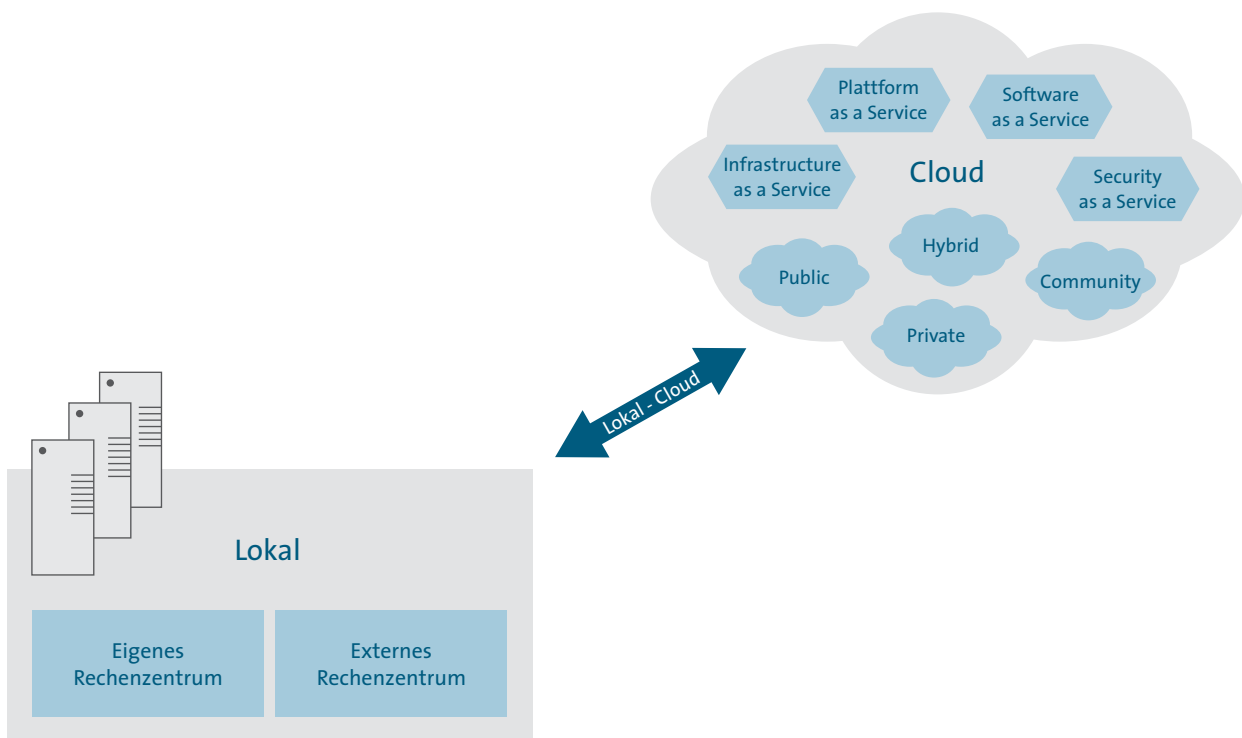


Abbildung 1: Illustration der Integrationsszenarien (Quelle: Markus Kress, NTT Data Deutschland)

### ■ 5.3 Integrationsanforderungen

Zur Integration von Cloud-Anwendungen sind, wie bei klassisch betriebenen und zu integrierenden Anwendungen, die Integrationsanforderungen aus fachlicher Sicht zu berücksichtigen.

Im Folgenden werden solche Integrationsanforderungen kurz am Beispiel einer in der Cloud betriebenen Customer-Relationship-Management(CRM)-Anwendung, also einer SaaS-CRM-Lösung, erläutert.

CRM-Anwendungen arbeiten mit den verschiedensten Daten wie bspw. Kundendaten, Bestellungen und Produkte. Um CRM-Anwendungen sinnvoll verwenden zu können, müssen diese zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme daher initial mit dem notwendigen Datenbestand beladen werden. Solche unternehmenskritischen Daten sind in der Regel auf unterschiedliche Backend-Systeme verteilt. Die Daten müssen aus den Backend-Systemen extrahiert und an die CRM-Anwendung übertragen werden. Dies stellt ein »Extract, Transform and Load«(ETL)-Szenario dar, bei dem Daten aus lokalen Unternehmensanwendungen in die Cloud transferiert werden. Die Integrationsanforderungen können unter anderem mit den Kategorien und Ausprägungen

- Datenart = »Massendaten«,
- Ausführungshäufigkeit = »einmaliger Transfer«,
- Datenvolumen = »> 1 GB«,
- Lokation = »Lokal und Cloud«

beschrieben werden.

Neben der initialen Beladung muss sichergestellt werden, dass CRM-Anwendungen dauerhaft eine aktuelle und korrekte Datenbasis besitzen. Dies erfordert eine Synchronisation zwischen der CRM-Anwendung und den Backend-Systemen. Hier kann bspw. eine messagingbasierte Lösung erforderlich sein, speziell wenn

Echtzeitanforderungen bestehen. Die Integrationsanforderungen können unter anderem mit den Kategorien und Ausprägungen

- Datenart = »Einzeldaten«,
- Ausführungshäufigkeit = »hoch«,
- Datenvolumen = »< 5 MB«,
- Lokation = »Lokal und Cloud«

beschrieben werden.

CRM-Anwendungen müssen aber nicht nur mit Daten versorgt werden. Zusätzlich kann der Bedarf bestehen, dass CRM-Anwendungen bestimmte Unternehmensanwendungen mit Daten versorgen. Als Beispiel sind hier im Unternehmen eingesetzte Reporting-Engines oder Business-Intelligence-Lösungen aufzuführen. Diese erfordern Daten aus unterschiedlichen Systemen, um umfassende Sichten und Auswertungen zu ermöglichen. Dies stellt ebenso ein ETL-Szenario dar, bei dem Daten allerdings in umgekehrter Richtung übertragen werden müssen, d. h. die Daten werden in diesem Fall aus der Cloud in lokale Unternehmensanwendungen übertragen.

In der folgenden Abbildung wird dieses Beispiel skizziert:

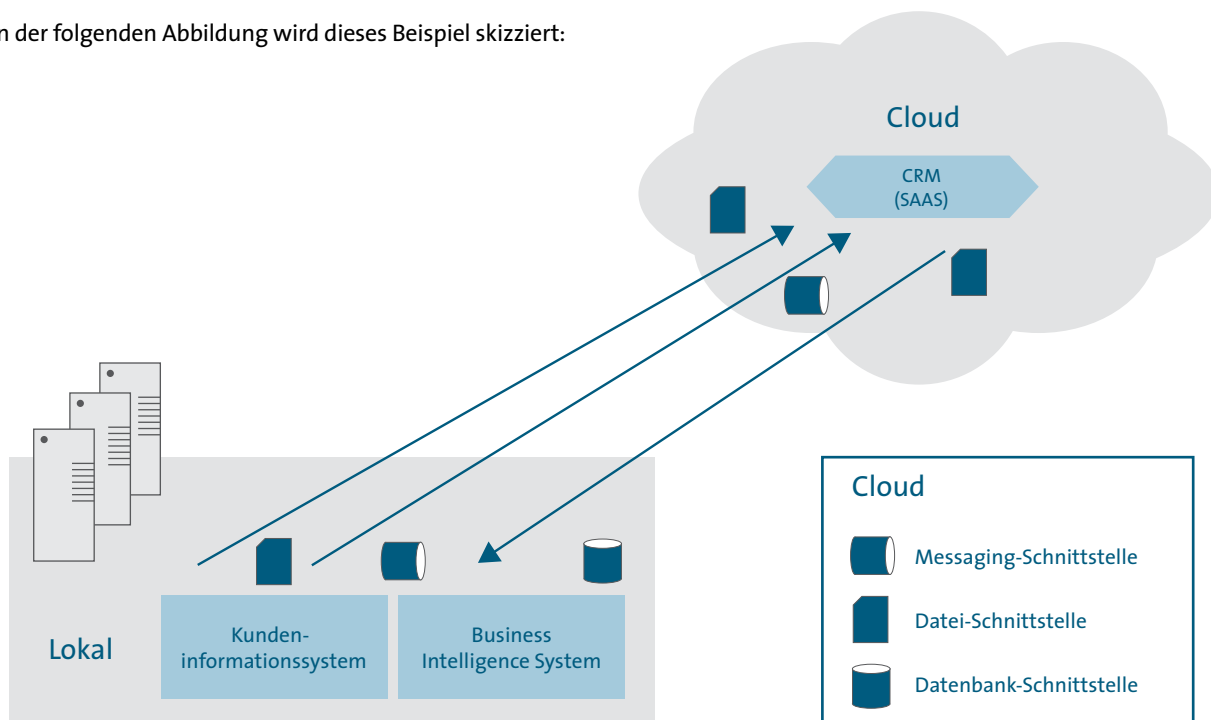


Abbildung 2: Exemplarische Darstellung eines Integrations Szenarios einer CRM-SAAS-Lösung (Quelle: Markus Kress, NTT Data Deutschland)

Wie aus obigem Beispiel ersichtlich, können bei Projekten mit Integrationsanteilen die unterschiedlichsten Integrationsanforderungen bestehen. Dies ist auch unabhängig davon, ob es sich um ein Cloud-Szenario handelt oder nicht. Mit der Cloud erhöhen sich in der Regel die Integrationsanforderungen im Gegensatz zu Nicht-Cloud-Szenarien. In den nachfolgenden Abschnitten wird auf diesen Aspekt eingegangen. Eine vollständige Auflistung von Integrationsanforderungen inkl. der Integrationspatterns würde den Rahmen des Artikels überschreiten. Eine gute Übersicht liefern die Enterprise-Integration-Pattern von Gregor Hoppe und Bobby Woolf, die im Bereich EAI häufig zum Einsatz kommen (siehe [HOHP]). Bei diesen Integrationspatterns handelt es sich um »klassische« Pattern, die nicht explizit auf Cloud-Aspekte eingehen. Sie dienen aber sehr gut der Einführung in das Thema Datenintegration.

## ■ 5.4 Integrationsarten

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Integrationsarten näher erläutert und die spezifischen Herausforderungen aufgezeigt. Da der Artikel herstellerneutral ist, wird auf produktspezifische Aspekte nicht eingegangen. Im Folgenden werden die beiden Szenarien »Lokal – Cloud« und »Cloud – Cloud« unter der Bezeichnung Cloud-Szenario zusammengefasst.

### 5.4.1 Datenintegration

Auf dieser Ebene stehen die Daten bzw. Informationen im Fokus. Im »klassischen« Sinne handelt es sich dabei um die Integration von Daten mehrerer betrieblicher Funktionsbereiche mit dem Ziel, dieselben Daten unmittelbar für verschiedene Aufgaben nutzbar zu machen [GABL]. Dabei werden Daten mit unterschiedlichen Strukturen aus verschiedenen, meist heterogenen Datenquellen extrahiert und zu einer einheitlichen Datenstruktur zusammengeführt. Daten aus unterschiedlichen Datenquellen können semantische Unterschiede aufweisen, die es zu berücksichtigen gilt. Mit der Datenintegration soll eine



effektive und effiziente Zusammenführung der Daten erreicht, Redundanzen vermieden, und die Datenintegrität und -qualität sichergestellt werden. Eine unzulängliche Datenintegration führt zu Datensilos und mehreren »Points of Truths«.

Die Notwendigkeit, Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammenzuführen, existiert auch in Cloud-Szenarien. Je verteilter und heterogener die Datenquellen sind, umso herausfordernder kann sich die Datenintegration gestalten. In der Cloud können Services weltweit angeboten und konsumiert werden. Dadurch kann der Bedarf entstehen, Daten länderübergreifend zusammenzuführen. In einem solchen internationalen Datenintegrationsszenario sind speziell die Identifikation und die adäquate Behandlung semantischer Unterschiede in den Daten eine Herausforderung. Die Erreichung von »Single Points of Truth« in Cloud-Szenarien ist nicht immer möglich. Dies kann bspw. dadurch begründet sein, dass Daten aus unterschiedlichen Datenquellen im Verantwortungsbereich (Data-Ownership) von Personen liegen, die außerhalb des eigenen Einflussbereichs liegen. Datenqualitätsstandards und -regeln können hier einen Mehrwert liefern, um bspw. Auswertungen über die Datenqualität einer Datenquelle zu ermöglichen oder Korrekturaktivitäten zu automatisieren. Es sei noch darauf hingewiesen, dass es in länderübergreifenden Integrationsszenarien bspw. Unternehmensrichtlinien zur Security sowie zu rechtlichen Vorschriften zu berücksichtigen gilt.

Des Weiteren ist bei der Datenintegration zu berücksichtigen, dass Daten nicht mehr nur in relationalen Datenbanken gespeichert sein können, sondern auch in NoSQL- bzw. Indexed-Key-File-Datenbanken. Diese ermöglichen die unstrukturierte Ablage von Daten (vergleiche auch Abschnitt Basis – Datenbanken).

### 5.4.2 Serviceintegration

Auf dieser Ebene steht die Integration von Services im Mittelpunkt. In Szenarien, in denen Services orchestriert werden, ist die Performance ein zu berücksichtigender Aspekt. Je verteilter die zu orchestrierenden Services betrieben werden und je mehr Services orchestriert

werden müssen, umso größer ist die Auswirkung auf die Performance. Dementsprechend ist bei cloudübergreifenden Orchestrierungen die Performance ein kritischer Aspekt. Daher ist es empfehlenswert, Performance-Anforderungen zu definieren und deren Einhaltung frühzeitig durch Performance-Tests zu verifizieren. Neben der Performance sind weitere nichtfunktionale Anforderungen, z. B. Ausfallsicherheit und Security-Anforderungen, zu berücksichtigen. Da es bspw. eine Vielzahl an Verfahren zur Authentifizierung und Autorisierung gibt, kann sich die Integration von Services in einem Cloud-Szenario aufwendig gestalten, insbesondere wenn Single-Sign-On-Verfahren implementiert werden. Es kann die Situation eintreten, dass in einem Szenario unterschiedliche Security-Verfahren zu implementieren sind und eine Transformation von einem Verfahren in ein anderes vorgenommen werden muss. Dies kann zwar auch in Nicht-Cloud-Szenarien vorkommen, die Wahrscheinlichkeit bei einem Cloud-Szenario, speziell wenn mehrere Cloud-Anbieter involviert sind, erhöht sich allerdings. Ein Beispiel für eine Security-Transformation ist die Transformation von Username-Password-Authentifizierung zu einer X.509-zertifikatsbasierten Authentifizierung. Die Komplexität der Integration von Cloud-Services hängt ebenso von der Gestaltung der Cloud-Services und der Zielarchitektur ab. Werden Cloud-Services in eine SOA integriert, so reduziert sich der Aufwand, wenn die Services innerhalb der SOA und die Cloud-Services heutzutage verbreitete Qualitätseigenschaften berücksichtigen. Es gilt somit bspw. zu beachten, dass die Services lose gekoppelt sind und Kategorisierungen in Entitätsdienste und Aufgabendienste befolgen (siehe [ERL]). Ansonsten wird der Ersatz von lokalen Services durch Cloud-Services zusätzlich erschwert. Auch die Auffindbarkeit von Services als Qualitätseigenschaft, die mitunter die korrekte Benennung von Operationen etc. umfasst, hilft dabei, den semantisch korrekten Cloud-Service und die passende Operation zu identifizieren [GEB].

Des Weiteren sind Service-Level-Agreements (SLAs) zu berücksichtigen. Ein SLA stellt einen Vertrag zwischen Service-Anbieter und Service-Nutzer dar, der die Dienstgüte bzw. die Leistungsqualität des Services beschreibt. Die Dienstgüte kann dabei Aspekte wie Performance,

Ausfallsicherheit, Datensicherheit, Verfügbarkeit, Support-Zeiten, und Reaktionszeiten umfassen. Die Definition von SLAs bei einer cloudübergreifenden Orchestrierung von Services ist keine triviale Aufgabe. SLAs sollten einheitlich und aussagekräftig beschrieben sein und zudem automatisiert überprüft werden können, um ein praktikables Service-Level-Management (SLM) durchführen zu können (siehe [STEM]).

Insbesondere müssen bei der Verwendung von Cloud-Services eines externen Providers die SLAs genau geprüft werden. Aufgrund unterschiedlicher Definitionen, Sichtweisen und Berechnungsmethoden können Schwierigkeiten und letztlich Missverständnisse bei der Prüfung auftreten. Wie definiert der Provider bspw. die Verfügbarkeit und Ausfallzeiten und was bezeichnet er als einen Ausfall? Eine mögliche risikominimierende Maßnahme bzgl. des Ausfalls eines geschäftskritischen Cloud-Services stellt ein redundant ausgelegter (fault-tolerant) Betrieb des Cloud-Services bei verschiedenen Cloud-Providern dar. Allerdings ist hier ein automatischer und möglichst verzögerungsfreier Schwenk bei einem Ausfall schwierig zu realisieren. Ausfälle sind auf jeden Fall keine Theorie mehr. In der Vergangenheit traten bereits Ausfälle bei namhaften Cloud-Providern auf.

Weiterhin gilt es zu berücksichtigen, dass die Leistungsqualität eines Services nicht besser sein kann, als die Leistungsqualität der Services, die er orchestriert. Der aus der Orchestrierung resultierende Service weist also eine Leistungsqualität auf, die dem schwächsten Glied der Kette entspricht. Existieren bei einem Orchestrierungsszenario Services ohne SLA, dann ist keine verlässliche Aussage über die Leistungsqualität der Services möglich.

Für die Überwachung von SLAs existieren verschiedene Verfahren und Werkzeuge. Als Voraussetzung müssen die Ist-Werte der Dienstgüte erhoben werden. Hierfür eignet sich aus Effizienzgründen eine automatisierte Lösung. Die Verfahren reichen von einfachen Monitoring-Lösungen, mit denen Reports erstellt oder Warnmeldungen verschickt werden, bis hin zu ausgereiften Complex-Event-Processing-Lösungen (vgl. [KRE]).

Möchte ein Unternehmen Services mehrerer Cloud-Anbieter nutzen, so kann ein sogenannter Cloud-Broker (auch Cloud-Service-Brokerage genannt) hilfreich sein. Cloud-Broker sind Vermittler zwischen Konsumenten und Cloud-Anbietern und unterstützen Konsumenten dabei, komplexe Serviceintegrationsszenarien beherrschbar zu gestalten. Darüber hinaus können sie auch eigene mehrwertbringende Dienste anbieten (siehe [NIST]). Sie sind in etwa vergleichbar mit »klassischen« Systemintegrationsdienstleistern.

### 5.4.3 Prozessintegration

Bei der Prozessintegration geht es um die effektive und effiziente Ausgestaltung von Arbeitsabläufen in einer Organisation oder zwischen Organisationen (mit Lieferanten, Kunden oder Partnern). Es geht dabei nicht nur um die optimale Einbettung von Prozessen in Organisationen, sondern um eine ganzheitliche Sicht auf Prozesse. Prozesse müssen identifiziert, aufeinander abgestimmt, vernetzt und optimiert werden. Diese Prozessoptimierung erfolgt durch eine kontinuierliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Prozesse. Die Prozessintegration umfasst aber nicht nur fachliche, sondern auch technische Aspekte. Die Prozessoptimierung kann durch eine elektronische Umsetzung erfolgen, die bis zur Teil- oder gar Vollautomatisierung von End-to-End-Prozessen reichen kann. Dabei müssen in der Regel auch Systeme in den Prozessablauf integriert werden.

Die Prozessintegration in Cloud-Szenarien kann unterschiedliche Ausprägungen aufweisen. Im Folgenden ist eine Auswahl aufgeführt (Vergleiche auch Abschnitt Prozessunterstützung):

1. Cloud-Services bieten Funktionalitäten an, welche in einem Geschäftsprozess genutzt werden. Dazu ist es notwendig, Cloud-Services zu orchestrieren bzw. in den Geschäftsprozess zu integrieren. Werden Cloud-Services in einem Geschäftsprozess genutzt, so müssen die Risiken einer Nichtverfügbarkeit des Cloud-Services identifiziert werden. Dies ist speziell bei Kernprozessen der Fall. Es gilt den wirtschaftlichen Schaden abzuschätzen und die Eignung von Cloud-Services anhand ihrer SLAs zu bewerten. Dies gilt analog für die folgenden Punkte.
2. Eine BPM-Software wird als SaaS zur Verfügung gestellt. Der Funktionsumfang einer SaaS-basierten BPM-Software kann von einer Software zur Prozessdokumentation bis hin zu einer Software zur Erstellung ausführbarer Prozesse reichen.
3. Ein Geschäftsprozess wird als SaaS zur Verfügung gestellt. Diese spezielle Ausprägung wird auch als Business-Process-as-a-Service (BPaaS) bezeichnet. Der Zugriff auf den Prozess kann dabei über unterschiedliche Medien erfolgen (Mobile Devices, webbasiert etc.).

#### 5.4.4 Portalintegration

Auf dieser Ebene stehen Integrationsaspekte im Kontext grafischer Benutzeroberflächen im Vordergrund. Architekturschichtenmodelle besitzen in der Regel eine Präsentationsschicht, welche die Schnittstelle zwischen Benutzer und Anwendung darstellt. Auf dieser Schicht werden das Aussehen der Masken und deren Abfolge (Page-Flows) definiert. Unterschiedliche Anwendungen können mittels einer Portallösung in eine Benutzeroberfläche integriert werden. Der Benutzer muss in diesem Fall nicht mehr auf verschiedene Anwendungen bzw. Oberflächen zugreifen, was ein effizientes Arbeiten ermöglicht. Idealerweise werden durch eine Integrationslösung auch redundante manuelle Dateneingaben vermieden. Darüber hinaus können auch rollenbasierte Benutzeroberflächen implementiert werden. Dabei wird für die für jeweilige Rolle die erforderliche Sicht bereitgestellt, bspw. unterschiedliche Sichten für Fachanwendern,

Administratoren und Management. In Zeiten von Web 2.0 müssen bei grafischen Benutzeroberflächen nicht nur Usability, sondern auch User-Experience-Aspekte berücksichtigt werden. Zum Beispiel ist Single-Sign-On ein wichtiger Usability-Aspekt bei der Portalintegration, um dem Benutzer ein aufwendiges, mehrfaches Einloggen zu ersparen. Ähnlich zur Serviceintegration stellen in diesem Fall Performance-Anforderungen an eine grafische Benutzeroberfläche einen wichtigen Aspekt dar. Benutzer sind in Zeiten immer schneller werdender Internetverbindungen nicht dazu bereit, Wartezeiten in Kauf zu nehmen. Eine besondere Art der Integration stellen Mashups dar. Dabei handelt es sich in der Regel um Webanwendungen, die durch Verknüpfung bereits existierender Services oder Datenquellen erstellt wurden. Insbesondere können hierbei Cloud-Services zu neuen Anwendungen aggregiert werden. Ein solches Beispiel stellt die Verknüpfung von Facebook-Applikationen und der Amazon-Web-Services-Cloud-Infrastruktur (siehe [AWS]) dar.

Wie bereits bei der Serviceintegration aufgeführt wurde, ist die Umsetzung eines Single-Sign-Ons in einem Cloud-Szenario allerdings kein einfaches Vorhaben. Im folgenden Abschnitt wird auf die Integration von Security-Aspekten näher eingegangen.

#### 5.4.5 Security-Integration

Verteilte Cloud-Architekturen, bei denen interne und externe Anwender dieselben Services und Schnittstellen zu gleichen oder unterschiedlichen Bedingungen (SLAs) nutzen dürfen, werfen früher oder später die Frage nach der Integration der involvierten Identity-Access-Management (IAM) Systeme auf.

Hierbei kann es sich sowohl um eigene, externe, als auch von Drittanbietern bereitgestellte IAM-Systeme handeln.

Typische Herausforderungen in diesem Kontext:

- Gibt es in Zukunft ein oder mehrere IAM-Systeme? Wenn ja, wie werden diese integriert und konsistent gehalten?

- Bleiben die zu integrierenden IAM-Systeme auf die eigene Firma und Partner beschränkt oder werden auch externe IAM-Systeme als vertrauenswürdig deklariert (z. B. LinkedIn, Facebook)?
- Ist es möglich, dass eigene IAM-System in der Cloud bereitzustellen?
- Soll der Zugriff auf den internen Directory-Server als Service nach außen bereitgestellt werden?
- Dürfen User-IDs und Passwörter die Unternehmensgrenzen verlassen?

Im Rahmen der Architekturentscheidung für eine geeignete Integration der IAM-Systeme, ist es sinnvoll, sich der bewährten Ansätze aus dem SOA-Umfeld zu bedienen.

Security-as-a-Service, z. B. realisiert durch eine XML-Firewall, ist eine mögliche Antwort auf die oben aufgeführten Herausforderungen:

- Nur die in der Cloud bereitgestellten Security-Services des Cloud-Dienstleisters sind berechtigt, auf das lokale IAM-System zuzugreifen. Es entstehen keine Löcher in der Firewall.
- Die Security-Services unterstützen »Delegated Authentication«. Viele führende SaaS-Anbieter, z. B. Salesforce.com, bieten bereits hierzu eine dedizierte Serviceschnittstelle an (siehe [SAL]).
- Durch die zentrale Verwaltung und Änderung von Security-Richtlinien (Policies), denen die Security-Services unterliegen, kann der Cloud-Dienstleister schnell auf neue Herausforderungen, z. B. strengere Richtlinien durch gesetzliche Rahmenbedingungen oder auch Angriffe aus der Cloud, reagieren.
- Sowohl Security-Richtlinien als auch die SLAs zwischen Cloud-Dienstleistern und -Nutzern werden zentral verwaltet, überwacht und ausgewertet.

- Neben der Überprüfung der Identitäten sowie der Autorisierung von Zugriffen, können Security-Services so ausgebaut werden, dass diese, bestimmte Inhalte auf Basis von Geo-Daten filtern oder modifizieren. Schon heute regeln Plattformen wie YouTube den Zugriff auf Inhalte in Abhängigkeit des Standorts des angemeldeten Benutzers.

Im Folgenden wird ein konkretes Beispiel der Umsetzung von Security-as-a-Service anhand der Integration eines externen CRM-Systems in eine bestehende Applikationslandschaft dargestellt.

Rahmenbedingungen:

- Der Übergang zu einem in der Cloud verfügbaren CRM-System soll in Stufen erfolgen, d. h. für eine gewisse Übergangszeit müssen weiterhin die lokalen Kundendaten aus dem existierenden CRM-System genutzt und mit den Kundendaten in der Cloud assoziiert werden. Darüber hinaus ist es notwendig, gewisse Informationen, z. B. Kalender, bidirektional zwischen dem existierenden und dem zukünftigen CRM-System zu synchronisieren.
- Es gilt die strikte Firmenrichtlinie, dass keine Passwörter die Unternehmensgrenze verlassen dürfen.

Die technische Umsetzung wurde mit Hilfe des Security-as-a-Service-Ansatzes wie folgt gelöst:

1. Der CRM-Benutzer ruft aus dem Intranet heraus die CRM-Anwendung auf. Hierbei gibt er seine User-ID mit. Das CRM-System in der Cloud ist so konfiguriert, dass die Authentisierung delegiert wird, d. h. der Cloud-Dienstleister verlässt sich auf das IAM-System des Cloud-Nutzers. Das CRM-System in der Cloud identifiziert den Aufrufer initial auf Basis von Point-to-Point-Security (z. B. SSL) oder anhand seiner IP-Adresse.

2. Das CRM-System in der Cloud ruft den hinterlegten Security-Service auf, der über die XML-Firewall bereitgestellt wird. In diesem Kontext wird die User-ID aus dem Request extrahiert.
  3. Die XML-Firewall, die als einzige Komponente Services aus dem Intranet des Cloud-Nutzers aufrufen darf, greift auf das User-Directory im Backend-System zu und holt sich das zur User-ID passende Passwort. Die ursprüngliche Nachricht wird um das Passwort ergänzt und enthält nun sowohl User-ID als auch Passwort. Das IAM-System wird nun aufgerufen, um den Aufrufer zu authentifizieren und zu autorisieren.
  4. Das Ergebnis wird an die XML-Firewall zurückgeschickt.
  5. Es findet eine Transformation in »true« oder »false« statt. Dieses Ergebnis wird gemäß dem erwarteten Nachrichtenformat transformiert und als Antwort an das CRM-System in der Cloud zurückgeschickt.
  6. Somit ist das externe CRM-System in der Lage festzustellen, ob der Login erfolgreich war oder nicht.
  7. Im Rahmen von Single-Sign-On (SSO) kann der Anwender nun lokale CRM-Daten manuell oder per Service-Schnittstelle mit dem externen CRM-Dienstleister abgleichen ohne sich erneut anmelden zu müssen.
- In der folgenden Abbildung wird dieser Ablauf dargestellt:

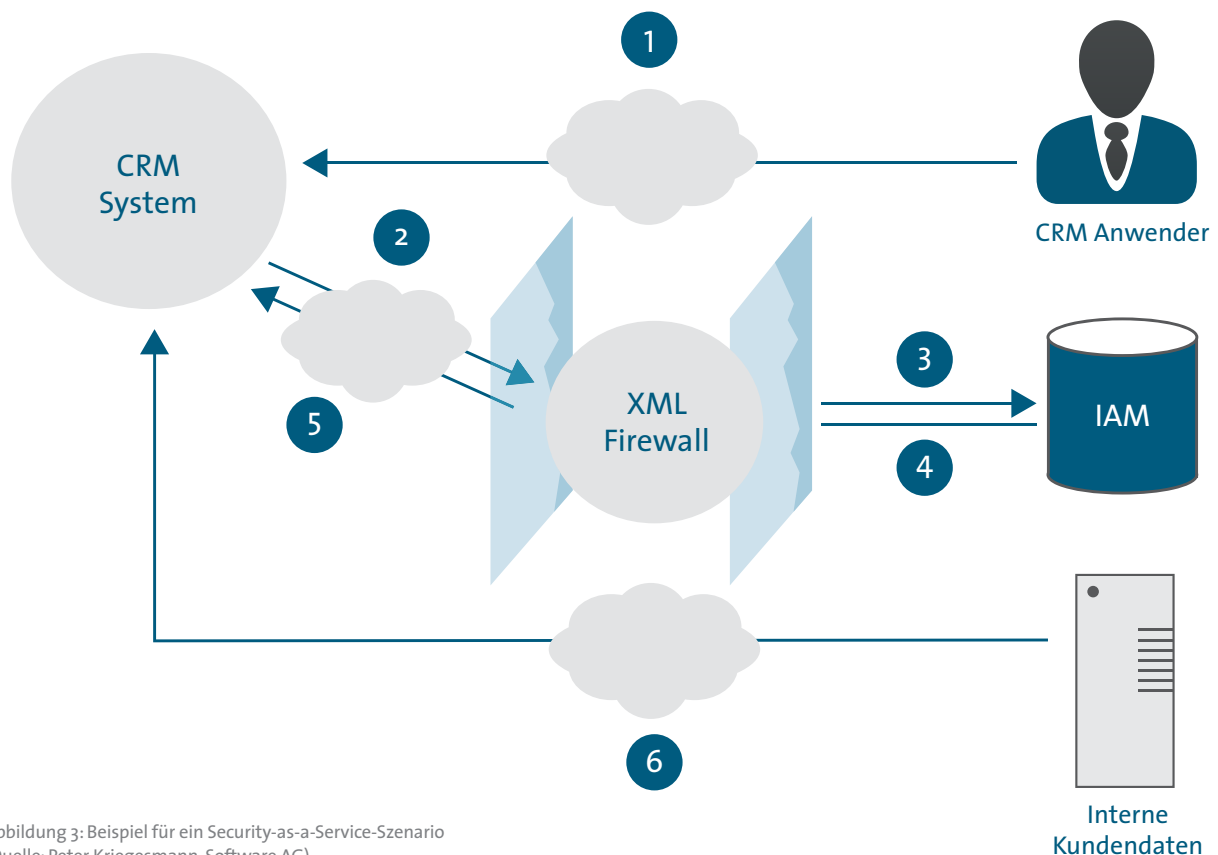


Abbildung 3: Beispiel für ein Security-as-a-Service-Szenario  
(Quelle: Peter Kriegesmann, Software AG)

## ■ 5.5 Cloud-Integrationslösungen

Für die Umsetzung von Cloud-Integrationsaufgaben stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung:

- Custom Code:  
Eigene Implementierung ohne Einsatz eines speziellen Werkzeuges. In der Regel kommt es zum Einsatz von Frameworks oder Hilfsbibliotheken.
- Klassische Integrationsplattform (COTS<sup>5</sup> oder Open Source):  
Bei dieser Lösung handelt es sich um ein softwarebasiertes, lokal zu installierendes Integrationswerkzeug. Für die Installation muss Hardware zur Verfügung stehen. Beispiele sind in [ESB] zu finden.
- SaaS-Integrationslösung:  
Diese Integrationslösung wird über die Cloud als Dienst bereitgestellt. Für die Verwendung der Software ist weder eigene Hardware noch eine lokale Installation notwendig. Im Internet wird diese Art von Integrationslösung auch Integration-Plattform-as-a-Service (iPaaS) oder Internet-Service-Bus genannt. Letztere Bezeichnung hat sich allerdings nicht durchgesetzt.
- Lokale, appliancebasierte Integrationsplattform:  
Hier handelt es sich um eine kombinierte, aufeinander abgestimmte und optimierte Hard- und Softwarelösung.

Die verschiedenen Cloud-Integrationslösungen weisen unterschiedliche Vor- und Nachteile auf. Bspw. ist die Implementierung von Custom Code zwar günstig, da keine Anschaffungskosten für Software anfallen, die Wartung ist in der Regel allerdings aufwendig. Kommerzielle Integrationswerkzeuge sind in der Anschaffung teuer und benötigen eine zumeist nicht günstige

Hardware-Infrastruktur, so dass eine SaaS-Lösung kostengünstiger sein kann. In Tabelle 1 werden die verschiedenen Cloud-Integrationslösungen miteinander verglichen. Die Bewertung ist als Indikation zu verstehen, da für eine genaue Aussage das umzusetzende Szenario und die Werkzeuge bekannt sein müssen.

<sup>5</sup> COTS steht für »Commercial off the shelf« und bezeichnet Produkte (Software und Hardware), die in Serienfertigung hergestellt werden.

	Custom Code	Klassisches Integrationswerkzeug	SaaS-Integrationswerkzeug	Lokales, appliance-basiertes Integrationswerkzeug
Anschaffungskosten für Hardware	Ja	Ja	Nein	Ja, i. d. R. sehr kostenintensiv
Know-how für Installation und Konfiguration der Software	Abhängig von der eingesetzten Technologie	Erforderlich	Nicht erforderlich	Abhängig vom Angebot (i. d. R. vorinstalliert und konfiguriert)
Know-how für Betrieb der Software	Abhängig von der eingesetzten Technologie	Erforderlich	Nicht erforderlich	Ja
Know-how für die Implementierung von Cloud-Lösungen	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich	Erforderlich
Flexibilität bei der Implementierung von Cloud-Lösungen	Hoch	Mittel bis hoch (abhängig vom Funktionsumfang und den Anpassungsmöglichkeiten)	Mittel bis hoch (abhängig vom Funktionsumfang und den Anpassungsmöglichkeiten)	Mittel bis hoch (abhängig vom Funktionsumfang und den Anpassungsmöglichkeiten)
Wartungsaufwände für Betrieb der Software	I. d. R. keine	Ja	Nein	Ja
Wartungsaufwände für die implementierten Cloud-Lösungen	I. d. R. hoch	Ja	Ja	Ja

Tabelle 1: Vergleich der verschiedenen Cloud-Integrationslösungen

Welche der oben aufgeführten Möglichkeiten zur Umsetzung von Cloud-Integrationsaufgaben zu präferieren ist, hängt von den Rahmenbedingungen und dem konkreten Einsatzszenario ab. Die folgenden Faktoren sind bspw. bei der Auswahl einer Cloud-Integrationslösung zu berücksichtigen:

- Welches Know-how ist im Unternehmen bereits vorhanden?
- Wie hoch ist das jährliche Budget für Integrationsaufgaben?
- Welchen Umfang hat das Vorhaben?



## 5.5.1 Bewertungskriterien für SaaS-Integrationslösungen

Wie im vorangegangenen Abschnitt aufgeführt, bieten SaaS-Integrationslösungen eine Reihe von Vorteilen gegenüber den Alternativlösungen (siehe Tabelle in Abschnitt Cloud-Integrationslösungen). Bei der Auswahl von SaaS-Integrationslösungen sind verschiedene Bewertungskriterien zu berücksichtigen.

Im Folgenden sind einige wesentliche Bewertungskriterien aufgeführt:

- Funktionsumfang, speziell unterstützte Integrations-szenarien und -pattern,
- Mandantenfähigkeit,
- Skalierbarkeit,
- Hochverfügbarkeit,
- Einfachheit der Nutzung,
- »Überlebensfähigkeit« des Herstellers,
- am Markt verfügbares Tool-Know-how.

## ■ 5.6 Empfehlungen für den Einstieg

Durch eine unzureichende Cloud-Integration können Datensilos und Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen Systemen entstehen, die das Risiko von Datenqualitätsproblemen und steigenden Wartungskosten erhöhen. Dadurch wird der Return-on-Investment eines Cloud-Business-Cases gefährdet.

Vor dem Einstieg in das Thema Cloud empfehlen wir daher Folgendes:

- Bewertung der Cloud-Readiness (vergleiche Kapitel Cloud-Readiness).

- Als Ergänzung oder Absicherung der Ergebnisse aus der Bewertung kann man auf die Angebote von Tool-Herstellern oder auch Beratungsunternehmen zurückgreifen. Idealerweise handelt es sich hierbei um Firmen, die entweder konkrete Cloud-Werkzeuge anbieten oder nachweisbar erfolgreiche Projekterfahrungen bei den Themen Outsourcing, Hosting und Aufbau einer SOA erworben haben.
- Auswahl eines geeigneten Szenarios (handhabbare Komplexität und geringe Geschäftskritikalität).

## ■ 5.7 Fazit

Die meisten Herausforderungen, die bei der Cloud-Integration auftreten können, sind bereits aus der SOA-Welt bekannt. Abstrakt gesehen, entspricht SOA im Bereich Business-to-Business analog dem Integrations-szenario »Lokal – Cloud«. Allerdings steht beim Cloud-Computing stärker der Betrieb von Software in unterschiedlichen Lokationen im Fokus, was zu komplexen Integrations-szenarien führen kann. Die zu bewältigenden Herausforderungen bei der Cloud-Integration können daher gegenüber einer SOA steigen.

Neue SaaS-Integrationslösungen tragen nur teilweise zur Bewältigung dieser Herausforderungen bei. Die Erfahrungen, die mit Integrationsarchitekturen und speziell mit SOA gemacht wurden, sind aufgrund der Ähnlichkeit der Problemstellungen eine gute Ausgangsbasis für eine erfolgreiche Cloud-Integration. SOA kann nicht nur als kritischer Erfolgsfaktor angesehen werden, sondern als Architekturprinzip für die Cloud-Integration.



## Literatur

- [AWS] Amazon Web Services Tutorial: Hosting Facebook Applications on Amazon EC2, <http://aws.amazon.com/articles/1044>, zuletzt abgerufen am 06.08.2012.
- [CCB] Clean Clouds Blog, Federated Identity Management in Cloud Computing, <http://clean-clouds.com/2012/04/25/federated-identity-management-in-cloud-computing-2>, zuletzt abgerufen am 06.08.2012.
- [CCUC] Cloud Computing Use Cases Group: »Cloud Computing Use Cases«, 2010, [http://opencloudmanifesto.org/Cloud\\_Computing\\_Use\\_Cases\\_Whitepaper-4\\_o.pdf](http://opencloudmanifesto.org/Cloud_Computing_Use_Cases_Whitepaper-4_o.pdf) zuletzt abgerufen am 06.08.2012.
- [ERL] Erl, T.: SOA Principles of Service Design, Prentice Hall, 2007. ISBN: 978-0132344821.
- [ESB] Wikipedia, [http://de.wikipedia.org/wiki/Enterprise\\_Service\\_Bus#Implementierungen](http://de.wikipedia.org/wiki/Enterprise_Service_Bus#Implementierungen), zuletzt abgerufen am 06.08.2012.
- [GABL] Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Datenintegration, online in Internet: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/74965/datenintegration-v5.html>.
- [GEB] Gebhart, M.: Qualitätsorientierter Entwurf von Anwendungsdiensten, KIT Scientific Publishing, 2011. ISBN: 978-3866447042.
- [HOHP] Hohpe, G.; Woolf, B.: Enterprise Integration Patterns, Addison Wesley, 2003 (siehe auch <http://www.eaipatterns.com/>).
- [KRE] Kress, M.; Wölfing, D., Operational metrics and technical platform for measuring bank process performance, Handbook on Information Technology in Finance, Springer, 2008.
- [LINT] Linthicum, D. S.: »Enterprise Application Integration«, Addison Wesley, 1999.
- [NIST] NIST Cloud Computing Reference Architecture, [http://collaborate.nist.gov/twiki-cloud-computing/pub/CloudComputing/ReferenceArchitectureTaxonomy/NIST\\_SP\\_500-292\\_-\\_090611.pdf](http://collaborate.nist.gov/twiki-cloud-computing/pub/CloudComputing/ReferenceArchitectureTaxonomy/NIST_SP_500-292_-_090611.pdf), zuletzt abgerufen am 06.08.2012.
- [REI] Reichert, M.; Stoll, D.: Komposition, Choreographie und Orchestrierung von Web Services – ein Überblick, in EMISA Forum, Band 24, Heft 2, 2004, S. 21–32.
- [SAL] Salesforce, Best Practices for Implementing Single Sign-On, [https://login.salesforce.com/help/doc/en/sso\\_tips.htm](https://login.salesforce.com/help/doc/en/sso_tips.htm), zuletzt abgerufen am 06.10.2012.
- [STEM] Stemmer, M.: Cloud-orientierte Service-Marktplätze – Integrationsplattformen für moderne Dienstleistungen und IT-Dienste. Whitepaper. Fraunhofer ISST. Berlin, Oktober 2011.
- [TCT] The Cloud Tutorial, <http://thecloudtutorial.com/cloudtypes.html>, zuletzt abgerufen am 22.10.2012.

# 6 Anbieterwechsel

## Lebenszyklus und Anbieterwechsel

In diesem Kapitel wird der Lebenszyklus einer Cloud-Computing-Lösung unter Berücksichtigung der Möglichkeit eines Anbieterwechsels beschrieben. Dabei werden die einzelnen Schritte des Lebenszyklus näher erläutert und darüber hinaus Lock-in-Effekte, die bei der Anbieterauswahl eine bedeutende Rolle spielen können, betrachtet. Durch die frühzeitige Berücksichtigung der Lock-in-Effekte, vor Auswahl eines Cloud-Computing-Services, können zukünftig unerwünschte Ereignisse minimiert oder vermieden werden. Dadurch erlangen Unternehmen die Sicherheit, bei Bedarf eine Cloud-Computing-Lösung auszutauschen zu können und somit nicht von einem bestimmten Service oder einem bestimmten Anbieter abhängig zu sein.

## Lebenszyklus

Für den erfolgreichen Einsatz von Cloud-Computing im Unternehmen ist es notwendig, die durch Cloud-Computing bereitgestellten Services in einem Lebenszyklus zu sehen. Der Lebenszyklus unterstützt das Management von Cloud-Computing-Lösungen, um den Nutzenbeitrag der bezogenen Leistungen zu erhöhen und Risiken, die durch die Nutzung von Cloud-Computing entstehen können, zu minimieren.

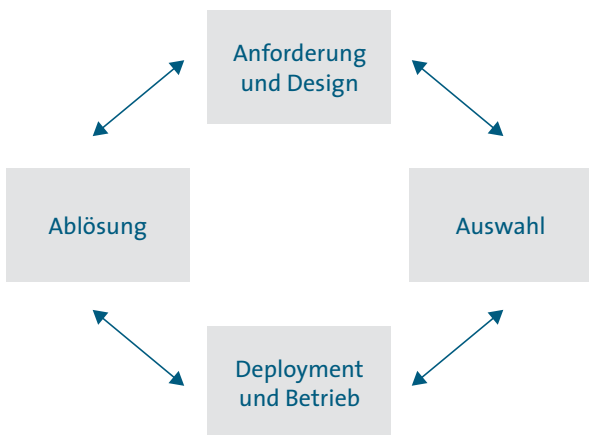


Abbildung 1: Cloud-Computing-Lifecycle

Der Lebenszyklus von Diensten, die aus der Cloud bezogen werden, setzt sich aus den vier Phasen »Anforderung und Design«, »Auswahl«, »Deployment und Betrieb« sowie »Ablösung« zusammen.

Die Abbildung verdeutlicht, dass es sich bei dem Lebenszyklus um einen iterativen Prozess handelt.

## Anforderung und Design

Die erste Phase des Lebenszyklus besteht aus den Serviceanforderungen und dem Servicedesign. Um bestehende Services in die Cloud zu verlagern oder neue Services aus der Cloud zu beziehen muss zunächst die IT-Strategie des jeweiligen Unternehmens berücksichtigt werden.

Die Anforderungen an die Services werden durch die Fachbereiche vorgegeben. Die Services werden gemäß den vorgegebenen Anforderungen entworfen. Bei dem Servicedesign müssen Richtlinien des Unternehmens, zum Beispiel IT-Sicherheitsrichtlinien oder Datenschutzrichtlinien berücksichtigt werden, um den korrekten nutzungsorientierten Typen (Public Cloud, Private Cloud, Hybrid Cloud oder Community-Cloud) für den Bezug der Cloud-Services zu identifizieren. Beim Einsatz der Technologie Cloud-Computing sollten darüber hinaus die Auswirkungen auf die selbst betriebene Informationstechnologie, zum Beispiel die IT-Infrastruktur oder die Anwendungen, berücksichtigt werden.

Beispielsweise handelt es sich bei einem im Design befindlichen Service um eine Anwendung (SaaS), die aus der Cloud bezogen werden soll. Damit diese Anwendung den Anforderungen der Fachbereiche entspricht und den erwünschten Mehrwert liefert, muss diese Anwendung mit den vom Unternehmen betriebenen Anwendungen interagieren. Die Interoperabilität zwischen Services in Bezug auf die Unternehmensarchitektur ist somit in dieser Phase des Lebenszyklus zu berücksichtigen. In Abhängigkeit des dienstorientierten Typen sollten Anforderungen bezüglich des Monitorings der Leistungserbringung

und dessen Reporting festgelegt werden. Des Weiteren sollte die Auswirkung auf Mitarbeiter und anderen Stakeholdern beim Einsatz von Cloud-Computing nicht vernachlässigt werden. Die Akzeptanz des Ergebnisdokumentes bei den betroffenen Stakeholdern ist von elementarer Bedeutung für den erfolgreichen Einsatz einer Cloud-Computing-Lösung.

Die Ergebnisdokumente dieser Phase stellen die Ausschreibungsunterlagen für den Serviceprovider dar. In diesen Unterlagen werden alle fachlichen und technischen Anforderungen des Services genau spezifiziert, zum Beispiel die Verfügbarkeit, Kapazitätsanforderungen, das gewünschte Pricing-Model sowie die sicherheits- und datenschutzrelevanten Aspekte des Services.

## Auswahl

Die nächste Phase des Lebenszyklus besteht aus der Anbietersauswahl. Da alle Anforderungen des zu beziehenden Service spezifiziert sind, kann die Auswahl des Anbieters und der Cloud-Computing-Lösung erfolgen. Zunächst ist es sinnvoll einen Marktüberblick (Longlist) über die potentiellen Anbieter, unter Berücksichtigung der Beschaffungsstrategie des Unternehmens, zu erstellen. Aspekte, die dabei berücksichtigt werden sollten, sind beispielsweise Rahmenverträge mit Lieferanten, bestehende Softwarelizenzen und dessen Laufzeit. Die Longlist sollte unter Anwendung geeigneter Kriterien auf eine Shortlist reduziert werden. Kriterien können zum Beispiel die Reputation und Erfahrung eines Anbieters, dessen Referenzkunden oder die geografische Lage seines Rechenzentrums sein. Mit diesen Anbietern werden die Vertragsverhandlungen durchgeführt. Hilfreich kann bei der Auswahl des Anbieters, neben dem Abdeckungsgrad der Anforderungen an die Cloud-Computing-Lösung, auch Zertifizierungen der IT-Organisation des Anbieters im Bereich ISO/IEC 20.000, ISO 27.001 sein.

Die Vertragsgestaltung erfolgt anschließend durch ein Service-Level-Agreement zwischen dem Unternehmen und dem Anbieter der Cloud-Computing-Lösung.

Bei der Auswahl der richtigen Cloud-Computing-Lösung ist es wichtig, die angebotenen Lösungen nach dem Service- (dienstorientierter Typ) und Liefermodell (nutzungsorientierter Typ) zu unterscheiden und dementsprechend zu vergleichen. Im Folgenden wird auf weitere wichtige Aspekte bei der Anbietersauswahl eingegangen.

### ■ Vertrauensposition des Anbieters:

Da bei jeder Cloud-Computing-Lösung unternehmenskritische Daten auf dem Server des Anbieters gespeichert sind, ist ein Vertrauensverhältnis zum Vertragspartner notwendig. Ein datenschutzkonformer Umgang mit den Unternehmensdaten muss vom Vertragspartner erwartet werden. Deshalb sollte sichergestellt werden, dass der Anbieter Zertifizierungen z. B. ISO/IEC 27001 Informationssicherheit oder ISO/IEC 20000 IT-Service-Management besitzt und diese auch regelmäßig erneuert. In diesem Zusammenhang sollte der Dienstleister auch regelmäßige Datenschutzaudits vorweisen können. Wichtig kann es aber auch sein, die allgemeinen Erfahrungen des Markts mit einzubeziehen und auch die Referenzkunden der jeweiligen Anbieter nach ihrer Zufriedenheit zu befragen.

### ■ Flexibilität:

Um nach dem Vertragsabschluss flexibel auf neue Geschäftsanforderungen (z. B. erhöhte Nutzerzahl) eingehen zu können, sollten bereits bei der Anbietersauswahl Möglichkeiten der Skalierbarkeit bedacht werden.

### ■ Kostenaspekte:

Neben den, in den Abrechnungsmodellen festgehaltenen, direkten Kosten für die Dienstleistung müssen auch Vertragsstrafen und Ausstiegsklauseln spezifiziert werden. Da verschiedene Möglichkeiten für Abrechnungsmodelle (zum Beispiel Anzahl der Zugriffe, Anzahl der Nutzer oder Unternehmensgröße) existieren, muss für jeden Einsatzzweck das wirtschaftlichste Modell ausgewählt werden. Ein weiterer Vorteil ist es, wenn das Abrechnungsmodell flexibel

an die Anforderungen angepasst werden kann, beispielsweise bei Unternehmenswachstum.

- **Leistung:**  
Bei den verschiedenen Service- und Liefermodellen kann es Leistungsunterschiede geben. Diese erstrecken sich beispielsweise auf Zugriffsmöglichkeiten sowie zugesicherte Reaktionszeiten. Aber auch auf die Verfügbarkeit der Dienstleistung sowie die Erreichbarkeit des Dienstleisters bei Serviceanfragen.
- **Integrationsfähigkeit:**  
Bei der Auswahl eines Anbieters ist ferner zu bedenken, dass die betrachtete Lösung sich in die Unternehmensarchitektur (Anwendungslandschaft, IT-Infrastruktur) integrieren lässt. So ist bei IaaS die Kompatibilität der gelieferten virtuellen Hardware mit den eigenen Anwendungen und sonstigen Anforderungen sicherzustellen. Bei SaaS und PaaS ist genauso eine Kopplung der gelieferten Softwarebausteine mit dem eigenen System sicherzustellen. Vor allem bei Software-as-a-Service-Lösungen ist die Verwendung von standardisierten Schnittstellen sinnvoll, um Lock-in-Effekte zu verhindern. Der Einsatz einer serviceorientierten Architektur hilft, die durch Cloud-Computing bezogenen Anwendungen in die Anwendungslandschaft des Unternehmens zu integrieren.
- **Backup und Archivierung der Daten:**  
Die unternehmensweite Backupstrategie sollte mit dem Anbieter abgestimmt und im Service-Level-Agreement festgehalten werden. Die Backupstrategie beinhaltet unter anderem die Wiederherstellungszeiten der Daten sowie die Art und Häufigkeit der Datensicherung. Des Weiteren muss mit dem Anbieter vertraglich vereinbart werden welche Daten wann und über welchen Zeitraum zu archivieren sind. In diesem Zusammenhang muss der Datenzugriff auch nach Vertragsauflösung geregelt und gewährleistet werden.
- **Management (Monitoring, Steuerung und Reporting):**  
Es stellt sich bei der Anbietersauswahl auch die Frage, welche Möglichkeiten des Monitoring und Reporting

der Lieferant anbietet. Genauso wie variabel das Monitoring und Reporting gestaltet werden kann oder ob nur standardisierte Kennzahlen und Reports möglich sind.

## Lock-in-Effekte

Große Probleme beim Anbieterwechsel sind die so genannten Lock-in-Effekte, die zu Wechselkosten führen. Damit bei einem später eventuell anstehenden Wechsel die Kosten möglichst gering gehalten werden können, sollten bereits bei der Auswahl eines Anbieters diese Effekte beachtet werden.

- **Vertragliche Vereinbarungen:**  
Durch vertragliche Absprachen entstehen immer Lock-in-Effekte. Dabei sind nicht nur die Vertragslaufzeit, sondern auch sonstige Vereinbarungen zu beachten, z. B. Herausgabefristen für die Daten nach Vertragskündigung.
- **Service- und technologiespezifisches Wissen:**  
Nach der Auswahl eines Cloud-Computing-Anbieters wird anbieterspezifisches Wissen aufgebaut, was bei einem Wechsel zu einem anderen Anbieter für diesen neu aufgebaut werden müsste.
- **Transaktionskosten:**  
Um bei einem bevorstehenden Wechsel die optimale Lösung zu finden, fallen Suchkosten an, die bei einem Verbleiben beim aktuellen Anbieter nicht anfallen würden. Beispiele für solche Suchkosten sind Vertragsanbahnungskosten, Vereinbarungskosten und Kontrollkosten.
- **Individualisierung:**  
Durch Unterschiede in den Angeboten verschiedener Anbieter sowie durch firmenspezifische Eigenheiten sind Anpassungen an den gebotenen Lösungen notwendig (Customizing). Diese Kosten müssen beim Bezug einer neuen Lösung erneut aufgebracht werden.

- **Abhängigkeiten (komplementäre Services):**  
Beim Bezug von SaaS-Applikationen ist eine Integration, aufgrund von Abhängigkeiten, mit anderen Anwendungen notwendig. Bei der Verwendung standardisierter Schnittstellen ist der Integrationsaufwand oftmals wesentlich geringer.
- **Datenmigration/standardisierte Formate und Schnittstellen:**  
Um bei später anstehenden Datenmigrationen die Kosten so gering wie möglich zu halten, ist bereits bei der Anbietersauswahl auf standardisierte Schnittstellen und Formate zu achten. Dabei ist auch auf zu diesen Datenbeständen gespeicherten Metadaten ein Augenmerk zu legen.

## Deployment und Betrieb

In der Phase »Deployment und Betrieb« erfolgen unter Berücksichtigung des dienstorientierten Typen (SaaS, PaaS, IaaS) gegebenenfalls Installation, Konfiguration, Customizing und Integrationstests. Nach dem erfolgreichen Deployment der Cloud-Computing-Lösung wird diese gemäß dem vereinbarten Service-Level-Agreement im produktiven Betrieb überwacht. Das Monitoring der Lösung erfolgt unter Anwendung der in der Designphase festgelegten Kennzahlen und Reports. Somit kann überprüft werden, ob die im SLA spezifizierte Leistung tatsächlich erbracht wird.

## Ablösung

Die letzte Phase des Lebenszyklus besteht aus der Ablösung einer Cloud-Computing-Lösung. Sobald in der Phase »Deployment und Betrieb« festgestellt wird, dass der Service die Anforderungen gemäß SLA nicht mehr erfüllt oder sich die Anforderungen an den Service durch externe oder interne Gegebenheiten stark verändert haben, sollte der Service abgelöst werden. Die Anforderungen an eine Software-as-a-Service-Lösung können sich beispielsweise durch die Veränderung von Geschäftsprozessen, dessen Abwicklung durch die Lösung unterstützt wird, ändern. Externe Gegebenheiten, die Anlass zur Veränderung von Geschäftsprozessen geben, sind zum Beispiel rechtliche

Rahmenbedingungen, neue Technologien oder die Dynamik der Märkte. Auch die Veränderung der Unternehmensstruktur kann zu Veränderungen der Geschäftsprozesse führen. Die Ablösung einer Cloud-Computing-Lösung hat zur Folge, dass der Lebenszyklus erneut durchlaufen wird und mit der Phase »Anforderung und Design« startet. Nachdem alle Anforderungen spezifiziert sind, der Entwurf des Services fertiggestellt ist und der Betrieb der Lösung gemäß SLA sichergestellt wurde, kann der alte Service durch den neuen Service ersetzt werden.

Für einen Anbieterwechsel kann es in der Praxis mehrere Motive geben. So ist ein Anbieterwechsel zwingend erforderlich, wenn der aktuelle Anbieter die gewählte Lösung nicht mehr anbieten möchte oder eine Insolvenz anmelden muss. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass im Geschäftsbetrieb neu entstandene Anforderungen vom bisherigen Lieferanten nicht mehr erfüllt werden können, oder dass ein leistungsfähigerer Anbieter für die Cloud-Computing-Lösung identifiziert wurde.

## Literatur

Conway, G., & Curry, E. (2012). Abgerufen am 9. August 2012 von MANAGING CLOUD-COMPUTING: A LIFE CYCLE APPROACH: [http://www.edwardcurry.org/publications/Conway\\_CloudLifeCycle\\_2012.pdf](http://www.edwardcurry.org/publications/Conway_CloudLifeCycle_2012.pdf).

Fachinitiative »Cloud Computing« der AG2. (November 2011). Abgerufen am 9. August 2012 von Anbieterwechsel im Cloud-Computing »Wege zur Steigerung von Akzeptanz und Vertrauen«: [http://www.post-und-telekommunikation.de/PuT/1Fundus/Dokumente/6.\\_Nationaler\\_IT-Gipfel\\_2011\\_Muenchen/2011\\_6.IT-Gipfel\\_Anbieterwechsel-im-Cloud-Computing-ag-2.pdf](http://www.post-und-telekommunikation.de/PuT/1Fundus/Dokumente/6._Nationaler_IT-Gipfel_2011_Muenchen/2011_6.IT-Gipfel_Anbieterwechsel-im-Cloud-Computing-ag-2.pdf).

Vossen, G., Haselmann, T., & Hoeren, T. (2012). Cloud-Computing für Unternehmen: Technische, wirtschaftliche, rechtliche und organisatorische Aspekte. Heidelberg: dpunkt.verlag GmbH.

## 7 Geschäftsprozesse aus der Cloud

### Motivation und Definition: Geschäftsprozesse in der Cloud – BPaaS und BPMaaS

Cloud-Computing [1] ist für viele Unternehmen ein wichtiger Bestandteil der IT-Strategie geworden, sei es als Private oder Public Cloud [1]. So lassen sich durch Cloud-Computing Vorteile in den Bereichen Kosten, Zuverlässigkeit, Flexibilität und Agilität realisieren.

Die Cloud kann auf zwei verschiedene Arten die Geschäftsprozesse von Unternehmen zu unterstützen. Beim Business-Process-Management-as-a-Service (BPMaaS) werden das Design, die Implementierung, der Betrieb und die Optimierung von Geschäftsprozessen durch Cloud-Services ermöglicht. Die Kontrolle über den Lebenszyklus des Geschäftsprozesses verbleibt somit beim Unternehmen.

Beim Business-Process-as-a-Service (BPaaS) wird ein vom Service-Anbieter definierter Geschäftsprozess dem Unternehmen über die Cloud zur Verfügung gestellt. Der Geschäftsprozess ist unter der Kontrolle des externen Partners und wird als Service, nicht als Prozess dem Dienstnehmer angeboten. Eine Konfiguration ist meist möglich, aber nur im Rahmen der vom Dienstbringer eingeräumten Möglichkeiten.

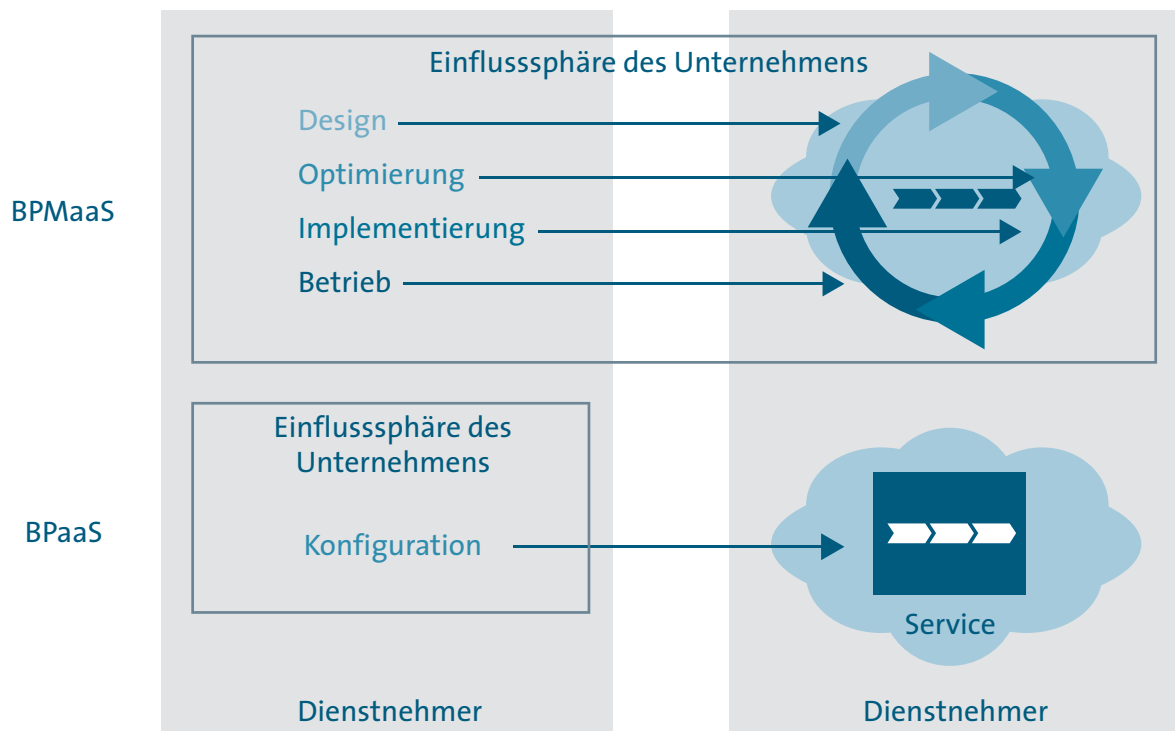


Abbildung 1: BPMaaS versus BPaaS

## BPMaaS

Der Aufbau einer umfassenden Infrastruktur zur Unterstützung des Lebenszyklus von Geschäftsprozessen ist aufwendig und nicht für alle Unternehmen mit der erforderlichen Qualität durchführbar. Daher ist eine Verlagerung in die Cloud ein vielversprechender Ansatz. Als Ergebnis entsteht eine Erweiterung der Standardebenen des Cloud-Computing um eine vierte Ebene, Business-Process-Management-as-a-Service (BPMaaS). Diese Unterstützungsfunktionen für den Geschäftsprozesslebenszyklus können ihrerseits wiederum auf Business-SaaS-, PaaS- oder IaaS-Diensten aufsetzen. Entscheidend beim Business-Process-Management-as-a-Service ist, dass der gesamte Geschäftsprozesslebenszyklus unterstützt wird, wie in der folgenden Grafik gezeigt.

Es ist auch denkbar, dass nur Teilphasen des Lebenszyklus unterstützt werden. Oder aber die Nutzung der Cloud ist unterschiedlich tief für die einzelnen Phasen des Geschäftsprozesslebenszyklus. Dies ist in der Grafik veranschaulicht. So kann in der Design-Phase eine SaaS-Lösung beispielsweise für die Modellierung genutzt werden. Zur Implementierung und zum Betrieb des Prozesses werden jedoch PaaS-Funktionalitäten genutzt. In der Praxis entspricht dies beispielsweise der Nutzung von Rahmenwerken für die Programmierung. Schließlich kann auch ganz auf Nutzung der Cloud verzichtet werden, wie dies für die Verbesserungsphase im Beispiel der Fall ist.

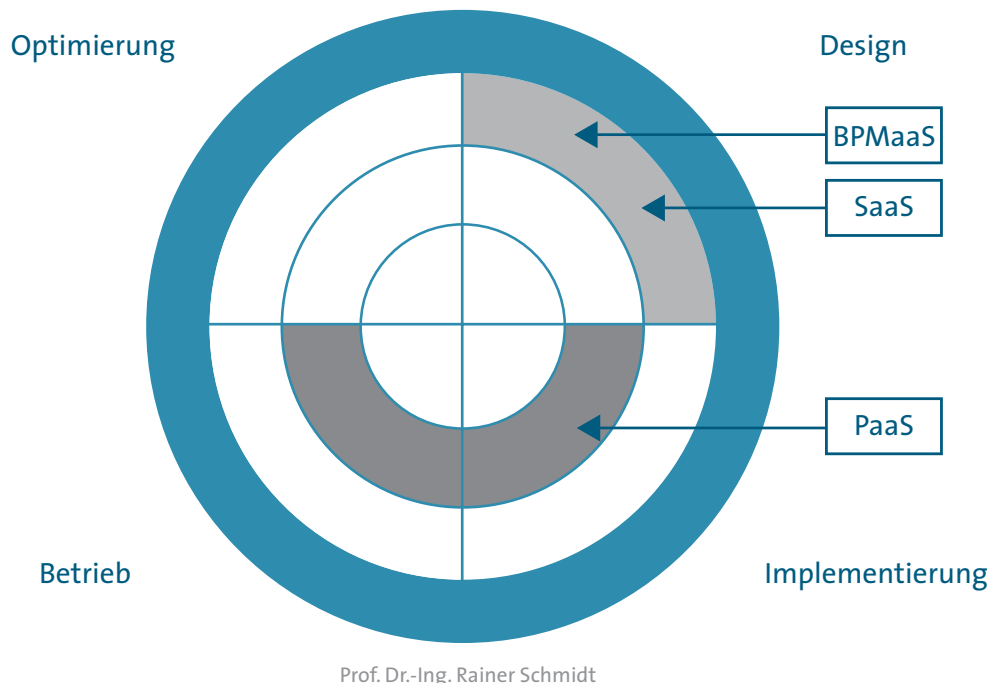


Abbildung 2: BPMaaS im Vergleich zur teilweisen Unterstützung

## BPaaS

Beim Business-Process-as-a-Service wird ein Teilprozess als Service- von einem externen Dienstleister erbracht. Dieser Teilprozess ist als Service gekapselt. D. h. die Verbindung mit dem Hauptprozess geschieht über eine klar definierte Schnittstelle. Weiterhin sind auch die nicht-funktionalen Eigenschaften des Service spezifiziert, d. h. seine Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit usw..

Die Einflussmöglichkeiten des Dienstnehmers auf den gekapselten Geschäftsprozess sind meist begrenzt. Meist ist eine Konfiguration möglich, die es erlaubt Parameter des Prozesses festzulegen. Mitunter sind auch Neuverknüpfungen von Schritten möglich. Weitergehende Einflussmöglichkeiten sind nur mit großem Aufwand möglich und daher für den Dienstnehmer nur schwer zu realisieren.

## Vergleich von BPMaaS und BPaaS

BPMaaS und BPaaS unterscheiden sich deutlich in ihren Anpassungsmöglichkeiten und dem mit Ihnen verbundenem Aufwand. Business-Process-Management-as-a-Service verfügt über eine sehr hohe Anpassbarkeit. Durch die Einbindung des Prozess-Designs können beliebige Änderungen durchgeführt werden. Die Einbindung der übrigen Phasen ermöglicht die flexible Zuweisung von Ressourcen zu den Prozessen. Erkauft wird diese Flexibilität mit einem deutlichen höheren Aufwand als bei BPaaS. BPMaaS erfordert von einem Unternehmen, auch die methodischen Fähigkeiten für das Geschäftsprozessmanagement einzubringen. D. h. ohne Kenntnisse von Modellierungsverfahren und -methoden können die Vorteile von BPMaaS nicht genutzt werden. BPaaS erfordert nur die Fähigkeit zur geeigneten Spezifikation des zu spezifizierenden Cloud-Service.

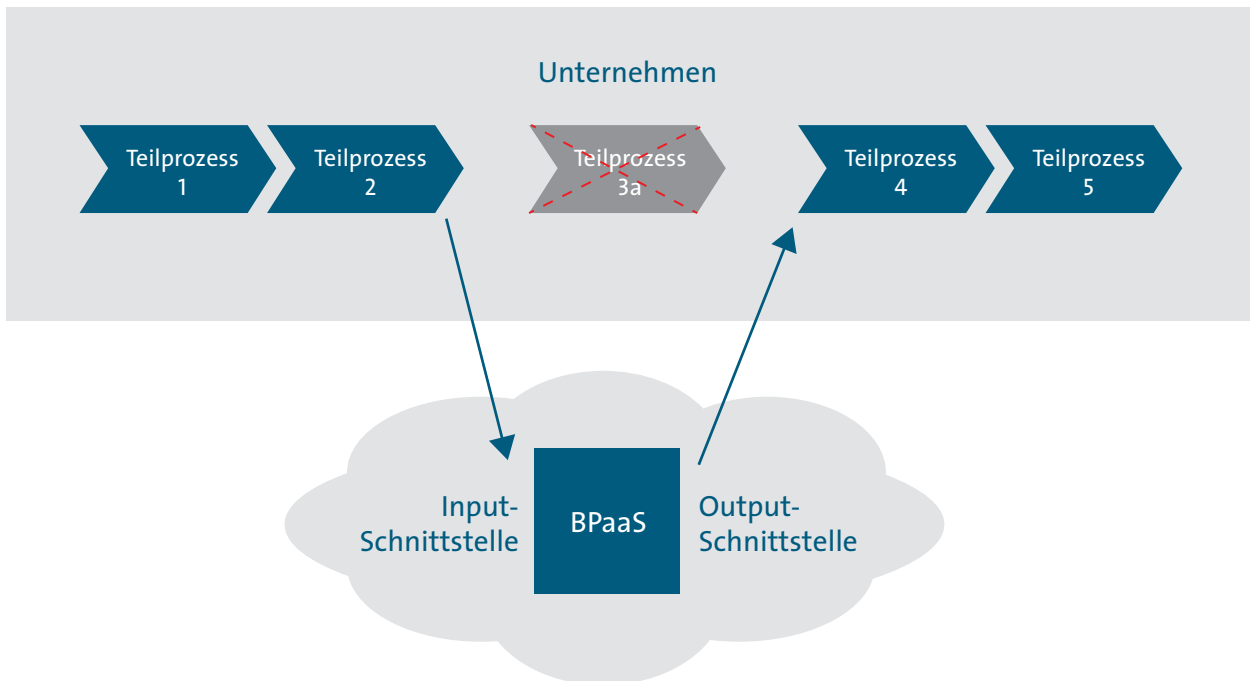


Abbildung 3: BPaaS



## Anwendungsbereich

Geschäftsprozesse, die in der Cloud als Business-Process-as-a-Services (BPaaS) angeboten werden, beziehen sich meist auf Prozesse, die von einem hohen Standardisierungsgrad und Transaktionsorientierung geprägt sind. Aktuell werden Geschäftsprozesse aus der Cloud häufig für folgende Geschäftsprozesse genutzt:

- Personalmanagement-Prozesse, z. B. Bewerbungsverfahren, Personaldatenmanagement;
- Finanz- und Rechnungswesen, z. B. Gehaltsabrechnung, SCHUFA-Prüfung, Online-Zahlungsabwicklung;
- analytische Verfahren und Reporting, z. B. Analysen in sozialen Netzwerken;
- Kundenmanagement und -support, z. B. Moderation von Kundensupport-Foren;

- Supply-Chain/-Logistikprozesse, z. B. Versand von Bauteilen und Artikeln;
- IT-Service-Management, z. B. Management von IT-Assets und IT-Services;
- Managed-IT-Services, z. B. Maintenance, Support und Business-Continuity.

Ordnet man diese Geschäftsprozesse den Primär- und Unterstützungsaktivitäten von Unternehmen nach M. Porter [2] zu, wird deutlich, dass nicht unterstützende Funktionen aus der Cloud umgesetzt werden, sondern auch Primäraktivitäten mit den Schwerpunkten zu Logistik, Marketing und Vertrieb (z. B. Analysen und Reporting) sowie Kundenservice. Das folgende Diagramm zeigt indikativ, für welche Unternehmensaktivitäten Anwendungsmöglichkeiten für Geschäftsprozesse aus der Cloud bestehen und angeboten werden.

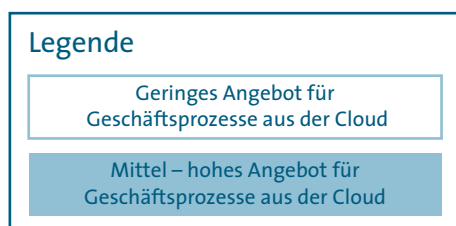
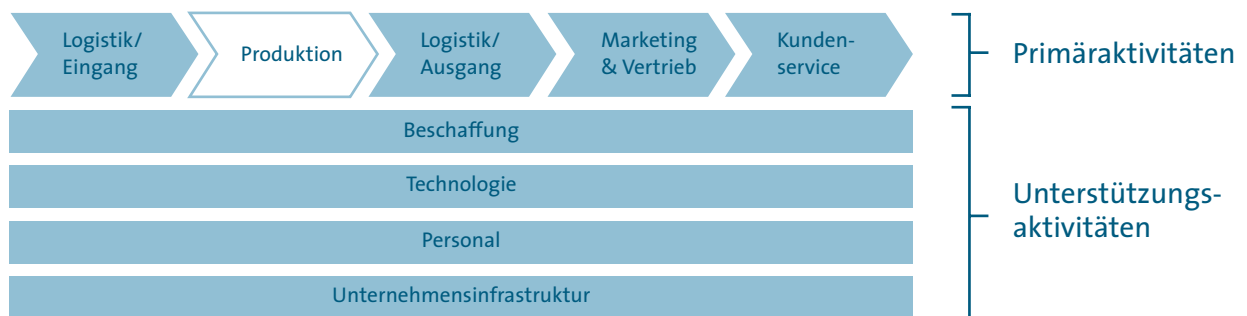


Abbildung 4: Wertketten-Diagramm in Anlehnung an M. Porter [2] mit indikativer Angabe zum Angebot von Geschäftsprozessen aus der Cloud

Geschäftsprozesse aus der Cloud lassen sich gezielt in Unternehmen integrieren, erweitern die Fähigkeiten und das Einsatzgebiet und bieten großes Potenzial für innovative Geschäftsmodelle und Optimierung der bestehenden Geschäftsprozesse. Üblicherweise werden BPaaS auf der Grundlage von fachspezifischen Software-Plattformen angeboten, die auf einem Software-as-a-Service-Modell (SaaS) basieren. Sie sind so konzipiert, dass mehrere Kunden unterstützt (Multi-Mandantenfähigkeit/Ressourcenpooling), Updates einfach und effizient für alle Kunden eingespielt werden können und sie entsprechend der Nutzung dynamisch skalieren.

### Gemeinsame Vor- und Nachteile

Sowohl für BPMaaS als auch BPaaS bieten einige Vor- und Nachteile. So wird die direkte Unterstützung der Geschäftsprozesse standardisiert und es kann die Industrialisierung der Prozessunterstützung vorangetrieben werden. Die Auslagerung bringt Vorteile wie die verbesserte Konzentration auf Kernprozesse und Kernkompetenzen mit sich. Allerdings erhöht sich erneut die Abhängigkeit vom externen Dienstleister. Mit Hilfe von

BPMaaS- und BPaaS-Lösungen ist es für Unternehmen möglich, sich auf die Definition, Gestaltung und Verbesserung der Geschäftsprozesse zu unterstützen.

Es werden weniger Spezialisten für die technischen Details der Unterstützung benötigt. Die klassischen Vorteile von Cloud-Lösungen wie verbrauchsabhängige Kosten (»pay per use«) oder gar transaktionsbasierte Kostenmodelle sind mit BPMaaS sogar noch besser verwirklichtbar als mit anderen Lösungen. Auch die Skalierbarkeit ist am größten verglichen mit anderen Lösungen. Gleichzeitig ist der initiale Zeit- und Geldaufwand minimiert. Im Gegensatz hierzu, ist eine hohe Abhängigkeit vom Dienstleister gegeben. Auch Anpassungen sind nur im Rahmen der vom Dienstleister eingeräumten Möglichkeiten durchführbar.

Wie vorhin bereits erwähnt, besteht die Möglichkeit neben BPMaaS- auch SaaS-, PaaS- und IaaS-Lösungen für die Geschäftsprozessunterstützung heranzuziehen. In der folgenden Grafik wird ein Vergleich der verschiedenen Möglichkeiten zur Geschäftsprozessunterstützung einschließlich einer vollständigen Inhouse-Lösung durchgeführt.

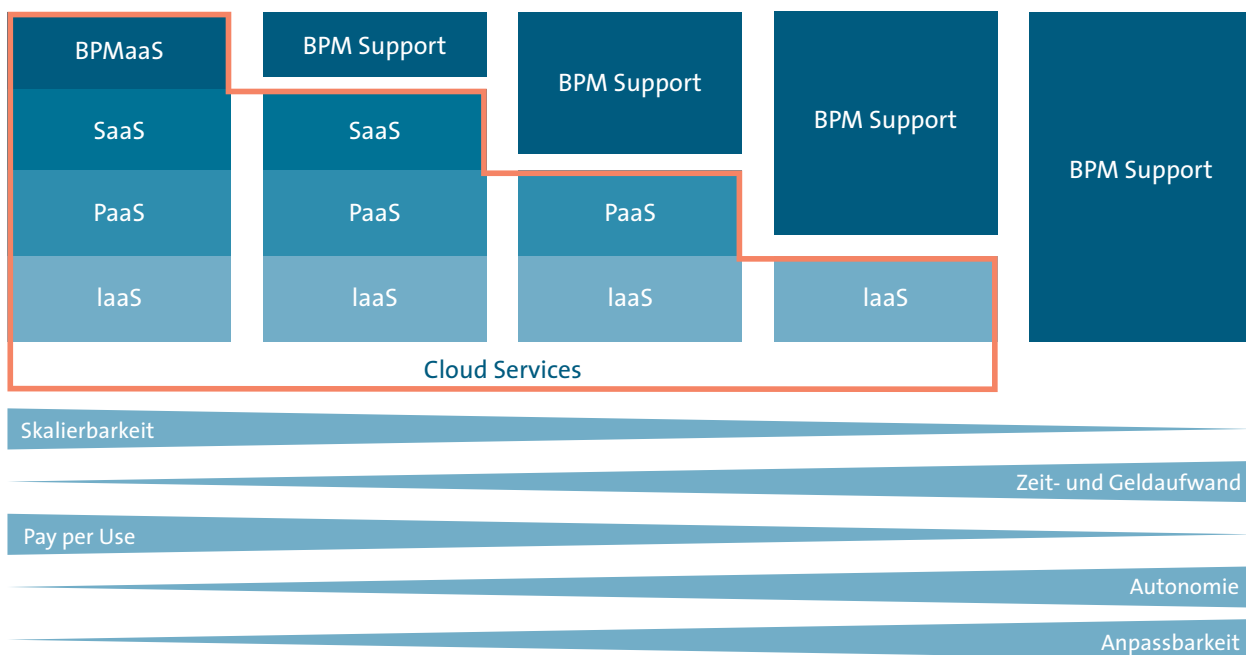


Abbildung 5: BPMaaS im Vergleich mit anderen Lösungen.

## ■ Chancen und Risiken durch den Cloud-Einsatz

### Chancen

#### Höhere Innovationsgeschwindigkeit

Neue Geschäftsprozesse oder gar Geschäftsmodelle lassen sich mit BPMaaS deutlich schneller umsetzen als mit einer Inhouse-Lösung.

#### Höhere Agilität

Die Verwendung von BPMaaS ermöglicht die schnellere und bessere Einbindung externer Partner. Hierdurch werden unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse leichter realisierbar. Auch wird die Ausbildung von Business-Ecosystemen gefördert.

#### Standardisierung von Geschäftsprozessen

Die Nutzung von externen Lösungen fördert die Standardisierung von Geschäftsprozessen auch auf Implementierungsebene. Bisher gibt es Standardisierungsansätze wie die Supply-Chain-Operations-Reference [3], e-TOM [4] oder ITIL [5]. Diese Standardisierungsansätze verbleiben jedoch weitgehend auf der Modellierungsebene. Eine unmittelbare Verknüpfbarkeit der auf ihrer Basis erstellten Geschäftsprozesse ist daher nicht gegeben.

### Risiken

#### Datenschutz

Die Einbindung eines externen Partners stellt immer ein zusätzliches Risiko dar, dass unbefugt auf Daten zugegriffen bzw. diese verändert werden.

#### Zuverlässigkeit

Zwar hat die Zuverlässigkeit der Internetanbindung deutlich zugenommen, dennoch verbleibt ein vergrößertes Risiko durch die Nutzung externer Verbindungen.

### Standardisierung zur Effizienzsteigerung nutzen

Die Standardisierung von Geschäftsprozessen ist eine Voraussetzung für das Angebot und die Nutzung BPaaS.

Ein Unternehmen, das Geschäftsprozesse aus der Cloud effektiv einsetzen möchte, muss sich an standardisierten Geschäftsprozessen orientieren. Allerdings versprechen Standardisierungsvorhaben, die möglicherweise für eine Harmonisierung der Geschäftsprozesse innerhalb des Unternehmens erforderlich sind, großes Potenzial, die entsprechenden Geschäftsprozesse unternehmensweit effizienter abzuwickeln und die Gesamtkomplexität in der Unternehmensarchitektur deutlich zu reduzieren. Effizienzvorteile von Cloud-Services basieren auf der gemeinsamen Nutzung von IT-Ressourcen und Multi-mandantenfähigkeit. Cloud-Services werden von den Cloud-Anbietern so definiert, dass sie als standardisierte Leistungen für eine Vielzahl von Abnehmern angeboten werden können. Auch Geschäftsprozesse aus der Cloud sind üblicherweise darauf ausgerichtet, dass sie für eine Vielzahl von Kunden konzipiert sind und sich ihre Leistungen, Abläufe und Schnittstellen an Industriestandards orientieren. Möchten Unternehmen, Geschäftsprozesse aus der Cloud beziehen, können die erwünschten Kosten- und Effizienzvorteile daher nur verwirklichen, wenn ihre Geschäftsarchitektur und die unterstützende Anwendungs-, Informationssystem-, Technologiearchitektur folgende Voraussetzungen erfüllen:

1. unternehmensinterne Standardisierung,
2. serviceorientierte Unternehmensarchitektur,
3. Orientierung an fachspezifischen/branchenspezifischen Standards.

Der erste Punkt bezieht sich zum Beispiel auf die unternehmensinterne Harmonisierung und Standardisierung von Geschäftsprozessen. Zur Einbindung von standardisierten Geschäftsprozessen bzw. Teilprozessen ist es entscheidend, dass die Prozessschnittstellen zu vor- und nachgelagerten Geschäftsprozessen/Teilprozessen im Unternehmen standardisiert sind. Dies betrifft auch die Standardisierung der eingehenden und ausgehenden Datenschnittstellen und -modelle.

Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft, wie ein Teilprozess, der in zwei Unternehmensbereichen

redundant implementiert ist, künftig durch einen cloud-basierten BPaaS ersetzt und in einen Geschäftsprozess integriert wird. Als Voraussetzung für eine reibungslose Integration ist eine Überprüfung erforderlich, ob die Schnittstelle des BPaaS so definiert ist, dass sie reibungslos zwischen die vor- und nachgelagerten Teilprozesse der beiden Unternehmensbereiche integriert werden kann. Dabei ist beispielsweise zu prüfen, ob der Geschäftsprozess aus der Cloud von den vorgelagerten Teilprozessen alle benötigten Daten erhält, ob Datentransformationen erforderlich sind und wie die Daten möglichst effizient bereitgestellt werden. Außerdem muss geprüft werden, dass der cloudbasierte Teilprozess alle zusätzlichen Daten bereitstellt, die von den nachfolgenden Teilprozessen benötigt werden.

In einem idealen Umfeld sind auch die Geschäftsprozesse und Teilprozesse in allen Unternehmensbereichen einheitlich implementiert und ermöglichen somit eine leicht beherrschbare Einbindung von cloudbasierten Geschäftsprozessen. Häufig ist die Unternehmensarchitektur in großen Unternehmen nicht hundertprozentig vereinheitlicht. Gerade in einem solchen heterogenen Umfeld ist

eine wesentliche Voraussetzung, dass Prozessschnittstellen vereinheitlicht und vollständig dokumentiert sind, um Teilprozesse aus der Cloud nachhaltig zu integrieren. Erst wenn Prozessschnittstellen und Datenmodelle standardisiert sind, können definierte Services aus der Cloud, z. B. für Finanz-, Personalmanagement- oder Billing-Prozesse, für mehrere Unternehmensbereiche oder für das Gesamtunternehmen effizient und unter Gewährleistung einer hohen Konsistenz eingebunden werden.

In dem oben genannten Beispiel werden die Teilprozesse »3a« aus Unternehmensbereich »1« und »3b« aus Unternehmensbereich »2« durch den cloudbasierten BPaaS »B« ersetzt. Dieses Beispiel deutet darauf hin, dass ein Service die Rolle eines Teilprozesses einnimmt. Dementsprechend wird die Einbindung des BPaaS aus der Cloud deutlich vereinfacht, wenn im Unternehmen eine serviceorientierte Unternehmensarchitektur eingeführt worden ist und die Teilprozesse »3a« und »3b« durch definierte Services (mit definierten Service-Beschreibungen, -Schnittstellen und Service-Level-Agreements) sowohl aus geschäftlicher Sicht als auch aus IT-Sicht modelliert, dokumentiert und implementiert sind. Die beiden Teilprozesse und

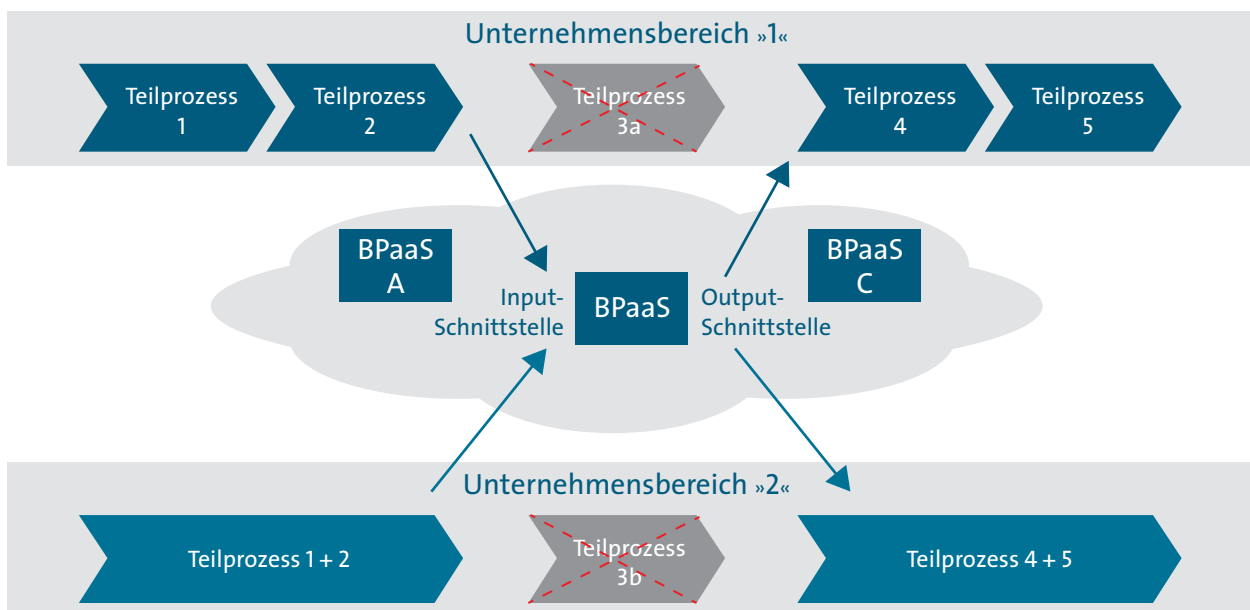


Abbildung 6: Einbindung eines Teilprozesses aus der Cloud für verschiedene Unternehmensbereiche

zugehörigen Services durch einen BPaaS zu ersetzen, wird damit deutlich erleichtert bzw. erst ermöglicht.

Ob ein geeigneter externer cloudbasierter BPaaS gefunden werden kann, der die Anforderungen eines Unternehmens erfüllt und effizient eingesetzt, hängt drittens davon ab, ob sich das Unternehmen an branchenspezifischen Standards (z. B. Prozessmodelle für den Telekommunikationsbereich) bzw. fachspezifischen Standards (z. B. für Personalmanagement- oder Finanzprozesse) orientiert. Neben Prozessmodellen spielen beispielsweise auch Referenzarchitekturen, standardisierte Datenformate und unternehmensübergreifende Plattformen eine Rolle. Generell ist es einfacher und effizienter einen passenden Geschäftsprozess bzw. Teilprozess aus der Cloud nachhaltig zu integrieren, wenn unternehmensinterne Standardisierung, Serviceorientierung und Ausrichtung an fachspezifischen/branchenspezifischen Standards gegeben ist.

Insgesamt entscheidend für eine erfolgreiche, nachhaltige Einbindung eines BPaaS, ist eine sorgfältige Analysephase zu Beginn. Dabei sollte ein besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, ob der Gesamtprozess so geschnitten ist, dass gezielt ein Prozess bzw. Teilprozess aus der Cloud eingebunden werden kann, während funktionale und nicht-funktionale Eigenschaften des Gesamtprozesses, z. B. in Bezug auf Datenkonsistenz, Durchlaufzeit und Verfügbarkeit, gewährleistet bleiben.

## Herausforderungen und Lösungsansätze

Ein einzelner Geschäftsprozess oder Teilprozess, wie eine Prüfung der Kreditwürdigkeit eines Kunden, kann unter Umständen relativ einfach als BPaaS mit den unternehmensinternen Vorgängen verknüpft werden. Auch wenn es zu Beginn einfacher erscheinen mag, die Verbindung zu diesem BPaaS hart zu codieren, wird davon abgeraten. Spätestens wenn dieser erste BPaaS an mehreren Stellen eingebunden werden soll oder weitere BPaaS eingebunden werden, gelangt mit diesem Ansatz an die Grenzen. Wenn man auf eine konsistente, beherrschbare Architektur mit klar definierten Schnittstellen und eindeutigen Verantwortlichkeiten (eindeutige Definition im Sinne »Single Point of Truth«) abzielt, wird zur Integration

Geschäftsprozessen empfohlen, die Architektur serviceorientiert zu gestalten und sich an SOA-Grundprinzipien zu orientieren. Insbesondere eine lose Kopplung von Services, die sowohl traditionell unternehmensintern als auch cloudbasiert bereitgestellt werden, sowie die Verwendung einer Service-Registry sind für eine skalierbare, dauerhafte Nutzung von BPaaS erforderlich. Darüber hinaus können bewährte Mechanismen, Pattern und Lösungen zum Management von serviceorientierten Architekturen und Integrationsplattformen weiter verwendet und erweitert werden. Für den Fall, dass ein Unternehmen bereits eine Business-Process-Engine und einen Enterprise-Service-Bus (ESB) zur Orchestrierung und Integration von Geschäftsprozessen und Services nutzt, wird empfohlen, die eingesetzten Komponenten daraufhin zu analysieren, inwiefern sie eine Integration von BPaaS unterstützen und welche SOA-Pattern zur Lösung von Integrationsproblemen auf die Integration von cloudbasierten Services übertragen werden können [6]. Dabei sollte auch berücksichtigt werden, ob bestehende ESB-Services, z. B. zur Transformationen unterschiedlicher Objekt- und Datenmodelle, bei der Integration eines BPaaS wiederverwendet werden können. Als Alternative oder Ergänzung zur klassischen »On-Premise Middleware« haben erste Lösungen von cloudbasierten Integrationstechnologien und -Plattformen die notwendige Reife erreicht und können bei der Evaluierung potenzieller Lösungen einbezogen werden. Bevor konkrete Lösungen zur Einbindung und übergreifenden Orchestrierung von BaaS entwickelt werden, sollten im Rahmen einer Analyse technische, fachliche und organisatorische Voraussetzungen geprüft werden.

Auf folgende Punkte ist aus Architektursicht ein besonderes Augenmerk zu richten:

- Modellierung, Management und Orchestrierung;
- Modellierung und Implementierung einer übergreifende Orchestrierungsfunktion für Geschäftsprozesse und Services;
- Servicebeschreibung und SLAs für Geschäftsprozesse (BPaaS);
- Service-Management und Monitoring für Geschäftsprozesse inklusive BpaaS;
- Mechanismen für übergreifendes Exception-Handling und Übermittlung von Statusinformationen für synchrone und asynchrone Kommunikation;
- Mechanismen zur Übermittlung und Synchronisation von großen Datenmengen;
- Semantik und Transformation von Datenmodellen;
- Verfügbarkeit und Performance;
- Verfügbarkeit von cloudbasierten Services;
- Reaktionsgeschwindigkeit und Latenzzeit von cloudbasierten Services;
- Governance-, Risk- und Compliance;
- Governance-, Risk- und Compliance-Bewertung von BpaaS;
- Auditierbarkeit von BpaaS;
- vertragliche Regelungen für BPaaS-Nutzung;
- IT-Sicherheit, Zugriffsschutz und Zugangsmechanismen;
- Datenschutz, Verschlüsselung und Ort der Datenverarbeitung (Deutschland, EU, weitere Regionen).

Einige Integrationsszenarien und -Herausforderungen sowie technische Lösungskonzepte sind in den entsprechenden Abschnitten dieses Leitfadens beschrieben. Die Einführung und Nutzung von BPaaS sollte zusätzlich aus organisatorischer Sicht begleitet und gesteuert werden. Entsprechende Aktivitäten zum Management von organisatorischen Veränderungen, Transformationsaspekte und Partner- und Ökosystem-Management sind hier nicht weiter ausgeführt, da der Fokus auf architekturellen Fragestellungen liegt.

## ■ Wie finde ich den passenden BPaaS- oder BPMaaS-Anbieter in der Cloud?

Bei der Auswahl von Anbietern für BPMaaS-Lösungen sind neben der Funktionalität der Dienste auch die Dienstqualität sowie die Verfügbarkeit sogenannter Meta-Services von Bedeutung.

## Funktionalität und Qualitätseigenschaften

Die benötigte Funktionalität wird am besten durch Nutzung eines Referenzmodelles für Prozesse spezifiziert. Zwar gibt es auch erste Ansätze für semantische Beschreibungssprachen wie die »Unified Service Description Language« [7] doch können diese das Spezifikationsproblem nur um eine Ebene abstrahieren. Diese bieten einen formellen Syntax an, standardisieren jedoch nicht die Bedeutung fachspezifischer Begriffe.

## Meta-Services

Nicht abgedeckt in den bisherigen Spezifikationen sind die Interaktionen mit dem Dienstleister im Vorfeld und im Nachgang zur Dienstleistungserbringung. Es handelt sich dabei um Interaktionen zur Integration von externen Services und Ressourcen sowie zu deren Konfiguration. Gerade diese Interaktionen sind für den Dienstnehmer oft entscheidend für die Bewertung eines Dienstes. Dabei ist nicht nur die Funktionalität der Interaktion von Bedeutung, sondern auch deren nicht-funktionalen Eigenschaften. D. h. für den Dienstonutzer ist es auch von Bedeutung wie schnell eine Interaktion erfolgt oder zu welchen Zeiten sie verfügbar ist.

Diese Lücke kann durch sogenannte Meta-Services [7] geschlossen werden. Meta-Services sind Services die auf Cloud-Services und -Ressourcen wirken. Mit Meta-Services können die Integration von externen Services, der Import von Ressourcen und die Konfiguration durchgeführt werden. Nach Nutzung des Cloud-Service kann ein Export von Ressourcen und die Desintegration von Services durchgeführt werden.

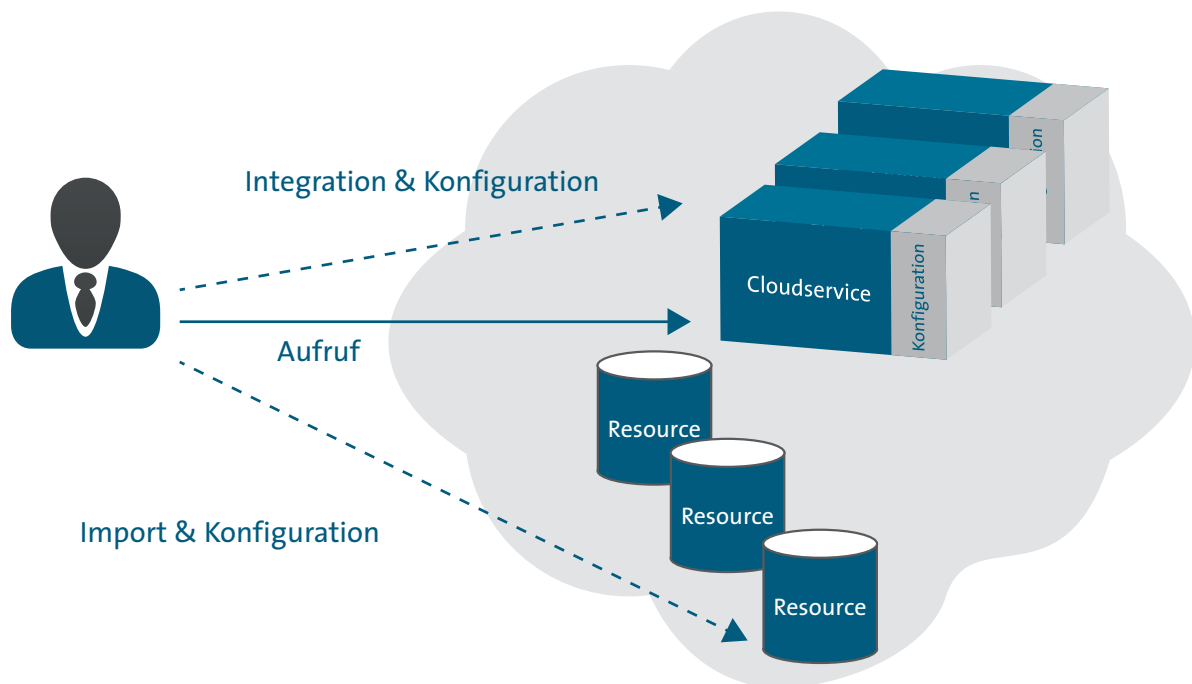


Abbildung 7: Interaktionen im Umfeld von BPaaS-Angeboten

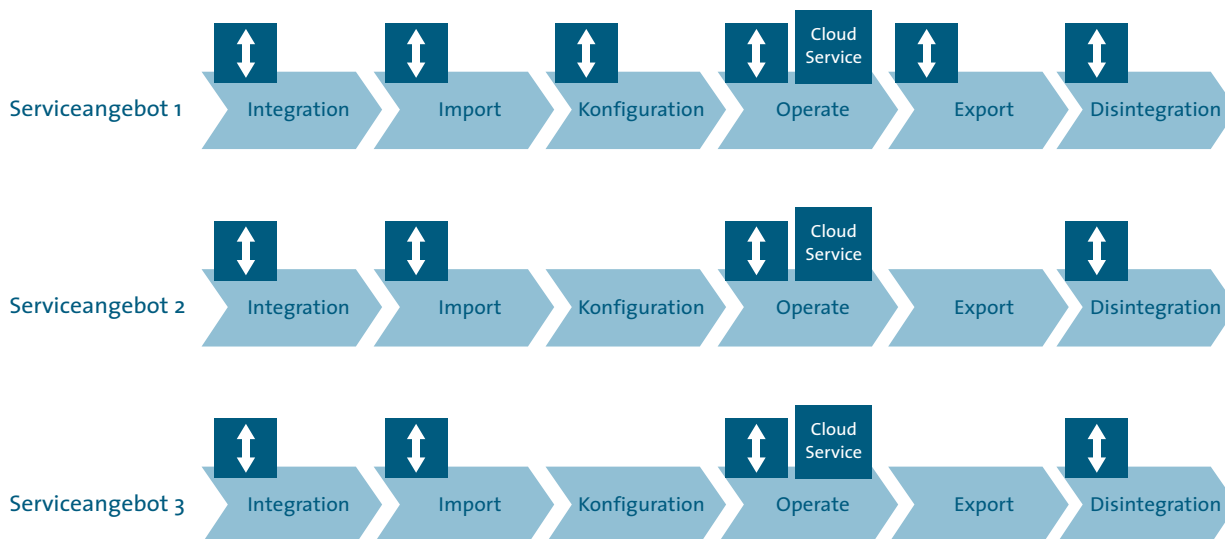


Abbildung 8: Vergleich von BPaaS-Angeboten durch Meta-Services

## Weitere Kriterien

Weitere Kriterien können die Bewertung des Service-Providers bzw. des Services sein. Auch Zertifizierungen und die Einhaltung von Prozessstandards geben wichtige Anhaltspunkte. Die Positionierung des Service-Providers am Markt ist ein weiteres Kriterium.

## Fazit

Geschäftsprozesse können auf zwei Wegen in der Cloud unterstützt werden. Business-Process-Management-as-a-Service unterstützt den Geschäftsprozess nicht direkt sondern den dafür notwendigen Geschäftsprozesslebenszyklus. D. h. BPMaaS stellt Cloud-Services für das Design, die Implementierung, den Betrieb und die Optimierung von Geschäftsprozessen bereit. Vorstufen von Business-Process-Management-as-a-Service sind die Unterstützung von Geschäftsprozessen auf den Ebenen SaaS, PaaS und IaaS.

Business-Process-as-a-Service ist die direkte Unterstützung eines Geschäftsprozesses. Dazu wird dieser als Cloud-Service gekapselt. Typische Anwendungsbereiche sind Prozesse, die von einem hohen

Standardisierungsgrad und Transaktionsorientierung geprägt sind, z. B. Personalmanagement-, Finanz- und analytische Prozesse.

Business-Process-Management-as-a-Service bietet mehr Möglichkeiten zur individuellen Anpassung des Prozesses, hat aber auch einen höheren Aufwand als Business-Process-as-a-Service.

Um passende Cloud-Services effizient einbinden zu können, ist es für den Dienstnehmer erforderlich, relevante Unternehmensprozesse intern zu harmonisieren und die Unternehmensarchitektur serviceorientiert zu gestalten. Ein gewünschter Nebeneffekt von unternehmensweit harmonisierten Geschäftsprozessen sind Effizienzsteigerung im Betrieb und Kostenreduktion. Unternehmen sollten sich dabei an fach- und branchenspezifischen Standards und Best Practices ausrichten, da angeboten Cloud-Services meist auf diese zugeschnitten.

Business-Process-as-a-Service-Angebote werden nicht nur über ihre Funktionalität und nicht-funktionalen Eigenschaften sondern auch über Meta-Services beschrieben. Meta-Services spezifizieren Interaktionen zur Integration, zum Import, zur Konfiguration sowie zum Export und Desintegration der Services.



## Literatur

- [1] Mell, P., und Grance, T. (2009): »The NIST Definition of Cloud Computing.« <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/>.
- [2] Porter, M. (1985): »Competitive Advantage«. The Free Press. New York.
- [3] Wikipedia (2012): »Supply-Chain-Operations-Reference«. <http://de.wikipedia.org/wiki/SCOR-Modell>.
- [4] tmforum (2012): »Business Process Framework (eTOM)«.
- [5] <http://www.tmforum.org/BusinessProcessFramework/1647/home.html>
- [6] ITIL Official Website (2012): »ITIL Knowledge Overview«.
- [7] <http://www.itil-officialsite.com/>.
- [8] Hentrich, C. und Zdun, U. (2011): »Process-Driven SOA: Patterns for Aligning Business and IT«. Infosys Press.
- [9] W3C (2005): Unified Service Description Language XG Final Report. <http://www.w3.org/2005/Incubator/usdl/XGR-usdl-2011027/>.
- [10] Schmidt, R., Kieninger, A., Fischer, R., und Zirpins, C. (2009): »Meta-Services – Towards Symmetric Service-Oriented Business Ecosystems,« in Proceedings Second International Workshop on Enabling Service Business Ecosystems (ESBE '09).

# 8 Technische Konzepte

## ■ 8.1 Softwarearchitekturen in der Cloud

### 8.1.1 Anforderungen an die Softwarearchitekturen in der Cloud

Die Softwarearchitekturen der Cloud sollen in diesem Kapitel aus der Sicht ihres Funktionsprinzips dargestellt werden. Die Implementierung dieses Funktionsprinzips in Software und Produkte ist nicht Thema dieses Kapitels.

Die speziellen Funktionsprinzipien der Softwarearchitekturen in der Cloud sind Spiegelbild der hardwaretechnischen und ökonomischen Rahmenbedingungen und der sich daraus ergebenden Vorgaben und Designkriterien. In anderen technischen Disziplinen würde man von einem Pflichtenheft für die Entwicklung sprechen. Die Softwarearchitekturen der Cloud müssen dieses Pflichtenheft erfüllen, damit die darauf basierenden Implementierungen im Wettbewerb der Internet-Ökonomie technisch und wirtschaftlich erfolgreich sein können. Die Anforderungen aus dem »Pflichtenheft« sind damit ein Schlüssel zum Verständnis für die Softwarearchitekturen in der Cloud.

#### 8.1.1.1 Anforderungen paralleler Hardware-Architekturen an die Softwarearchitekturen der Cloud

Angesichts der geplanten Größenordnung an Daten und Transaktionen des Cloud-Computing sprachen sowohl wirtschaftliche Gründe als auch die begrenzte Ausbaumöglichkeit von Rechnern nach oben (Scale-up) für den Einsatz von preiswerten Komponenten, die in parallelen Rechnerarchitekturen grenzenlose Erweiterbarkeit (Scale-out) zulassen. Massiv-parallele Rechnerarchitekturen erbringen eine mit der Prozessorzahl adäquat steigende Leistung, wenn die Software auf interne Abstimmprozesse verzichtet und auf jeder Komponente der Rechnerarchitektur unabhängig arbeiten kann.

Amdahl hat diesen Zusammenhang in einem Gesetz zusammengefasst [AM67]:

Amdahls Gesetz:

$$XP = 1 / ((1-T) + T/P)$$

- XP ist der Beschleunigungsfaktor,
- P ist die Anzahl der Prozessoren,
- T ist der Anteil parallelisierbarer Arbeit.

Für jeden Anteil parallelisierbarer Arbeit ergibt sich so ein maximaler Beschleunigungsfaktor, der z. B. für T = 90 %, P = 100 bei XP = 9,9 liegt.

D. h. der Einsatz von 100 Prozessoren würde nur eine Beschleunigung der Arbeit um den Faktor 9,9 bewirken.

Nur wenn T = 100 % ist, skaliert der Beschleunigungsfaktor mit der Anzahl der eingesetzten Prozessoren.

Um massiv-parallele Hardwarearchitekturen zu nutzen, muss die Softwarearchitektur Algorithmen verwenden, die unabhängig voneinander eine Aufgabe bearbeiten können.

Erster Punkt im Pflichtenheft für Softwarearchitekturen in der Cloud ist daher, eine sogenannte Share-Nothing-Software Architektur zu verwenden.

- Anforderung 1: Share nothing

In massiv-parallelen Rechnerarchitekturen steigt die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls einer Komponente mit der Anzahl der Komponenten. In klassischen Softwarearchitekturen zieht der Ausfall einer Komponente eine Unterbrechung der Verfügbarkeit der angebotenen Service nach sich. Auch während des Wiederanlaufes

steht der Rechner nur eingeschränkt für Anwendungen zur Verfügung.

Um einen unterbrechungsfreien Betrieb zu gewährleisten, muss die Softwarearchitektur der Cloud den Ausfall einzelner Komponenten ohne Einschränkung der Leistung überbrücken können, sich also fault-tolerant verhalten.

- Anforderung 2: Fault-tolerant

Die Forderung nach kurzen Antwortzeiten und hohem, parallel abzuarbeitenden Transaktionsdurchsatz in der Cloud stößt an Grenzen, die durch die relativ langsamen Antwortzeiten der Platte (DASD) bedingt sind. Die Platte ist als mechanische Komponente im Vergleich zu elektronischen Komponenten auf Silizium im Antwortzeitverhalten beim Lesen von Daten in etwa um den Faktor 100.000 langsamer. Der fallende Preis für Hauptspeicher bringt die Speicherung von Daten im Hauptspeicher in eine wirtschaftlich interessante Größenordnung und hilft die obigen Forderungen zu erfüllen. Die Forderung an die Softwarearchitekturen der Cloud ist, laufzeitkritische Daten im Hauptspeicher zu organisieren und den Datenteil im Hauptspeicher bei weiter fallenden Speicherpreisen stufenlos erweitern zu können.

- Anforderung 3: In-Memory (soweit wie wirtschaftlich möglich)

### 8.1.1.2 Anforderungen an die Software-Architekturen der Cloud aus Sicht der Ökonomie

Man sagt, im Internet sei die Konkurrenz immer nur einen Klick weit entfernt. Daraus ergibt sich für Cloud-Anbieter ein intensiver Wettbewerb um die Gunst der Kunden, ein Wettlauf um möglichst effiziente IT-Produktion des Angebotes, beste Services und niedrigste Preise. Aus dieser Sichtweise kamen weitere Anforderungen in das Pflichtenheft der Softwarearchitekturen in der Cloud.

Auswertungen führender Anbieter von Internetservices belegen, dass selbst kurzzeitige Verlängerungen der Antwortzeiten um Bruchteile einer Sekunde zu deutlichen Nachlassen der Nachfrage führen und damit zu

Geschäftseinbußen. Die außerordentlich wettbewerbsintensive Ökonomie des Internets wird durch Messungen fassbar und führt zu entsprechenden Forderungen an die Softwarearchitekturen. Ein Stopp der IT bedeutet:

- Kein Geschäft
- Kunden, die konkurrierende Services nutzen und möglicherweise auf diesem Wege ganz abwandern.

Die Anforderung nach Nonstop-Service ist ökonomisch motiviert:

- Anforderung 4: Nonstop-Service
- 24-x-7-Betrieb, keine Auszeiten für Wartung, gleichmäßig kurze Antwortzeiten. Zur Sicherstellung des ununterbrochenen Betriebes sind umfassende Kontrollmöglichkeiten, Performancemessungen, Log-Everything und Sicherung gegen bekannte Störungen und Angriffe notwendig.

Im Internet herrscht hohe Preistransparenz und intensiver Wettbewerb. IT-Kosten sind für Anbieter von IT-Services im Internet ein großer, wenn nicht der größte Kostenblock, der entsprechend die Kalkulation, Preisbildung und Wettbewerbsposition prägt.

Effizienter IT-Betrieb schafft die Basis für ein marktfähiges Angebot.

- Anforderung 5: Hohe Effizienz der IT, niedrige Betriebskosten für Wartung und Betrieb

Unter Anforderung 5 sind folgende weitere ergänzende, häufig einzeln aufgeführte Forderungen einzuordnen.

Eine bewährte Maßnahme zur Effizienzsteigerung ist eine Standardisierung aller Komponenten.

- Anforderung 5a: Standardisierung und Austauschbarkeit aller Komponenten

Um bei den enormen Nachfrageschwankungen im Internet gleichmäßig gute Servicequalität anbieten zu können, muss die IT-Infrastruktur sich schnell an die Nachfrage anpassen können, also elastisch reagieren.

- Anforderung 5b: Elastizität, um Nachfrageschwankungen auszugleichen.

Ein anziehendes, möglichst kurzfristiges und intuitiv zu erlernendes Bedienkonzept ist heute Standard für Internetservices. Self-Services ermöglichen dem Kunden eine vereinfachte Angebotsprüfung und Kaufentscheidung nach Selbsttest, erleichtern den Einstieg und senken die Anfangskosten. Für den Service-Anbieter vereinfacht sich das Marketing und die Kundenbetreuung.

Eine Differenzierung im Markt durch Innovation, Gestaltung und Handhabbarkeit des User-Interfaces ist ebenso wichtig für das Branding wie für den nachhaltigen Erfolg bei Kunden.

- Anforderung 6: Einfaches, attraktives User-Interface, das Self-Service ermöglicht.

### 8.1.1.3 Neue Anforderungen an die Software-Architekturen der Cloud

Zu den beschriebenen ursprünglichen Anforderungen an die Softwarearchitekturen der Cloud treten weitere hinzu, die sich aus dem Trend zum Mobile Computing ergaben oder auf Grund gemachter Erfahrungen hinzukamen.

Mobile Computing ist ohne die Cloud im Backend nicht denkbar, es stellt daher sehr spezielle, zusätzliche Anforderungen. Dazu kommt ein Trend zu Geschäftsanwendungen, die nahezu Real-Time-Transaktionalität erfordern.

- Forderung 7: Mobile Computing am Frontend unterstützen.

Bei den ersten Internet-Service stellten die Integrationskosten zwischen Cloud und lokaler IT eine hohe Hürde dar.

Beidseitig auf Standards basierende Anwendungsservices ist der bevorzugte Weg, lokale und in der Cloud abgewinkelte Geschäftsprozesse nahtlos verbindbar zu machen. Auf SOA-Standards basierte Cloud-Angebote ermöglichen einen nahtlosen Austausch von Cloud-Services, der immer mehr zu einer Voraussetzung für Kunden wird.

- Forderung 8: Anwendungsgestaltung nach den Prinzipien der serviceorientierten Architektur (SOA)

Die deutschen Datenschutzregeln gelten als relativ streng. In Europa differieren die Rechtsnormen von Land zu Land und erschweren grenzüberschreitende Services. Die Europäische Union hat im Sept. 2012 angekündigt, innerhalb der nächsten 18 Monate spätestens verschiedene Gesetzesinitiativen abzuschließen mit dem Ziel, alle für die Cloud relevanten Rechtsnormen europaweit einheitlich für alle Anbieter und Konsumenten zu regeln. Die Softwarearchitekturen in der Cloud müssen die Einhaltung dieser Regeln sicherstellen. Die mancherorts durch Rechtsnormen wenig eingeschränkte Pionierzeit der Cloud geht zu Ende.

- Forderung 9: Durchgehendes Sicherheitskonzept für Daten und Transaktionen in gesetzeskonformer Ausprägung

## 8.1.2 Zusammenfassung der Anforderungen

Obwohl einzelne Anforderungen an die Softwarearchitekturen in der Cloud bekannte Anforderungen an Softwarearchitekturen generell sind, z. B. SOA, erfordern die technischen Anforderungen in Summe neue, so bisher so noch nicht implementierte Softwarearchitekturen und Software-Algorithmen. Die einzelnen Elemente, aus denen die Softwarearchitektur geformt wurde, sind in der Informatik bekannt. Neu ist die Zusammenfassung all dieser einzelnen Elemente zu einer Softwarearchitektur, die bisher in den existierenden Implementierungen sowohl die technischen Anforderungen als auch die wirtschaftlichen Erwartungen erfüllen konnte. Häufig übersehen wird, dass bestimmte Anforderungen in ihrer Kombination zusätzliche, schwergewichtige Anforderungen an

die Softwarearchitektur stellen. Zum Beispiel bedingt die Anforderung nach Selbstbedienung die Implementierung eines extrarobusten Sicherheitskonzeptes gegen jede Art von Fehlbedienung.

## ■ 8.2 Eingeführte Architekturen im Cloud-Stack

In diesem Abschnitt beschreiben wir Architekturelemente, die sich im Cloud-Computing typischerweise finden lassen. Möglichst weitgehend automatisierte Betriebskonzepte gehören als Basis ebenso dazu wie ein neuartiger Typ von Datenbank, bei dem die Daten mit Hilfe eines mehrstufigen Indexmechanismus (nicht-relational) organisiert werden. Darauf aufbauend finden sich Anwendungsdienste, die nach SOA-Prinzipien lose gekoppelt, wieder verwendbar und nach etablierten Standards aufgebaut sind.

### 8.2.1 Basis – Betriebskonzepte

Die Rechenzentren der großen Internet- und Cloudanbieter haben Betriebskonzepte implementiert, die es erlauben mit einer kleinen Bedienmannschaft einen 24-x-7-Betrieb durchzuführen. Der Bericht »The Datacenter as a Computer« von Google Research [GR12] beschreibt wichtige Ansatzpunkte für eine hochgradige Automatisierung:

- **Ressourcen-Zuordnung:** Im einfacheren Fall werden Topologien für die Anwendung explizit definiert und bereitgestellt. Komfortabler ist es, wenn die benötigten Ressourcen für gewünschte SLAs automatisch ermittelt werden können.
- **Software-Provisionierung:** Um das Verhältnis der betreuten Server pro Administrator zu steigern, müssen Software-Images leicht erstellt, paketierte und mit den entsprechend gesetzten Konfigurationsparametern automatisch bereitgestellt werden. Lösungsansätze sind unter dem Stichwort (»JIT Topologie«, »Intelligent Workload Deployer«) bekannt geworden.
- **Problem-Management:** Automatisiertes Monitoring, Diagnose und Maßnahmen zur Fehlerbehebung erfordern eine Infrastruktur, welche Signale aus dem Verbund der Architekturkomponenten erfasst und bewertet. Je nach gewünschter Genauigkeit muss dabei bereits vorab an eine Instrumentierung dieser Komponenten gedacht werden. Schließlich können die einmal erfassten Betriebsdaten selbst nach den Big-Data-Prinzipien ausgewertet werden.
- **Software-Updates:** Es ist nicht möglich alle Server gleichzeitig mit einem neuen Software-Stand zu versorgen. Lose gekoppelte Services können jedoch sukzessive durch neue Versionen ersetzt werden. Durch automatisierte Governance werden Service-Requests zu den gültigen alten bzw. neuen Versionen gelenkt.
- **Cloud-Onboarding:** Man bezeichnet hiermit Import und Konfiguration von Anwendungen, Daten oder kompletten Anwendungslösungen für die Cloud. Ähnliche Aspekte wie bei einem initialen Einstieg in die Cloud sind bei der Migration zwischen Clouds zu betrachten oder wenn die Cloud als zusätzliche Ressource zur Abfederung von Bedarfsspitzen betrachtet wird. Aus technischer Sicht umfasst dies die Fähigkeit, Anwendungen und Workloads cloudfähig zu machen, eine sichere Verbindung zur Cloud zu etablieren, einen Ressourcenpool aus virtuellen Maschinen und einen anwendungsübergreifenden Speicherverbund zu bilden und ein dynamisches Workload-Management anzubieten.
- **DevOps (Devops.org):** Durch die enge Kombination von Entwicklungs- und Betriebsrolle wird zum einen ein vertieftes Verständnis der Nutzungsanforderungen, der Fehlerbehebung oder der Auswirkung von Änderungen erreicht. Zusätzlich kann der Entwickler fachliche Anforderungen in parallel ausführbare Features umsetzen. Diese gehen über eine automatisierte Delivery-Pipeline in ausführbare Releases ein. Auf Betriebsseite erhöhen ein Service-Dashboard und instrumentierte Komponenten den Automatisierungsgrad.

Man kann festhalten, dass mehr und mehr Aspekte des Betriebs mit hochoptimierten Mechanismen automatisiert werden, um Bedienfehler weitgehend zu vermeiden und den menschlichen Operator zu entlasten. In einer massiv-parallelen Umgebung lassen sich Fehler und Ausfälle nicht völlig vermeiden und eine schnelle Fehlererkennung und -behebung bekommt daher eine vorrangige Bedeutung.

## 8.2.2 Datenbanken in der Cloud

Um die Anforderungen an die Softwarearchitekturen in der Cloud zu erfüllen, muss die Datenbankschicht gegenüber einer relationalen Datenbank (RDB) eine Reihe weiterer Aufgaben übernehmen.

Für diese neue Datenbankarchitektur hat sich noch kein einheitlicher Begriff durchgesetzt: Es wird dafür der Begriff NoSQL ebenso verwendet wie der Begriff Big Data. Leider sind rein vom Begriff her beide Namensgebungen fehlleitend, da in realen Implementierungen dieses Typs Datenbank sowohl SQL als Abfragesprache unterstützt wird als auch kleinere Datenmengen von Mail-Systemen damit verwaltet werden. Passend zu dem eingeführten Begriff RDB wäre die Benennung dieses Typs Datenbank mit dem früher einmal verwandten Begriff Indexed-Key-File (IKF) eindeutiger. Um die Lesbarkeit nicht zu erschweren, wird im Weiteren der eingeführte Begriff Big Data verwendet.

Die wichtigsten Architekturmerkmale von Big-Data-Datenbanken sollen im Folgenden zusammenfassend dargestellt werden, für ausführlichere Informationen verweisen wir auf den BITKOM-Leitfaden »Big Data«, [BIT1]).

Eine Big-Data-Datenbank erstellt zum Zugriff auf die Daten einen Index, der wie der Index in einem Fachbuch aus dem Inhalt der Daten heraus gebildet wird. Durch den Index ist es möglich, die Inhalte der Datenbank transparent zu machen. Der Index kann separat vom Inhalt gespeichert und bearbeitet werden. Er verweist auf den Lagerort der Daten. Da Daten aller möglichen Formate indiziert werden können, eignen sich Datenbanken vom

Typ Big Data auch und besonders für unstrukturierte und/oder multimediale Daten.

Zur Sicherung gegen Ausfall von Komponenten werden die Daten in mehreren Kopien auf mehrere parallele Server gespeichert und bearbeitet. Die Datenspeicherung ist immer verteilt und virtualisiert. Die Größe der Datenbestände ist nicht begrenzt.

Datenbanken vom Typ Big Data unterstützen in der Regel eine ortsgebundene Operation wie ein physisches UPDATE auf einen Datenträger nicht. Die unterstützten Operationen sind Lesen, Schreiben und Löschen. In der Regel wird an Stelle eines Updates eine neue Kopie der Daten angelegt, die durch einen Zeitstempel als die letzte und neueste Version erkennbar ist.

Viele Implementationen von Big Data unterstützen parallel ausgeführte Lesezugriffe, um rein lesende Datenrecherchen zu optimieren

Auf Basis des Index ist es möglich:

- mehrere räumlich getrennte Unterindizes aufzubauen;
- mehrere Kopien der Daten/des Indexes parallel zu verwalten (durch parallele Verwaltung mehrerer Kopien können Ausfälle einzelner Komponenten, die eine oder mehrere Kopien der Daten oder des Indexes betreffen, überbrückt werden);
- Daten unterschiedlicher Formate, Länge, Form und Strukturen in einer Datenbank zu halten;
- Datenbestände nahezu ohne Größenbeschränkung in einer Struktur zu verwalten;
- Wartungsarbeiten im laufenden Betrieb auszuführen durch den Aufbau weiterer, erneuerter Kopien;
- die Datenbank über beliebig viele physische Instanzen zu verteilen und damit sowohl die Forderung nach Elastizität als auch Skalierbarkeit abzudecken;

- Teile des Indizes oder der Daten zur Beschleunigung der Verarbeitung von der Platte in den Hauptspeicher zu legen;
- Operationen unabhängig voneinander parallel durchzuführen (share nothing) (hier spielen neue Softwarealgorithmen, z. B. Map-Reduce, eine wichtige Rolle, um Operationen durch parallele, voneinander unabhängige Bearbeitung massiv zu beschleunigen);
- die Wartung und den Betrieb radikal zu vereinfachen, da wichtige Aufgaben durch die Datenbanksoftware automatisiert werden.

Die Architektur einer Datenbank vom Typ Big Data besteht i. d. R. aus Komponenten mit folgenden Aufgaben:

- Aufbau des Indexes (Schreiben, Löschen; dabei können parallel Zählungen ausgeführt werden wie über ein Wörterbuch oder Semantische Anpassungen der Inhalte vorgenommen werden);
- Speicherung der Daten in mehreren Kopien, Verwalten der Kopien, Durchführen von Wartungsaufgaben, Anpassen an die Nachfrage etc.;
- Lesen, d. h. Suchen der gewünschten Daten über den Index parallel;
- Nachbearbeitung der Daten, z. B. Aufbereiten der Daten für spezielle Endgeräte (Visualisierung, Formatanpassung an Endgerät) sowie
- Management der Datenbank;
- Sicherstellen der Konsistenz der Daten über alle Kopien;
- Dokumentieren der Reihenfolge des Einganges über einen Zeitstempel;
- Archiv-Funktionen;
- Wiederanlauf, Installationshilfen etc.

In der Softwarearchitektur der Cloud nimmt die Datenbankarchitektur eine zentrale Rolle ein. Im September 2012 berichtet Google unter dem Namen Spanner von der Entwicklung einer Hybriden Datenbank, welche die Vorteile einer Datenbank vom Typ Big Data mit den Vorteilen bekannter Relationaler Datenbanken vereinigen soll und voll SQL-fähig sei. Updates werden in ein READ und ein WRITE geteilt, die gültige Version der Daten wird anhand eines hochgenauen Zeitstempels identifiziert [GOO1]. Man hätte damit für alle Datentypen und Anwendungen nur noch eine gemeinsame Datenbank im Einsatz. Mit diesem Google-Bericht deutet sich an, dass es im Markt für Datenbank-Technologien in nächster Zeit zu einem Innovationsschub kommen könnte, die dem Cloud-Computing neue Einsatzfelder erschließen würden.

### 8.2.3 SOA als Architektur für Anwendungen in der Cloud

Damit Anwendungen, die lokal in einer Private Cloud laufen, mit Anwendungen, die als Services aus der Public Cloud bezogen werden, nahtlos verbindbar sind, bedarf es einer gemeinsamen standardisierten Anwendungsarchitektur. War die Wahl einer serviceorientierten Architektur für die Strukturierung von Anwendungen zu empfehlen (siehe BITKOM-Leitfaden »SOA«, [BIT2]), so wird dies im Umfeld der Cloud-SOA als gemeinsame Anwendungsarchitektur zu einer unumgänglichen Voraussetzung. Auf Kundenseite muss die Gestaltung der Anwendungsarchitektur so erfolgen, dass Dienste aus der Cloud genutzt werden können (die Anwendung ist Service-Consumer). Auf Cloud-Anbieter-Seite muss der Anwendungsarchitekt für möglichst viele Kunden wirtschaftlich in eigene Anwendungsarchitekturen einbindbar sein (die Anwendung ist Service-Provider). Ohne gemeinsame Anwendungsarchitektur bei Anbieter und Nachfrager von Cloud-Anwendungsservices ist eine wirtschaftlich sinnvolle und funktionssichere Zusammenarbeit der Komponenten kaum vorstellbar.

In einer konsequent in Dienste zerlegten SOA-Anwendungsarchitektur kann man die implementierenden Komponenten besser an die Anforderungen des Geschäftes anpassen und/oder austauschen. Entsprechende



Cloud-Dienste erweitern die Handlungsmöglichkeiten von Kunden. Der als SOA bezeichnete Ansatz (siehe BITKOM-Leitfaden »SOA«, Quelle: soaknow.de [BIT1]) gilt als Architekturmuster der Cloud und erlaubt es:

- vorhandene Services flexibel zu kombinieren, wiederzuverwenden oder über Mechanismen wie Service-Abstraktion, Fassaden oder APIs für die Cloud bereitzustellen (»Cloud-enabled Services«);
- Service-Anforderungen an die geeignete Service-Version weiterzuleiten;
- neue Services gezielt auf Basis der SOA-Prinzipien zu entwickeln und extern bereitzustellen (»Cloud-centric Services« und »Externalization«);
- Prinzipien und Richtlinien für Entwicklung und Nutzung durch ein abgestimmtes Service-Management und SOA-Governance durchzusetzen.

Offenbar unterstützt eine serviceorientierte Anwendungsplattform die kontinuierliche Verfügbarkeit von Diensten durch Koexistenz von Service-Versionen und das Routing von Requests zu unterschiedlichen, produktiv genutzten Versionen. Das Auffinden von

Anwendungsdiensten und ihre Ansteuerung erfolgen in der Regel über eine Service-Registry.

Das Angebot sehr individualisierter Dienste bietet nur geringe Skaleneffekte und damit nur geringe Kostenvorteile. Cloud-Services bündeln standardisiert die Nachfrage und erzielen damit deutlich höhere Skaleneffekte und Wirtschaftlichkeit. Beispielsweise kann ein Basisdienst von den Dienstnutzern für ihre Zwecke integriert und so hunderttausendfach, wenn nicht gar millionenfach genutzt werden. Allerdings sind Investitionen erforderlich, damit diese neuen Services die entsprechend dem Geschäftsmodell erwartbaren nichtfunktionalen Anforderungen (Millionen von Benutzern und hohe Transaktionsraten) bedienen können.

Wir können beobachten wie – gemäß der Erkenntnis »Everything is a Service« (siehe [ODCA]) – darin investiert wird, vorhandene Services cloudfähig zu machen. Gleichzeitig werden neue cloudzentrische Services entwickelt und publiziert. Cloud-Services werden meist eingebettet in eine Cloud-Umgebung angeboten und nicht als alleinstehende Services wie SOA-Services. Sie bauen auf Diensten auf, die für neue Nutzungswege bereitgestellt (externalisiert) werden. Man kann unterscheiden zwischen vorhandenen SOA-Services, die cloudfähig

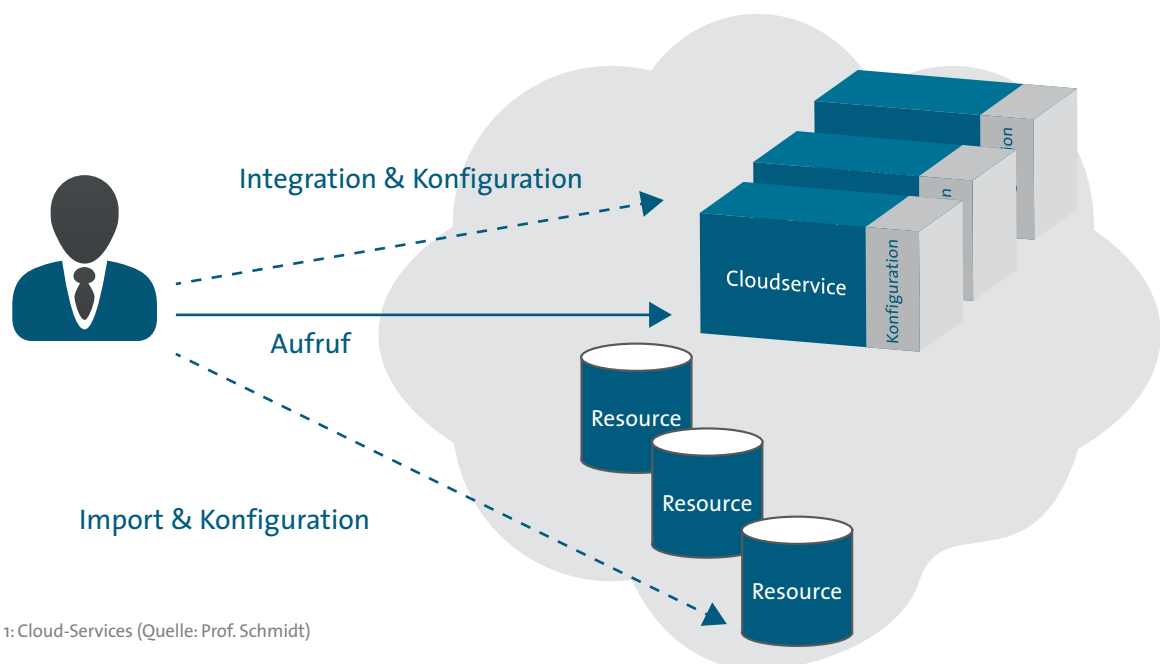


Abbildung 1: Cloud-Services (Quelle: Prof. Schmidt)



gemacht werden (cloud-enabled) und neuen gemäß dem Geschäftsmodell cloud-spezifisch entwickelten Diensten (cloud-centric).

Ein mögliches Zielbild lässt sich wie folgt skizzieren: Nachdem man die internen Services cloudfähig gemacht hat, etabliert man darauf Web-APIs, mit denen sich – auch außerhalb des Unternehmens – beliebige Anwendungen (Apps) entwickeln lassen, welche letztlich die internen Services nutzen. Damit dies geschehen kann, publiziert man Apps (in App-Stores) und APIs (in API-Katalogen) (vgl. [programmableweb.com](http://programmableweb.com)) (siehe Pfeil in Abbildung 2). Apps, APIs und cloudfähige Services bilden somit die externe Sicht auf die internen Unternehmensdienste. Damit dies erreicht werden kann, spielen Standards eine bedeutende Rolle, nicht zuletzt im Hinblick auf den Schutz von Investitionen.



Abbildung 2: Zielbild-Externalisierung ([CU12])



Abbildung 3: Publikation von APPs, APIs und Services ([CU12])

## 8.2.4 Anwendung – Standards

Neben dem »National Institute of Standards and Technology« [MEGR] beschäftigen sich zahlreiche Gremien mit der Standardisierung im Cloud-Computing wie

- »Cloud Computing Interoperability Forum« [CCIF],
- »The Cloud Computing Use-Cases Group« [CCUG],
- »The Open Cloud Consortium« [OCC].

Der Bezug zwischen Cloud-Prinzipien und der Anwendung von SOA wird schwerpunktmäßig beim Ansatz »Service-oriented Cloud Computing Infrastructure« [SOCCI] der Open Group herausgearbeitet. Im Folgenden konzentrieren wir uns auf den Aspekt der standardisierten Schnittstellen. Gerade bei proprietären Schnittstellen leiden Portabilität und Interoperabilität, beispielsweise müssten bestehende Anwendungen dann an APIs verschiedener Anbieter angepasst werden.

Bei der Implementierung von Web-Services beobachten wir eine zunehmende Verbreitung von REST (Representational-State-Transfer) und JSON (JavaScript-Object-Notation) anstelle von XML und SOAP (Simple-Object-Access-Protocol). Entscheidend ist die Nutzung von fest vorgegebenen HTTP-Methoden anstelle selbst definierter Methoden. Damit können sich REST-APIs auch auf Standard-Fähigkeiten des HTTP-Protokolls stützen. Zum einen werden durch REST-APIs spezifische Aspekte der internen Implementierung gekapselt. Letztere kann für den Nutzer der APIs entsprechend der technologischen Weiterentwicklung angepasst werden. Zum anderen schützt man sich durch standardisierte APIs vor der Abhängigkeit von einem bestimmten Anbieter.

## ■ 8.3 Sicherheit in der Cloud

Den Chancen des Cloud-Computing gegenüber stehen Befürchtungen bezüglich der Sicherheit der unternehmenskritischen Daten. Der Abbau dieser Hemmschwelle für die Anwendung von Cloud-Computing wird erst

möglich, wenn sich geeignete Standards für den sicheren und rechtskonformen Einsatz von Cloud-Computing-Lösungen etablieren.

Da bei der Nutzung von Cloud-Computing die Kontrolle über die eigenen Daten abgegeben wird, sind Initiativen gestartet worden, die Sicherheitsmechanismen entwickeln sollen wie:

- zertifizierte Sicherheitshardware (Hardware-Token, Secure-Gateways z. B. für REST-APIs). Bereits im BITKOM-SOA-Leitfaden [BIT2] wird betrachtet wie typische Angriffe auf Web-Services durch den Einsatz von Gateways verhindert werden können, welche auch Nachrichten verschlüsseln oder signieren können. Entsprechende Ansätze behalten im Cloud-Umfeld ihre Gültigkeit und finden sich auch im BITKOM-Leitfaden »Appliances« [BIT3]. Mit ihrem spezifischen Funktionsumfang ermöglichen Appliances die Steigerung von Performance, Sicherheit und Effizienz – gerade in serviceorientierten Architekturen. Insbesondere werden sie für solche SOA-Funktionen eingesetzt, die relativ schnell einen hohen Reifegrad und Stabilität erreicht haben. Dies sind derzeit beispielsweise Integrations- und Übertragungsfunktionen wie Datenkompression, Kryptographie, Paketverarbeitung, Datentransformation, Firewall, Gateway oder Intrusion-Prevention. Modelle für die Zugriffskontrolle auf Daten und deren Verschlüsselung (dabei sollen auch Security-Token einbezogen werden, um den entfernten Zugriff auf Daten im Unternehmen oder in der Cloud sicherer zu machen (Quelle: Trusted Cloud, [BMWII]));
- Techniken zur Verschlüsselung bei Übertragung und Speicherung mit versiegelter Verarbeitung (Quelle: Trusted Cloud, [BMWII]);
- Authentifizierungsprotokolle (<http://oauth.net/>) bei dem Anwendungen im Auftrag eines Benutzers arbeiten können, ohne dessen Benutzername und Passwort kennen zu müssen;
- Integration von unternehmensspezifischen Directory-Services der Kunden-Unternehmen;

- Schnittstellen zu vorhandenen Verschlüsselungs- und Key-Management-Lösungen.

Ziel ist ein übergreifendes Sicherheits-Management, welches in einem Cloud-Verbund für die Absicherung jeder Komponente innerhalb der Cloud, der publizierten Web-Services und der Transportwege sorgt.

Dass konkrete Entwicklungen dennoch eine Herausforderung sind, erkennt man daran dass namhafte Organisationen (wie TOGAF) sich derzeit noch damit beschäftigen eine Einigung über grundlegende Prinzipien der Cloud-Security zu erzielen. Im Hinblick auf eine Orientierungshilfe unterscheidet TOGAF [TO11] folgende Elemente einer Security-Architektur:

- Security-Policy-Management,
- Identity-, Entitlement-, and Access-Management,
- Data- and Information-Protection-Management,
- IT-Service-Management,
- Threat- and Vulnerability-Management,
- Physical-Asset-Management,
- Risk- and Compliance-Management.

Ebenso beschreibt die OASIS-Arbeitsgruppe »Identity in the Cloud« [OASI] eher die Anforderungen an ein Identity-Management (»Organization for the Advancement of Structured Information Standards«) als konkrete Lösungen.

Die Cloud-Security-Alliance beschreibt in ihrem Whitepaper »Security Guidance for Critical Areas of Focus in Cloud Computing« [CS11] aktuelle Security-Best-Practices für 14 verschiedene Bereiche, welche sich teilweise noch im Forschungsstatus befinden. Welche Mechanismen man einsetzen sollte, hängt von einer Bewertung der erwarteten Nutzungsszenarien und Risiken ab. Der Umfang der Sicherheitsmaßnahmen, für den Cloud-Anbieter

und Cloud-Nutzer jeweils verantwortlich sind, hängt vom gewählten Cloud-Darbietungsmodell (SaaS, PaaS, IaaS) ab. Als eigenständiges Thema wird Security-as-a-Service (SecaaS) beleuchtet, wobei diese Services (z. B. Identity-Management, Access-Management, Encryption, Intrusion-Prevention and Detection) von einer technisch-organisatorischen Instanz erbracht werden. Es bleibt zu bedenken, dass der Schutz eines verteilten Systems (z. B. durch verteilte LDAP-Verzeichnisse), nicht garantiert werden kann, indem man übergeordnete technisch verteilte Sicherheitsdienste etabliert (mit dem z. B. die LDAP-Verzeichnisse befüllt werden). Wer garantiert die Sicherheit des übergeordneten verteilten Systems? Zentralisierung und Standardisierung scheinen hier entscheidende Erfolgsfaktoren zu sein.

## ■ 8.4 Ausgewählte Anwendungen auf Basis der Software in der Cloud

Die Softwarearchitekturen der Cloud ermöglichen neue Anwendungen. Im Kern dieser neuen Anwendungen stehen massiv-parallel ausgeführte Datenanalysen und Datenrecherchen sehr großer Datenbestände in kürzester Zeit, die durch Datenbanken vom Typ Big Data ermöglicht werden.

Die klassische Technik, Datenbestände zu analysieren und Inhalte zu verdichten, baut auf einer mehr oder minder sequentiellen Durchleuchtung der Datensätze auf, die die Verarbeitungszeiten linear mit der Anzahl der Datensätze ansteigen lässt. Wenn die gewünschten Auswertungs- und Such-Algorithmen parallelisierbar sind, verkürzt sich die Bearbeitungszeit nahezu linear mit dem Faktor der Parallelisierung der Big Data zugrundeliegenden HW-Server-Infrastruktur

Die Entwicklung und Erprobung parallelisierbarer Algorithmen ist zurzeit im vollen Gange. Schon die bisher erreichten Verkürzungen der Antwortzeiten erschließen vollkommen neue Möglichkeiten, große, komplexe Datenbestände auszuwerten und die Inhalte transparent zu machen.

Datenbanken vom Typ Big Data empfehlen sich für Aufgaben im Bereich der Datenspeicherung, Datenanalyse und Text-Recherche durch drei technische Eigenschaften:

- preiswerte Speicherung von Daten in unbegrenzter Menge,
- Beschleunigung der Verarbeitung durch parallelisierte Analyse der Datenbestände,
- Erledigung wichtiger Teile der Aufgabe im Index, der ja ein Spiegelbild der Daten enthält, und damit im Hauptspeicher. Bei einer Differenz der Zugriffszeiten von Hauptspeicher zu Platte im Bereich um den Faktor 10.000 bis 100.000 verringern sich die Ausführungszeiten entsprechend.

Diese Eigenschaften der Big-Data-Datenbanken prägen einige Cloud-Standardangebote.

- **Analytics:**  
Unter Analytics wird eine mathematisch basierte Auswertung der Daten verstanden. Die Struktur der Daten, besonders im Index, muss auf die Aufgabe vorbereitet sein. In speziellen Implementierungen werden Datenbanken von Typ IKF ausschließlich für gezielte Aufgaben der Datenanalyse verwendet. Die Daten werden dazu aus einer anderen Datenbank oder aus dem Netz übertragen. Die Ergebnisse der Analyse werden als Service zur Verfügung gestellt (Data-as-a-Service).
- **Text-Analyse und Recherche:**  
Bei entsprechender Gestaltung des Indexes können aus dem Index heraus Fragen nach dem Lagerort und dem Auftreten von Inhalten beantwortet werden. Mit entsprechenden Wörterbüchern können dabei Synonyme berücksichtigt werden. Die bekannten Suchmaschinen im Internet sind ein Beispiel für dieses Einsatzszenario von Big-Data-Datenbanken.
- **Generalindex:**  
Eine Spezialanwendung von Big-Data-Datenbanken ist der Aufbau eines Indexes für Daten, die auf

beliebigen anderen Dateien physisch gespeichert sind, d. h. die Big-Data-Datenbank besteht nur aus einem Index und dem Link zum Lagerort. Durch diese Technik ist die dynamische Vernetzung von Daten über Datenbanken hinweg möglich. Ein Einsatzszenario von Generalindizes ist die regelmäßige Indizierungen, die bekannte Suchmaschinenanbieter für Datenbestände auf fremden Servern weltweit erstellen.

- **Map-Reduce:**

Der Map-Reduce-Algorithmus beschreibt eine unabhängig voneinander parallel arbeitende Vorgehensweise, die in viele Implementierungen von Big-Data-Datenbanken aufgenommen wurde. Für eine vertiefende Darstellung sei auf die umfangreiche Literatur zum Thema Map-Reduce-Algorithmus [GOO2], [HADO] hingewiesen.

## ■ 8.5 Ausgewählte Architektur Aspekte der Cloud

### CAP-Theorem

Für Datenbanken von Typ Big Data wurde von Eric Brewer 2001 festgestellt, dass aufgrund der Speicherung der Daten in mehreren Kopien von den drei Anforderungen Ausfallsicherheit, Datenkonsistenz und Verfügbarkeit immer nur zwei voll erfüllt werden können (CAP-Theorem). In dem Zeitraum, in dem die Kopien der Daten angelegt werden, besteht keine Konsistenz der Daten, dieser Zeitraum wächst, je mehr Kopien angelegt werden, um eine hohe Ausfallsicherheit (Partitionstoleranz => Toleranz gegenüber Ausfall von Teilen der Datenbank) zu erzielen. Ein Sperren von Lesezugriffen während dieser Zeit stellt Konsistenz sicher, aber beeinträchtigt die Verfügbarkeit (Availability). Die gleiche Überlegung gilt naturgemäß auch, wenn Verarbeitungsschritte aus mehreren Cloud-Instanzen zusammengeführt werden. Seitdem ist die Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet vorangeschritten und wird von Brewer in dem Artikel »CAP Twelve years later« ([www.infoq.com/articles/cap-twelve-years-later-how-the-rules-have-changed](http://www.infoq.com/articles/cap-twelve-years-later-how-the-rules-have-changed)) [BR12] vom Mai 2012 gut zusammengefasst. Für neuere Implementierungen

sind Architekturen entwickelt worden, die alle drei Anforderungen in einem technischen Kompromiss in unterschiedlicher Stärke in Summe berücksichtigen.

Beim Design von Cloud-Anwendungen wie bei deren Nutzung ist zu überlegen, welche zwei Eigenschaften des CAP-Theorems Priorität erhalten sollen und entsprechende Implementierungen auszuwählen.

## Timestamp

Durch die parallele Verarbeitung in einer Big-Data-Datenbank ist nicht mehr sichergestellt, dass Daten in der sequentiellen Reihenfolge des Einganges bearbeitet werden. Eine später eintreffende Transaktion kann parallel die früher eingetroffene Transaktion überholen. Die Einhaltung einer präzisen sequentiellen Reihenfolge ist jedoch für einige kommerzielle Anwendungen wie z. B. der Kontoführung von rechtlicher Relevanz.

Zur Lösung dieses Problems wird in der Regel ein Zeitstempel-Verfahren angewandt. Beim Eingang der Daten wird jeweils ein Zeitstempel hinzugefügt, mit dessen Hilfe die Reihenfolge eindeutig definiert ist. Dieser Zeitstempel muss über die ganze Architektur hinweg verstanden werden.

## Neue Anwendungspattern

Die optimale Nutzung der Eigenschaften von Big-Data-Datenbanken und von paralleler Hardware bedingt die Verwendung neuer, parallelisierter Anwendungsstrukturen. In der Diskussion zu diesem Thema überwiegt die Meinung, dass Anwendungen für die Cloud auf Basis von Big-Data-Datenbanken und für massiv-parallele Verarbeitung wohl weitestgehend neu zu erstellen seien.

## In-Memory

Als In-Memory werden Implementierungen von Datenbanken bezeichnet, die die Daten ausschließlich oder überwiegend im Hauptspeicher speichern. Hauptspeicher-Einheiten werden wie die Prozessoren auf Silizium-Chips aufgebracht und brauchen zur Funktion

kontinuierliche Stromversorgung. Bei einer Unterbrechung der Stromversorgung verlieren Hauptspeicher-Module im Gegensatz zu persistenten Speicherträgern wie Magnetplatten alle gespeicherten Informationen. Im Prinzip ist eine ausschließliche Speicherung von Daten In-Memory anstelle einer Speicherung der Daten auf Magnet-Platte nicht vom Datenbanktyp abhängig. Die Big-Data-Datenbankarchitektur bietet allerdings einige Vorteile für eine Datenhaltung In-Memory wie Ausfallsicherheit und parallele Arbeitsweise. Das Konzept, den Index der Daten im Hauptspeicher für schnelle Zugreifbarkeit zu lagern kann genutzt werden, um auf vergleichbare Weise weitere Teile der Daten im Hauptspeicher einzulagern und zu verarbeiten.

In-Memory-Implementierungen erlauben einen erheblich schnelleren Datenzugriff, der besonders bei Auswertungen der Daten zum Tragen kommt. Für Schreibvorgänge erfordert es die Transaktionssicherheit, Schreibvorgänge erst nach Anlage einer persistenten Kopie als erfolgt freizugeben, zum Beispiel nach dem Speichern auf einem SSD-Speicher. Schreibvorgänge beschleunigen sich daher weniger stark gegenüber einer Datenspeicherung auf Platte als Lesezugriffe. Die In-Memory-Technik steht noch am Anfang der Entwicklung. Wir denken, fallende Preise für Hauptspeicher und weitere Innovationen wird diese Variante der Big-Data-Architektur über die Zeit für extrem schnelle Verarbeitungen zunehmend attraktiver machen. Die Dimension des Potenzials der In-Memory-Technik wird durch einen Vergleich der Zugriffszeiten auf Daten auf verschiedenen Speichermedien deutlich.

Vergleich der Zugriffszeiten auf Daten auf verschiedenen Medien

Volatil:

- CPU-Register      kleiner 1 Nano-Sek.
- CPU-Cache        wenige Nano-Sek.
- RAM                60–70 Nano-Sek.

Non-volatil:

- SSD 250 Mikro-Sek.
- Hard Disk 5–9 Milli-Sek

Maßstab:

1 Mikrosekunde ( $\mu\text{s}$ ) = 1000 Nanosekunden

1 Millisekunde (ms) = 1000 Mikrosekunden

Verhältnis Zugriffszeiten:

- DASD : In-Memory
- 6 Milli-Sek. : 60 Nano-Sek.
- 100.000 : 1
- 4166 Tage : 1 Stunde

## ■ 8.6 Abschlussbetrachtung und Empfehlung

Die Welt analysierend, stellten die alten griechischen Philosophen fest, dass alles im Flusse sei: *Panta rhei*. Nichts könnte besser die dynamische Entwicklung der Softwarearchitekturen in der Cloud und ihrer Implementierungen beschreiben. In einigen Bereichen haben sich in den letzten Jahren bestimmte Softwaremuster bewährt und führten zu allgemein anerkannten, stabilen Architekturen. Hier ist eine Fülle von Implementierungen zu beobachten, zurzeit sind über 100 Versionen der Big-Data-Datenbank-Architektur bekannt. In anderen Bereichen ist die Innovationsgeschwindigkeit nach wie vor hoch. Es gibt erste Architekturen und erste Implementierungen, aber die generelle Bewährung und Akzeptanz steht noch aus.

Wir erwarten für die übersehbare, nächste Zukunft:

- Im Bereich der anerkannten Architekturen eine starke Konsolidierung der heute bekannten Implementierungen, die bei der Auswahl der Implementierungen sorgfältig bedacht sein will.

- Im Bereich noch divergenter Architekturvorschläge eine rasche Klärung durch die sichtbaren Erfolge/ Misserfolge der jeweils ersten Implementierungen: Nach unserer Meinung lohnt sich vor dem Start eigener Versuche eine sorgfältige Analyse der Erfahrungen, die Pioniere der Implementierung gesammelt haben.
- Eine nach wie vor sehr hohe Innovationsrate: IT ist der wichtige Differentiator im Internet. Wer nach vorne kommen will, muss über die ganze Bandbreite seines Angebotes einschließlich der IT innovativ sein.
- Eine Verschiebung der Innovation von den Basis-Architekturen zu den Anwendungen: Unter dem Gesichtspunkt Web 2.0, SOA, massiv-parallele Verarbeitung, Mobile Computing etc. werden viele Anwendungen neu überdacht werden müssen.
- Eine zunehmende Aufnahme von Elementen aus den Architekturen der Software in der Cloud in marktweite Angebote der IT-Hersteller: Damit ergibt sich die Möglichkeit, diese Technologien als Pakete schrittweise und nach Bedarf in das eigene Rechenzentrum einzuführen.
- Zentralisierung und Standardisierung von Sicherheitsdiensten, nach dem Ansatz Security-as-a-Service.

Der größte Engpass in Zukunft wird von allen Experten im Bereich der entsprechenden Fachkenntnisse für Cloud, Big Data und Entwicklung paralleler Software gesehen. Der Trend zu Mobile Computing und zum Internet der Dinge am Frontend wird zu vermehrter Anwendung der Softwarearchitekturen des Cloud-Computing am Backend führen, um den veränderten Anforderungen an die IT-gerecht zu werden. Die Beschäftigung mit den Softwarearchitekturen des Cloud-Computing wird in Zukunft an Wichtigkeit zunehmen.



## Literatur

- [AM67] Amdahl, G. M.: Validity of the single processor approach to achieving large scale computing capabilities. Proceedings of the April 18-20, 1967, spring joint computer conference 483–485 (1967).
- [MEGR] Mell, P. & Grance, T. The NIST definition of cloud computing (draft). NIST special publication 800, 145 (2011).
- [CCIF] Cloud Computing Interoperability Forum (CCIF). <http://cloudforum.org/>.
- [CCUG] Cloud Computing Use Cases Group. <http://cloudusecases.org/>.
- [OCC] Open Cloud Consortium. <http://opencloudconsortium.org/>.
- [SOCCI] SOCCI Framework Technical Standard. <http://www.opengroup.org/soa/source-book/socci/index.htm>.
- [BR12] Brewer, E.: CAP twelve years later: How the »Rules« have changed. Computer 45, 23–29 (2012).
- [GR12] Google Research: The Datacenter as a Computer. [research.google.com/pubs/pub35290.html](http://research.google.com/pubs/pub35290.html), eingesehen am 10. Aug. 2012.
- [BIT1] Leitfaden Big Data im Praxiseinsatz – Szenarien, Beispiele, Effekte. BITKOM-Publikationen – Leitfäden.
- [BIT2]. Leitfaden Service-orientierte Architekturen. <http://www.soa-know-how.de/home>.
- [BIT3]. Leitfaden Appliances – Optimierte Lösungen in einer Service-orientierten Umgebung. <http://www.soa-know-how.de/home>.
- [BMW] Sichere Internet-Dienste – Sicheres Cloud-Computing für Mittelstand und öffentlichen Sektor (Trusted Cloud), Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). <http://www.bmwi.de/DE/Service/Wettbewerb/Archiv/trusted-cloud.html>.
- [ODCA] Jan Drake, Arun Jacob, Nigel Simpson, Scott Thompson, Open Data Center Alliance: Developing Cloud-Capable Applications. White Paper.
- [CU12] Jerry Cuomo, An Engaging Enterprise Design, Impact 2012 und YouTube ([http://www.youtube.com/watch?v=oVrFGg\\_Zebo](http://www.youtube.com/watch?v=oVrFGg_Zebo)).
- [GOO1] Spanner: Google’s Globally-Distributed Database. <http://research.google.com/archive/spanner.html>. Aufgerufen am 11.10.12.
- [GOO2] Jeffrey Dean and Sanjay Ghemawat: Map Reduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. Google Research Paper.
- [HADO] Hadoop Map/Reduce Tutorial. [http://hadoop.apache.org/docs/ro.20.2/mapred\\_tutorial.html](http://hadoop.apache.org/docs/ro.20.2/mapred_tutorial.html). Zuletzt aufgerufen 31-10-2012.
- [OASI] OASIS Identity in the Cloud TC. [https://www.oasis-open.org/committees/tc\\_home.php?wg\\_abbrev=id-cloud](https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=id-cloud).
- [CS11] Cloud Security Alliance: Whitepaper Security Guidance for Critical Areas of Focus in Cloud Computing V3.0, (2011). <https://cloudsecurityalliance.org/guidance/csaguide.v3.0.pdf>.
- [TO11] The Security for the Cloud & SOA Project of The Open Group Cloud Computing Work Group: Security Principles for Cloud and SOA. A White Paper. December 2011.

# 9 Nutzenkette und Nachhaltigkeit

## ■ 9.1 Einleitung

Aufgabe dieses Kapitels soll sein, aus öffentlich einsehbaren Quellen quantitative Messergebnisse und qualitative Fakten zusammentragen und zu einer Kosten-Nutzen-Analyse der Softwarearchitekturen der Cloud einzeln und in Summe zusammenzustellen.

### Daten für eine Nachhaltigkeitsanalyse

Eine geplante Darstellung des Beitrages der Softwarearchitekturen der Cloud zur Nachhaltigkeit musste mangels verfügbarer Daten aufgegeben werden. Selbst in den Bilanzen großer Internetunternehmen fehlen Umweltbilanzen oder Nachhaltigkeitsberichte.

### Daten für eine Kosten-Nutzen-Analyse

Präzise quantitative und begründete qualitative Daten und Fakten sind die notwendige Grundlage jedes Technologievergleiches und jeder Investitionsentscheidung. Obwohl der Nutzen von Cloud-Computing in vielen Veröffentlichungen ausführlich diskutiert und beschrieben wird, dominieren rein qualitative Nutzenargumente aus Sicht des Nutzers. Eine umfangreiche Recherche in allen öffentlich zugänglichen Medien erbrachte folgende Ergebnisse:

- Wenige technische Messdaten, die wegen fehlendem Maßstandard nur eingeschränkt als Vergleichsbasis nutzbar sind.
- Aussagen in Prozentangaben oder Relativwerten, die ohne präzise Nennung der Basiswerte nicht vergleichbar sind.
- Einzelne Daten zu einzelnen Faktoren, die für eine komplette Kosten-Nutzen-Analyse nicht ausreichen.

Eine Vielfalt qualitativer Aussagen, die wegen nicht nachprüfbarer Grundlagen als Meinungen eingestuft werden müssen.

### Nutzenbetrachtung auf Basis des Marktpreises

Für Nutzer von Cloud-Computing mag vordergründig das individuelle Preis-Leistungsangebot des Anbieters alle wirtschaftlichen Faktoren entscheidungsrelevant zusammenfassen.

Bei Entscheidungen mit längerem Zeithorizont sollte bedacht werden:

- Nur ein echter technischer Fortschritt und damit verbundener wirtschaftlicher Vorteil ermöglicht es dem Cloud-Anbieter, dem Kunden langfristig ein besseres Preis-Leistungsverhältnis als die eigene IT anzubieten, dauerhaft Gewinn zu erzielen und somit das Angebot über längere Zeiträume aufrecht zu erhalten.
- Eine Aufrüstung der eigenen IT mit den neuen Softwarearchitekturen kann langfristig eine prüfungswerte Alternative darstellen.

Fazit: Ein Preisvergleich kann eine vertiefte Analyse der Kosten-Nutzen-Situation nicht ersetzen. Kein Hersteller wird auf Dauer kurzzeitig eingesetzte Lockpreise finanzieren können oder seine Preisbildung offenlegen.

### Veränderte Zielsetzung des Kapitels

In der weiteren Vorgehensweise soll aus dem gesichteten und verfügbaren Material zusammengestellt werden:

- Ein Überblick über Stand der Nutzen-Diskussion der Cloud aus Anwendersicht
- Gesamt-Kosten-Nutzenanalyse für Softwarearchitekturen in einer kompletten Cloud
- Kosten-Nutzen-Argumente für einzelne ausgewählte Software-Techniken für die genügend Daten vorliegen.



## ■ 9.2 Kosten-Nutzen-Betrachtung der Softwarearchitekturen des Cloud-Computing

### 9.2.1 Überblick über Stand der Nutzen-Diskussion der Cloud aus Anwendersicht

Als Ziel von Cloud-Computing wird einstimmig genannt, einen einfachen, vom Benutzer selbst zu gestaltenden, beliebig skalierbaren Zugang zu IT-Infrastruktur und Anwendungen zu ermöglichen. Ziele sowie Nutzen der Cloud werden aus Sicht des Nutzers definiert. Neuere Diskussionen betonen die Vorteile der Flexibilität in der Technologie- und Anwendungswahl aus Sicht des Unternehmens. Die OpenDataCenterAlliance (ODCA) nennt folgende Gründe für Cloud-Computing:

»Benefits of Cloud-Computing:

The goal of cloud computing is to provide easy, scalable access to computer resources and services. The potential benefits for enterprise adoption of cloud services are huge and include:

- decreased infrastructure costs
- reduced time to market
- flexibility in infrastructure investments beyond today's virtualization solutions
- ability to rapidly adopt and apply game-changing technologies
- enhanced partnering opportunities due to increased business interoperability
- full compatibility with the trend away from PCs to portable and purpose-specific devices.«

Die klassische Diskussion der Nutzensvorteile von Services aus der Cloud gegenüber Services aus einer bestehenden IT im Eigenbetrieb konzentriert sich auf folgende Argumente:

- Kostenersparnis
- Skalierbarkeit
- Zukunftssicherheit
- Verfügbarkeit
- Elastizität
- Nachhaltigkeit
- Sicherheit
- Ortsunabhängigkeit
- Einfachheit
- Coolness

Risiken der Cloud werden im Wesentlichen im Bereich Sicherheit gesehen. Viele wirtschaftliche Fragen des Einsatzes von Cloud-Services aus Sicht des Nutzers sind noch unbeantwortet, hier eine Auswahl:

- Kosten-Nutzen-Betrachtung für den Wechsel des Cloud-Anbieters;
- Kosten der Integration der Cloud-Services in die bestehende IT-Landschaft im Verhältnis zum Nutzen;
- ROI-Nachkalkulation der realen anfallenden Kosten durch die Nutzung von Cloud-Service im Vergleich mit den geplanten Kosten und möglichen Kosten alternativer Lösungen;
- Kosten der Qualitäts- und Sicherheitsüberwachung der Cloud-Services und des Cloud-Anbieters;
- Kosten von Risiko-Vorsorge und -Rückstellungen.

Für ein vertiefendes Studium sei auf den BITKOM-Leitfaden »Cloud Computing« verwiesen.

## 9.2.2 Gesamt-Kosten-Nutzenanalyse für Softwarearchitekturen in einer kompletten Cloud-Implementierung

Viele Beiträge zum Thema Nutzen der Cloud enthalten Schätzungen, deren Berechnung und Begründung aus den Artikeln nicht erkennbar oder nachvollziehbar sind. Die Einsparungen bei Nutzung der Softwarearchitekturen des Cloud-Computing in einem Cloudangebot für Kunden werden in einem Bereich von 30 % bis 60 % gesehen. Es bleibt offen, welches Angebot aus der Cloud konkret mit welcher Art und Modernität von kundeneigener IT verglichen werden. Eine aus unserer Sicht fundierte Gesamt-Kosten-Nutzen-Analyse wird in einem Forschungsbericht der Universität Berkeley vorgelegt. Die Universität Berkeley in Kalifornien betrieb 2009 konventionelle Rechenzentren und ein Cloud-Testrechenzentrum, deren Kosten in einer Studie analysiert und verglichen wurden. Auf Basis dieses Vergleichs schätzte Berkeley unter Berücksichtigung aller Skalenfaktoren den Gesamt-Kostenvorteil eines großen Cloud-Rechenzentrums auf einen Faktor 5 bis 7. Wegen der Wichtigkeit dieser Aussage soll die Studie im Original zitiert werden.

Zitat: »We argue that the construction and operation of extremely large-scale, commodity-computer datacenters at low-cost locations was the key necessary enabler of cloud computing, for they uncovered the factors of 5 to 7 decrease in cost of electricity, network bandwidth, operations, software, and hardware available at these very large economies of scale. These factors, combined with statistical multiplexing to increase utilization compared to a private cloud, meant that cloud computing could offer services below the costs of a medium-sized datacenter and yet still make a good profit.« – Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing. Abgerufen am 8. August 2011 [AR09].

Die Einführung von Cloud-Computing wird mit der Industrialisierung der Automobil-Industrie durch Henry Ford vor 104 Jahren verglichen. In der Tat ergeben sich interessante Parallelen. Im Exkurs »Verfahren zum Vergleich technischer Architekturen« wird auf Ford als Beispiel eingegangen.

Wie seinerzeit die industrielle Fertigung von Automobilen, so wurde Cloud-Computing als industrieller Gesamtprozess entworfen.

Die Softwarearchitekturen der Cloud wurden von Internetunternehmen geschaffen, um große, ausfallsichere, massiv-parallele Rechenzentren zu ermöglichen, die einfache Services in großer Menge zu denkbar niedrigsten Kosten produzieren sollten. Die Softwarearchitekturen wurden entwickelt, weil die verfügbaren Architekturen diesen Anforderungen nicht genügten. Ab einer bestimmten Größenordnung an parallelen Servern, Nutzern und Daten sind die Softwarearchitekturen der Cloud der einzige heute bekannte Lösungsweg. Die Software ist integrierter Teil eines hochoptimierten Gesamtsystems, in dem die Produktionsprozesse radikal vereinfacht und automatisiert, die Produkte standardisiert und auf die Produktionsplattform hin optimiert wurden. Solche Gesamtsysteme werden durch bekannte Megarechenzentren von Internetfirmen repräsentiert, deren Baukosten mit 250 Mill. USD angegeben werden und in denen zwischen 100.000 bis 400.000 Server implementiert sind. Der von Berkeley genannte Produktivitätsvorsprung bezieht sich auf diese Art von Megarechenzentren.

## 9.2.3 Kosten-Nutzen-Analyse einzelner Software-Komponenten aus dem Cloud-Computing

### Serviceorientierte Architekturen (SOA)

SOA ermöglicht durch eine in Komponenten strukturierte, standardisierte, lose gekoppelte Anwendungsarchitektur, die Komponenten an die Anforderungen des Geschäftes anzupassen oder auszutauschen. SOA stellt eine Alternative zu anderen Architekturen dar. Um Services aus der Cloud in eine bestehende lokal implementierte Anwendungsarchitektur flexibel und austauschbar zu integrieren, muss die bestehende Anwendungsarchitektur aus austauschbaren, losen über Standardschnittstellen gekoppelten Komponenten aufgebaut sein. Die Nutzung von Cloud-Services im Verbund mit eigenen Anwendungen ist ohne diese klaren Schnittstellen und normierten Komponenten-Kopplungen einer SOA nicht wirtschaftlich

und funktionssicher denkbar. Spiegelbildlich gilt das für den Aufbau der Services in der Cloud. Jede Kombination von Services aus dem Serviceangebot eines oder verschiedener Cloud-Anbieter ist nur auf der Grundlage einer klar strukturierten serviceorientierten Architektur miteinander in eine Gesamtanwendungsarchitektur integrierbar und damit überhaupt erst sinnvoll einsetzbar. Die Gestaltung der Anwendungsarchitektur nach den Prinzipien von SOA ist damit eine notwendige und grundlegende Voraussetzung:

- für die Nutzung von Anwendungsservices aus der Cloud zusammen mit eigenen Anwendungsservices;
- für die Gestaltung von Anwendungsservices, die in der Cloud angeboten werden sollen.

Kurzum: SOA ist die Anwendungsarchitektur der Cloud. Eine weiterführende, detaillierte Diskussion des Nutzens von SOA ist Teil des BITKOM-Leitfaden »SOA«.

### Big Data

Die Bezeichnung No-SQL für diesen Typ Datenbank ist ebenso populär wie sachlich falsch, da die Datenzugriffssprache SQL sowohl für RDB wie Big Data einsetzbar ist. Big Data ist ein neuartiger Typ Datenbank, der sich durch konstruktiv bedingte Eigenschaften deutlich von den bekannten relationalen Datenbanken (RDB) unterscheidet:

- Daten werden mit Hilfe eines Indexes transparent organisiert;
- grenzenlos skalierbar, unterstützt parallele Hardwarearchitekturen;
- schnelle Skalierung durch automatische Erweiterung um weitere Server;
- »fault-tolerant« durch Mehrfachkopien von Daten und Index;
- Wartung im laufenden Betrieb;

- hohe Verfügbarkeit;
- besonders für nicht-strukturierte Daten geeignet;
- Grundlage für sehr schnelle analytische bzw. semantische Auswertungen der Daten;
- Index und Daten getrennt speicherbar;
- Beschleunigung Datenzugriff/Auswertungen durch Speicherung von Teilen der Daten oder des Indexes im Hauptspeicher.

Diese Eigenschaften werden durch Testergebnisse belegt. Ein Forschungsteam der Firma Yahoo verglich eine RDB mit Datenbanken von Typ Big Data unter verschiedenen Lastprofilen unter normierten Testbedingungen [CS10].

Ergänzend dazu ein Test verschiedener Big-Data-Datenbanken der Universität Bukarest [CL10].

Zur Ausfallsicherheit liegen verschiedene Tests vor, unter anderem von Google über »Google Big Table«.

Nachteile von Big Data im Vergleich mit RDB:

- RDB bietet seit 30 Jahren bewährte und ausgereifte Technologie.
- RDB bietet erprobte Transaktionssicherheit.
- Bestehende Anwendungen müssen i. d. R. auf Big Data angepasst werden.
- Ersetzen des Updates durch Schreiben einer neuen Version der Daten.
- Reihenfolge des Dateneinganges durch Zeitstempel, den die Anwendungen verstehen müssen.
- Erfahrene Fachleute für Big Data sind noch knapp.

Als Fazit sei festgehalten:

- Entscheidungen zu Big Data werden durch die ausgeprägten Leistungsmerkmale eindeutig bestimmt.
- Unter den angebotenen unterschiedlichen Typen von Big-Data-Datenbanken bestehen erhebliche Leistungsunterschiede.
- Eine präzise Analyse in Hinblick auf den geplanten Einsatz ist zu empfehlen.
- Big Data kann in der Cloud oder ergänzend in bestehenden IT-Architekturen mit gleichem Nutzenpotential eingesetzt werden.

## In-Memory-Datenbanken

Unter dem Begriff In-Memory werden Datenbanken verstanden, die die aktuellen Daten ausschließlich im Hauptspeicher halten und herkömmliche Platten nur noch als Backup und zur Archivierung nutzen.

Die Zugriffszeiten zu den Daten im Vergleich zu den Kosten der Speicherung stellen die Basis für die Kosten-Nutzen-Analyse.

Action Time	
Main Memory Access	100 ns
Read 1 MB Sequentially from Memory	250,000 ns
Disk Seek	5,000,000 ns
Read 1 MB Sequentially from Disk	30,000,000 ns

Tabelle 1: »Access and Read Times for Disk and Main Memory«

Den Vorteilen in der Zugriffsgeschwindigkeit stehen Nachteile im Preis entgegen:

1 MB Speicherplatz auf DASD kostet 2010: 0,0001 USD,  
1 MB Hauptspeicher kostet 2010: 0,0100 USD.  
[PZ11]

Im Prinzip kann jeder Datenbanktyp Hauptspeicher als Datenspeicher nutzen. Speziell auf die Eigenschaften von Hauptspeicher optimierte Datenbanken vom Typ Big Data, die als Appliances komplett mit der notwendigen Hardware angeboten werden, erreichen extrem hohe Performancewerte für ausgewählte Anwendungsfälle wie z. B. Datenauswertungen. Die Entwicklung der In-Memory-Datenbanken steht noch am Anfang. Die Wirtschaftlichkeit wird sich durch weiter sinkende Hauptspeicherpreise und bessere Algorithmen weiter verbessern. Wenn kurze Antwortzeiten von erheblichem Nutzen sind, können sich die hohen Investitionskosten rechnen.

## Automatisierte Betriebskonzepte

Die Rechenzentren der großen Internet- und Cloudanbieter haben hochautomatisierte und optimierte Betriebskonzepte implementiert, die es erlauben mit einer kleinen Bedienmannschaft einen 24-x-7-Betrieb durchzuführen.

Der Bericht »The Datacenter as a Computer« von Google Research [GR12] beschreibt dieses Konzept anschaulich.

Die Angaben zur Anzahl der insgesamt Beschäftigten pro Rechenzentrum schwanken zwischen 80 und 150 Mitarbeiter. Für einen 4–5-Schichtbetrieb ergeben sich so für Wartung, Betrieb, Sicherheit Teams 20–30 Mitarbeitern, von denen jeder im Schnitt zwischen 5.000 und 20.000 Server betreut. Dazu werden durch die Automatisierung menschliche Wartungsfehler weitestgehend vermieden, die Zahl der damit verbundenen Ausfälle sinkt. Uns liegt ein Fallbeispiel vor:

Aus dem automatisierten Betriebskonzept der Cloud wurde ein Kernkonzept isoliert und unter dem Namen »Workload Deployer« allgemein verfügbar gemacht. Der Lebenszyklus von Anwendungen wird so voreinstellbar für Betrieb und Wartung automatisiert.

## Bedienkonzepte

Die Anbieter von Services aus der Cloud haben neuartige, einfach zu bedienende, intuitiv zu erlernenden Bedienkonzepte entwickelt. Die rasch steigende Akzeptanz und

Anzahl von Smartphones und Tablets zeigen die Beliebtheit dieser Bedienkonzepte bei den Nutzern.

Zur Bestimmung des Nutzens dieser Bedienkonzepte haben wir eine Umfrage bei Kollegen durchgeführt, die alte und neue Bedienkonzepte parallel verwenden. Eindeutige Einschätzung ist, dass sie durch die Anwendung der neuen Bedienkonzepte pro Tag mindestens 5 Minuten Zeit gespart würden. Bei 210 Arbeitstagen pro Jahr ergeben sich so mindestens Einsparungen von 17,5 Stunden pro Mitarbeiter, entsprechend 875 Euro bei durchschnittlichen Arbeitskosten von 70 Euro/Stunde für Wissensarbeiter. Dazu sind die Wettbewerbsvorteile im Dialog mit Kunden, Partnern und Lieferanten zu addieren. Wir sehen in einem nutzerfreundlichen Bedienkonzept eines der wichtigsten Kosten-Nutzen-Potentiale der Softwarearchitekturen des Cloud-Computing.

## Standardisierung

Der Kosten-Nutzen-Vorteil der Cloud-Rechenzentren beruht zu einem Teil auf einer hohen Standardisierung aller Komponenten. Um in der IT eine industrielle Kostenstruktur zu etablieren, ist eine entsprechende Standardisierung Voraussetzung.

## ■ 9.3 Ausblick auf vorhersehbare Entwicklung

Es ist zu beobachten, dass Softwaretechniken aus der Cloud schrittweise in das Angebot der Hersteller hineinwachsen und Kunden ihre Client-Server-Architekturen mit Softwaretechniken und Services aus der Cloud ergänzen. Auf diesem Wege ist die Veränderung reiner Client-Server-Rechenzentren zu Cloud-Rechenzentren über eine Vielfalt von Mischformen der Implementierungen im Gang. Für den Aufbau von Private Clouds werden vorkonfigurierte, paketierte Softwarearchitekturen des Cloud-Computing vermehrt als Gesamt-Bausteine angeboten und eingesetzt. Beide Entwicklungen werden über die Zeit bewirken, dass sich der von Berkeley benannte Kostenvorteil des Cloud-Computing verringern wird. Andererseits wird der Wettbewerbsdruck des Internets eine weitere

Industrialisierung und Optimierung der Cloud-Großrechenzentren vorantreiben, so dass im Zusammenspiel mit dem »Scale of Economics« für absehbare Zeit ein deutlicher Kosten-Nutzen-Vorteil bestehen bleiben wird. Große Firmen werden daher aus Kostengründen den Aufbau eigener oder mit Partnern gemeinsam betriebener großer Cloud-Rechenzentren in Erwägung ziehen.

## ■ 9.4 Exkurs – Verfahren zum Vergleich technischer Architekturen

### 9.4.1 Technische Input-Output-Analyse

Die klassische Vorgehensweise unterschiedliche technische Architekturen zu vergleichen, ist eine technische Input-Output-Analyse, die dann durch eine Bewertung des Input sowohl als auch des Outputs mit ökonomischen Faktoren die Basis für eine betriebswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse bildet.

Ein Beispiel soll diese Vorgehensweise erläutern:

PKW-Motoren sind durch standardisierte Messverfahren wie Verbrauch pro 100 km und Leistungsabgabe in PS/kW europaweit technisch eindeutig vergleichbar. Es besteht somit eine Vergleichsbasis für unterschiedliche Produkte und unterschiedliche Architekturen wie Benzin, Diesel, aufgeladene Motoren, E-Motor usw. Der Maßstab technischer Verbesserungen ist eine Verbesserung des Input-Output-Verhältnis.

In diesem Beispiel wäre also ein verringerter Input an Energie bei gleicher oder besserer mechanischer Leistung ein Maßstab für einen besseren Motorenarchitektur, der generell gültig ist. Die Bewertung der technischen Werte mit Preisen für Energie ergibt die Basis für einen ökonomischen Vergleich der Motorenarchitekturen, der durch lokal unterschiedliche Energiepreise und ergänzende Kosten wie Steuern zu einer lokal abweichenden Bewertung führen kann.

## 9.4.2 Betriebswirtschaftliche Gesamt-Kosten-Nutzen-Analyse

Die betriebswirtschaftliche Gesamt-Kosten-Nutzen-Analyse betrachtet sämtliche mit einem Prozess verbundenen Kosten in Relation zum Output. Damit lassen sich zusätzlich zum Einsatz von natürlichen Ressourcen die Effekte einer industriellen Organisation messen. In der Regel gelten betriebsinterne Kostenstrukturen als Betriebsgeheimnis, so dass eine Analyse von außen erschwert ist.

Ein Beispiel soll diese Vorgehensweise erläutern:

Als Henri Ford das Ford-Model T 1908 in den amerikanischen Markt einführte, unterbot er den Preis vergleichbarer Automobile um den Faktor 4 bis 5 und erwirtschaftete dabei dauerhaft hohe Gewinne. Ein Ford-T-Model enthielt weder weniger Rohstoffe als vergleichbare Autos, noch kann es als technisch revolutionär bezeichnet werden. Erstmals waren Produkt und Produktionsverfahren gemeinsam entwickelt und aufeinander optimiert worden. Der von Ford entwickelte industrielle Prozess produzierte ein handelsübliches Auto bei Betrachtung aller einfließenden Kosten um den Faktor 5 bis 6 preiswerter als alle bis dahin angewandten Verfahren. Die Prozesse wurden weiter optimiert, so dass Ford mehrfach die Preise senken konnte. Ford warb mit seiner innovativen Fließbandfertigung, verschwieg aber seinen zahlreichen Besuchern, dass eine Fließbandfertigung nur optimale Ergebnisse bringt, wenn das Produkt für die Fließbandfertigung optimiert konstruiert wurde und eine hohe gleichmäßige Auslastung der Fertigungsstraßen gewährleistet ist. Um dies zu erreichen, baute Ford Autos ohne Kundenauftrag auf Lager und sorgte über den günstigen Preis und ein innovatives Händlersystem für ausreichend Nachfrage. Die betriebswirtschaftliche Analyse brauchte relative lange Zeit, um diese Effekte in ihrem komplexen technischen/betriebswirtschaftlichen Zusammenspiel zu verstehen. Einzelne Elemente der Fertigungstechniken von Ford diffundierten über die Zeit in die weltweite Fertigungsindustrie und bewährten sich, ohne jedoch die Produktivitätslücke zum Original schließen zu können. Die erste entsprechende europäische Initiative wurde erst rund 25 Jahre später unter dem Namen Volkswagen ins

Leben gerufen. Nach weiteren 39 Jahren überholte sie das Original.

Auch wenn heute die Methoden der Gesamt-Kosten-Nutzenbetrachtung erheblich besser, schneller und präziser geworden sind, ist die Analyse eines kompletten Produktions- und Absatzprozesses immer noch komplex und zeitaufwendig.

## Literatur

[CS10]. Brian F. Cooper, Adam Silberstein, Erwin Tam, Raghu Ramakrishnan, Russell; Benchmarking Cloud Serving Systems with YCSB.; Sears Yahoo! Research, Santa Clara, CA, USA.

{cooperb,silberst,etam,ramakris,sears}@yahoo-inc.com von 2010.

[CL10]. Dorin Carstoiu, Elena Lepadatu, Mihai Gaspar: Hbase – non SQL Database, Performances Evaluation.

»Politehnica« University of Bucharest, dorin.carstoiu@yahoo.com, lepadatu.elena@gmail.com, gaspar.mihai@yahoo.com von 2010.  
doi:10.4156/ijact.vol2.issue5.4.

[PZ11] Hasso Plattner, Alexander Zeier – In Memory Data-management, Springer, 2011.

[GR12] Google Research; The Datacenter as a Computer, research.google.com/pubs/pub35290.html, eingesehen am 10. Aug. 2012.

[AR09] Michael Armbrust, et al: Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing. UC Berkeley Reliable Adaptive Distributed Systems Laboratory. <http://radlab.cs.berkeley.edu/>, February 10, 2009.

## 10 Ausblick

Wir versprochen zum »Pudels Kern« vorzudringen, der Technik der Software in der Cloud. Dieser Leitfaden spiegelt den Stand Ende Oktober 2012 wieder. Es stellt sich die Frage, ob wir des Pudels Kern offenlegen konnten. Während der Erstellung dieses Leitfadens hat sich die Entwicklungsgeschwindigkeit der Softwarearchitekturen und deren Implementierungen in der Cloud anscheinend noch beschleunigt, neue Techniken tauchten auf, die nur teilweise in der zur Verfügung stehenden Zeit in den Leitfaden eingearbeitet werden konnten und in einer zukünftigen Version eingefügt werden. Alle Anzeichen deuten darauf hin, dass sich diese Innovations- und Veränderungsgeschwindigkeit in Zukunft fortsetzen wird und die Softwarearchitekturen in der Cloud eine weitere dynamisch Fortentwicklung nehmen werden. Angesichts dieses raschen Wandels sind statische Erkenntnisse über des Pudels Kern nicht wirklich als endgültig und sicher einzustufen. Solange die Rahmenbedingungen des Internets und der Internetökonomie, wie sie im Kapitel 2 dargestellt wurden, gelten, wird die dynamische, innovative Entwicklung weitergehen. Wer nicht innoviert, wer sich nicht differenziert, der fällt im Wettbewerb zurück. Das Internet und die durch das Internet erschlossenen Märkte selber wachsen noch. Das hohe Risiko durch den intensiven Wettbewerb wird aufgewogen durch die Marktchancen für innovative Produkte, die Größe der Märkte und das erwartete Wachstum. Diese Marktchancen locken und werden weiterhin weitere Investitionen anlocken, die die Intensität des Wettbewerbs eher noch steigern.

Solange Menschen und Firmen um einen Platz im Internet und im Cloud-Markt kämpfen, wird diese Ökonomie keinen Stillstand zulassen. Jede Cloud wird sich um Wettbewerbsfähigkeit bemühen müssen, die Software in der Cloud muss dies durch Innovation unterstützen. Von der Cloud aus wird die Innovation dann andere Bereiche der Informationstechnik beeinflussen. Der rastlose Wettbewerb der Internetökonomie, der zu immer neuen Innovationen führt, das erscheint am Ende der eigentliche, der stabile, der wahre Kern des Pudels zu sein. Wir vermuten, dass diese Konstellation auch in Zukunft noch für einige faustische Überraschungen sorgen wird.



# Danksagung

Besonderer Dank gilt dem BITKOM-Arbeitskreis *Software Architektur*, insbesondere den Autoren des Leitfadens.

## Kapitel 0

Übersicht und Lesehilfe

Oliver F. Nandico, Capgemini Deutschland GmbH

## Kapitel 1

Einleitung

Friedrich Vollmar, IBM Deutschland GmbH

## Kapitel 2

Entstehungsgeschichte der Software in der Cloud

Friedrich Vollmar, IBM Deutschland GmbH

## Kapitel 3

Cloud-Computing-Referenzarchitektur/-Modell (CCRA/CCRM)

Axel Grosse, Vordel Ltd.

Andrew Doble, CSC

Jan Bernhard de Meer, smartspacelab.eu Berlin GmbH

Dr. Markus Kress, Cirquent GmbH

Andreas Hausotter, FH Hannover

Reinhard Staroste, TUI Info Tec GmbH

Felix Ott, DATEV eG

## Kapitel 4

Was bedeutet Cloud-Readiness?

Oliver F. Nandico, Capgemini Deutschland GmbH

Frank Frey, Infosys Ltd.



Kapitel 5  
Integration

Felix Ott, DATEV eG  
Peter Kriegesmann, Software AG  
Axel Grosse, Vordel Ltd.  
Jan Bernhard de Meer, smartspacelab.eu Berlin GmbH  
Dr. Markus Kress, Cirquent GmbH  
Andreas Hausotter, FH Hannover

Kapitel 6  
Anbieterwechsel

Jörn Siedentopf, Hochschule Hannover  
Christopher Gäth, Hochschule Hannover

Kapitel 7  
Geschäftsprozesse aus der Cloud

Dr. Holger K. von Jouanne-Diedrich, Atos IT Solutions and Services GmbH  
Frank Frey, Infosys Ltd.  
Prof. Dr.-Ing. Rainer Schmidt, Hochschule Aalen

Kapitel 8  
Technische Konzepte

Dr.-Ing. Klaus Krogmann, FZI Forschungszentrum Informatik  
Markus Kremer, Dipl.-Ing W. Bender GmbH & Co. KG  
Ralf Knobloch, Deutsche Post AG  
Dr. Siegfried Florek, IBM Deutschland GmbH  
Prof. Dr.-Ing. Rainer Schmidt, Hochschule Aalen

Kapitel 9  
Nutzenkette und Nachhaltigkeit

Friedrich Vollmar, IBM Deutschland GmbH und weitere

Kapitel 10  
Ausblick

Friedrich Vollmar, IBM Deutschland GmbH

Der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. vertritt mehr als 1.700 Unternehmen, davon über 1.200 Direktmitglieder mit etwa 135 Milliarden Euro Umsatz und 700.000 Beschäftigten. Hierzu gehören fast alle Global Player sowie 800 leistungsstarke Mittelständler und zahlreiche gründergeführte, kreative Unternehmen. Mitglieder sind Anbieter von Software und IT-Services, Telekommunikations- und Internetdiensten, Hersteller von Hardware und Consumer Electronics sowie Unternehmen der digitalen Medien und der Netzwirtschaft. Der BITKOM setzt sich insbesondere für eine Modernisierung des Bildungssystems, eine innovative Wirtschaftspolitik und eine zukunftsorientierte Netzpolitik ein.



Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e.V.

Albrechtstraße 10 A  
10117 Berlin-Mitte  
Tel.: 030.27576-0  
Fax: 030.27576-400  
bitkom@bitkom.org  
www.bitkom.org