

Cloud-Computing Referenzkontext

Zusammenfassung

Für die Beschreibung von Cloud-Dienstangeboten gibt es verschiedene Ansätze. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der Intention, der Art der Formulierung, sowie der Beschreibungsebene. Vor diesem Hintergrund werden in diesem Dokument verschiedene Ordnungsrahmen für Cloud-Computing diskutiert. Abschließend wird eine Synthese der vorliegenden Ordnungsrahmen ausgearbeitet. Dieser synthetisierte Referenzkontext kann als Grundlage für den Vergleich und die Bewertung von eigenen und fremden Cloud-Dienstangeboten dienen und umfasst die folgenden Teilmodelle:

Dienstarten, Bereitstellung, Ertragsmöglichkeiten, Integrationsvarianten, Sourcing-Optionen, Service-Level-Agreements, essentielle Eigenschaften von Cloud-Diensten, Reputation und Vermögen des betrachteten Unternehmens

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	2
2 Feature-basiertes Vorgehen.....	2
3 Betrachtete Referenzkontexte.....	3
3.1 Behörden und Verbände.....	3
3.1.1 NIST.....	3
3.1.2 BITKOM.....	5
3.1.3 Ergänzung: DIN.....	7
3.1.4 Ergänzung: The Open Group.....	7
3.2 Herstellerspezifische Referenzkontexte.....	7
3.2.1 VMware.....	7
3.2.2 ORACLE.....	8
3.2.3 IBM.....	9
3.2.4 Amazon Web Services.....	10
3.2.5 Microsoft.....	11
3.2.6 Google.....	13
3.2.7 Hewlett Packard.....	15
3.2.8 Ergänzung: Telecommunication Industry Association (TIA).....	16
3.3 Wissenschaftliche Kontexte.....	17
3.3.1 Garrison et al., 2012.....	17
3.3.2 Vossen et al., 2012.....	18
3.3.3 Vaquero et al., 2009.....	21
3.3.4 Tsai et al., 2010.....	22
3.3.5 Youseff et al., 2008.....	23
3.3.6 Torkashvan et al., 2012.....	23
4 Diskussion zu den einzelnen Kontexten.....	25
4.1 Herstellerunabhängige Referenzkontexte.....	25
4.2 Industrielle Referenzkontexte.....	26
4.3 Wissenschaftliche Referenzkontexte.....	27
5 Synthese.....	28

1 Einleitung

Cloud Computing bezeichnet ein umfassendes Konzept für die Bereitstellung von IT-Leistungen über das Internet. Der Begriff *Cloud* ist dabei eine Metapher für das Internet, das in Netzwerkdiagrammen graphisch häufig als Wolke dargestellt wird. Im Grunde geht es um die Realisierung von Internetdiensten als Versorgungsgut. Ähnlich wie Wasser, Strom und Telefondienste sollen Internetdienste jederzeit erreichbar sein, eine verlässliche Qualität haben und ihre Nutzung möglichst differenziert abgerechnet werden. Für die Beschreibung von Cloud-Dienstangeboten gibt es verschiedene Ansätze. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der Intention, der Art der Formulierung sowie der Beschreibungsebene:

- Es existieren diverse, von verschiedenen Organisationen aufgestellte Ordnungsrahmen und Referenzarchitekturen zur Beschreibung von Cloud-Dienstangeboten. Deren Intentionen unterscheiden sich voneinander oder sind häufig unklar. Insbesondere bleibt häufig offen, ob ein Ordnungsrahmen eine Marktprägung vornehmen soll oder ob eine objektive Einordnung des aktuellen Marktes vorliegt.
- Existierende Ordnungsrahmen sind auf verschiedene Art und Weise formuliert. Als Mittel der Beschreibung sind uns z.B. Taxonomien, Blockdiagramme, Ontologien, informelle Diagramme, Listen und Fließtexte begegnet.
- In der Beschreibung wird, gerade bei industriellen Referenzkontexten, nicht deutlich, ob lediglich das eigene Dienstangebot beschrieben wird oder ob eine allgemeine Beschreibung von beliebigen Cloud-Dienstangeboten vorgenommen werden soll.

Vor diesem Hintergrund werden in den nachfolgenden Abschnitten verschiedene Ordnungsrahmen und Referenzarchitekturen für Cloud-Computing vorgestellt und darauf folgend diskutiert. Dabei fassen wir die einzelnen Ordnungsrahmen und Referenzarchitekturen unter der Bezeichnung „Referenzkontext“ zusammen. Abschließend wird eine Synthese der vorliegenden Referenzkontexte herausgearbeitet. Ziel dieser Synthese ist es, einen allgemeinen Referenzkontext zu identifizieren, der es Unternehmen ermöglicht, sowohl ihr eigenes Dienstangebot zu beschreiben als auch das Dienstangebot eines Anbieters beschreiben zu können. Der synthetisierte Referenzkontext soll damit die Grundlage der Vergleichbarkeit und Bewertbarkeit von eigenen und fremden Cloud-Dienstangeboten bereitstellen.

2 Feature-basiertes Vorgehen

Als Beschreibungsmittel für die betrachteten Referenzkontexte wurden Featuremodelle gewählt [2]. Diese sind übersichtlich und bieten eine ähnliche Darstellung wie Mindmaps, was zur Zugänglichkeit beiträgt. Dennoch sind sie ausreichend formell und fachlich validierbar. Sie erlauben beispielsweise die Modellierung gegenseitiger Ausschlüsse, Mehrfachauswahlen, sowie optionaler und zwingend erforderlicher Features. Für die Strukturierung eines komplexen Themenfeldes sind sie insbesondere deshalb geeignet, weil sie keine Ordnung vorwegnehmen. Anders als beispielsweise in Tabellen mit vorab zu wählenden Spalten- und Zeilennamen, können in Featuremodellen auch zunächst unvollständige Konzeptwelten modelliert werden [2].

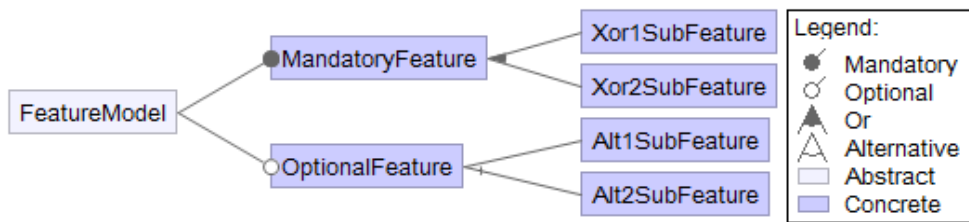


Abbildung 1: Beispiel Featuremodell

Abbildung 1 zeigt die beispielhafte Darstellung eines Featuremodells. Zu sehen ist das Wurzelement des Featuremodells „FeatureModel“, welches ein zwingend notwendiges und ein optionales Feature besitzt. Diese beiden Features teilen sich wiederum in (Sub-)Features auf, welche hier jeweils durch ein exklusives und durch ein alternatives Oder aggregiert sind. Features, die nicht explizit diskutiert werden, aber implizit vorhanden sind, können in Featuremodellen als abstraktes Feature dargestellt werden. Als Beispiel ist in Abbildung 1 das Wurzelement als abstraktes Feature dargestellt. Featuremodelle erlauben darüber hinaus eine beliebige Tiefe der Darstellung. Diese sollte jedoch zur Lesbarkeit freiwillig eingeschränkt werden.

3 Betrachtete Referenzkontexte

In diesem Abschnitt werden die betrachteten Referenzkontexte beschrieben. Dabei wird zwischen von Behörden und Verbänden formulierten Referenzkontexten und Referenzkontexten aus dem industriellen und dem wissenschaftlichen Umfeld unterschieden.

3.1 Behörden und Verbände

In diesem Abschnitt werden Ansätze von behördlicher oder verbandsgetragener Seite präsentiert, die herstellerunabhängige Referenzkontexte definieren.

3.1.1 NIST

Der Referenzkontext des National Institute of Technology (NIST) wird von vielen internationalen und nationalen Firmen und Einrichtungen, die einen eigenen Referenzkontext entwickeln, als Grundlage betrachtet.

Das National Institute of Technology (NIST) ist eine Bundesbehörde in den USA mit der Aufgabe Standardisierungsprozesse durchzuführen. Das Information Technology Laboratory (ITL), welches zum NIST gehört, hat eine herstellerunabhängige Referenzarchitektur für Cloud Computing erarbeitet [9]. Der Referenzarchitektur liegt die ebenfalls vom NIST erstellte Definition von Cloud Computing zugrunde:

“Cloud computing is a model for enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (e.g., networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction. This cloud model promotes availability and is composed of five essential characteristics, three service models, and four deployment models.” [11]

Die Autoren der NIST-Referenzarchitektur verzichten bewusst darauf, konkrete Technologien vorwegzunehmen, um verschiedenen Herstellern und Anbietern die Möglichkeit zu geben, die vorgestellte Referenzarchitektur nach eigenen Vorstellungen umzusetzen. Abbildung 2 stellt die NIST-Referenzarchitektur als Featuremodell dar. Das Featuremodell entspricht dabei der vom NIST definierten Taxonomie mit ihren vier Ebenen Rollen (Roles), Aktivitäten (Activities), Aufgaben (Components) und Teilaufgaben (Sub Components) [9].

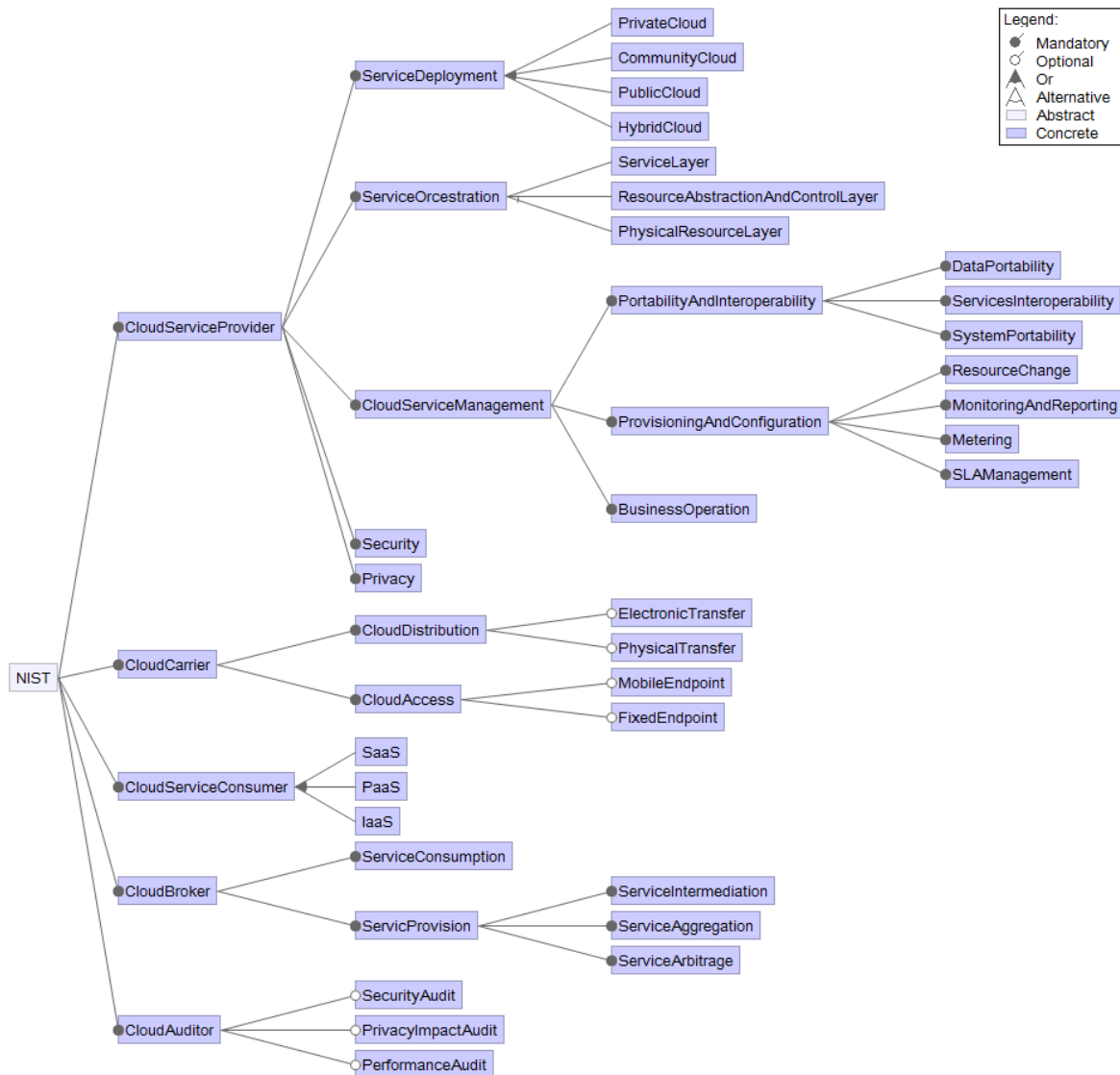


Abbildung 2: Featuremodell der NIST

Die berücksichtigten Rollen sind Cloud Service Consumer, Cloud Service Provider, Cloud Broker, Cloud Auditor und Cloud Carrier. Cloud Service Consumer repräsentieren dabei Einzelpersonen oder Unternehmen, welche Dienste in Anspruch nehmen, die durch einen Cloud Service Provider zur Verfügung gestellt werden. Ein Cloud Broker agiert als Zwischenhändler oder Wiederverkäufer zwischen dem Cloud Service Consumer und dem Cloud Service Provider. Seine Rolle geht über die reine Aggregation der beiden Rollen Cloud Service Consumer und dem Cloud Service Provider hinaus, was an den drei ihm zusätzlich zugeordneten Aktivitäten, nämlich der Anreicherung bestehender Dienste um zusätzliche Mehrwerte (bezeichnet mit Service Intermediation), der Aggregation mehrerer Dienste sowie der eigentlichen Broker-Tätigkeit, der flexiblen Auswahl von Diensten von mehreren Anbietern (bezeichnet mit Service Arbitrage), zu erkennen ist. Der Cloud Auditor repräsentiert staatliche oder unabhängige Stellen, welche die Güte der angebotenen Produkte überwachen. Der Cloud Carrier ist für die Übertragung der durch die Dienste erzeugten Daten verantwortlich [10]. Aus Sicht des NIST gibt es drei Arten von Services, die durch einen Cloud Service Provider bereitgestellt werden können. Dies sind Software-as-a-Service (SaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) und

Infrastructure-as-a-Service. Die Arten sind dabei in der NIST-Taxonomie unter dem Cloud Service Consumer auf Ebene der Aktivitäten verortet [9]. Im Fall von SaaS stellt der Cloud Service Provider eine fertig konfigurierte Software bereit, die auf seiner Infrastruktur betrieben wird. Im Falle von PaaS stellt der Cloud Service Provider eine komplette Ausführungsumgebung bereit, die spezifische Software ausführen kann. Ergänzend kann der Provider auch Möglichkeiten zur Verfügung stellen, Software speziell für die angebotene Umgebung zu entwickeln. Als weitere Möglichkeit kann IaaS angeboten werden. In diesem Fall nutzt der Cloud Service Consumer die Hardware-Ressourcen des Cloud Service Providers für grundlegende Dienste wie etwa zur Speicherung oder Berechnung von Daten und kann durch eine vom Cloud Service Provider bereit gestellte Software-Lösung über diese Dienste verfügen.

Laut NIST hat ein Cloud Service Provider vier Optionen für die Aktivität Service Deployment, nämlich den Betrieb als Private Cloud, Community Cloud, Public Cloud oder Hybrid Cloud. In einer Public Cloud werden Infrastruktur und Services über ein öffentliches Netz einer breiten Öffentlichkeit verfügbar gemacht. Im Gegensatz dazu steht die Private Cloud. In diesem Fall bekommt ein Cloud Service Consumer exklusiven Zugriff auf die bereitgestellten Ressourcen. Hierbei kann wiederum unterschieden werden, ob die Infrastruktur für den Betrieb der Cloud bei dem Cloud Service Consumer vor Ort (on-site) oder beim Cloud Service Provider betrieben wird (off-site). In einer Community Cloud bekommt eine Gruppe von Cloud Service Consumers Zugriff auf gemeinsame Ressourcen oder Dienste. Üblicherweise verfolgen die einzelnen Mitglieder der Nutzergruppe ähnliche Interessen, wie z.B. die Auslagerung sekundärer Dienste einer Industriebranche, um die Kosten gegenüber der eigenen Diensterbringung reduzieren und Skalenvorteile nutzen zu können. Der letzte Ansatz ist die Hybrid Cloud, die eine Komposition der vorhergehenden Deployment-Arten darstellt. Beispielsweise können Dienste in einer privaten Cloud um die Nutzung öffentlicher Cloud-Dienstangebote ergänzt werden, um Lastspitzen bedarfsgerecht bedienen zu können [10].

Das NIST identifiziert darüber hinaus noch weitere Aktivitäten eines Cloud Service Providers. Typischerweise muss die Möglichkeit geschaffen werden, Services zu orchestrieren. Dieses liegt einerseits im Interesse des Providers, der so neue komplexere Services anbieten kann, aber auch im Interesse des Cloud Service Consumers, der so seine spezifischen Geschäftsprozesse mit Cloud Services abbilden kann. Die Orchestrierung kann auf verschiedenen Service-Ebenen geschehen, von der physischen bis hinauf zur konzeptionellen Service-Ebene. Weitere Aufgaben des Cloud Service Providers liegen in der Bereitstellung von Managementfunktionalitäten für die angebotenen Leistungen sowie in der Gewährleistung von Portabilität, Interoperabilität und Dienstsicherheit (Security). Die herstellerunabhängig gestaltete Referenzarchitektur des NIST sieht dabei vor, dass Daten, Services und sogar ganze Systeme portabel sein sollen. Daher sollen sie in Clouds unterschiedlicher Hersteller gespeichert bzw. betrieben werden können.

Sicherheit ist für das NIST ein wichtiger Punkt. Sie wird als mögliches Hindernis für viele Unternehmen betrachtet, Cloud-Dienste zu nutzen. Das NIST sieht speziell dort noch großen Handlungsbedarf und weist darauf hin, dass Authentifizierung, Autorisierung, Verfügbarkeit, Verbindlichkeit, Verwaltung von Identitäten, Integrität und andere sicherheitsrelevante Aspekte noch nicht vollständig gelöst sind [9]. Diese Punkte sind nicht neu, müssen aber vor dem Hintergrund von Cloud Computing neu diskutiert werden.

3.1.2 BITKOM

Im Rahmen eines Leitfadens zum Thema Cloud Computing wurde vom BITKOM ein eigener Referenzkontext aufgebaut [22]. Dieser orientiert sich an dem Referenzkontext des NIST. Der Fokus der Autoren liegt auf einer Erweiterung des Referenzkontextes um Vertragsrecht, Datenschutz, Informationssicherheit und Compliance.

Abbildung 3 zeigt eine Darstellung des Referenzkontextes des BITKOM als Featuremodell. Die bekannten Service-Ebenen IaaS, PaaS und SaaS wurden um Business-Process-as-a-Service (BPaaS) erweitert. BPaaS geht aus SaaS hervor, rückt aber näher an den Geschäftsprozess als solches heran. BPaaS beschreibt dabei die Möglichkeit, vollständige Geschäftsprozesse selbst als Cloud Service zu beziehen. Die Bedeutung von BPaaS wird derzeit noch diskutiert.

Bei den Merkmalen einer Cloud unterscheidet der BITKOM nicht nur nach Public, Private und Hybrid, sondern ergänzt diese Optionen um die Konzepte Virtual Private Cloud, Horizontal Cloud und Vertical Cloud. Dabei werden Public und Private Clouds als die verbreitetsten Modelle angesehen. Eine Virtual Private Cloud unterscheidet sich von der Private Cloud dadurch, dass sie zwar fremd-gehostet und verwaltet wird, aber nur von einem einzigen Kunden zugreifbar ist. Die entsprechenden Sourcing-Optionen (managed, insourced und outsourced) spezifiziert der BITKOM gesondert.

Weiterhin legt der BITKOM Erfolgsfaktoren für Unternehmen fest, die einen Einstieg in das Cloud Computing wagen wollen. Hierzu zählen Sicherheit mit dem Fokus auf Datensicherheit, Verfügbarkeit und Performanz, sowie Rückführbarkeit, Integrationsfähigkeit und Zufriedenheit mit der Ausgestaltung und Einhaltung von SLAs und Preisen des Anbieters. Darüber hinaus verweist der BITKOM auf die Arbeiten des NIST.

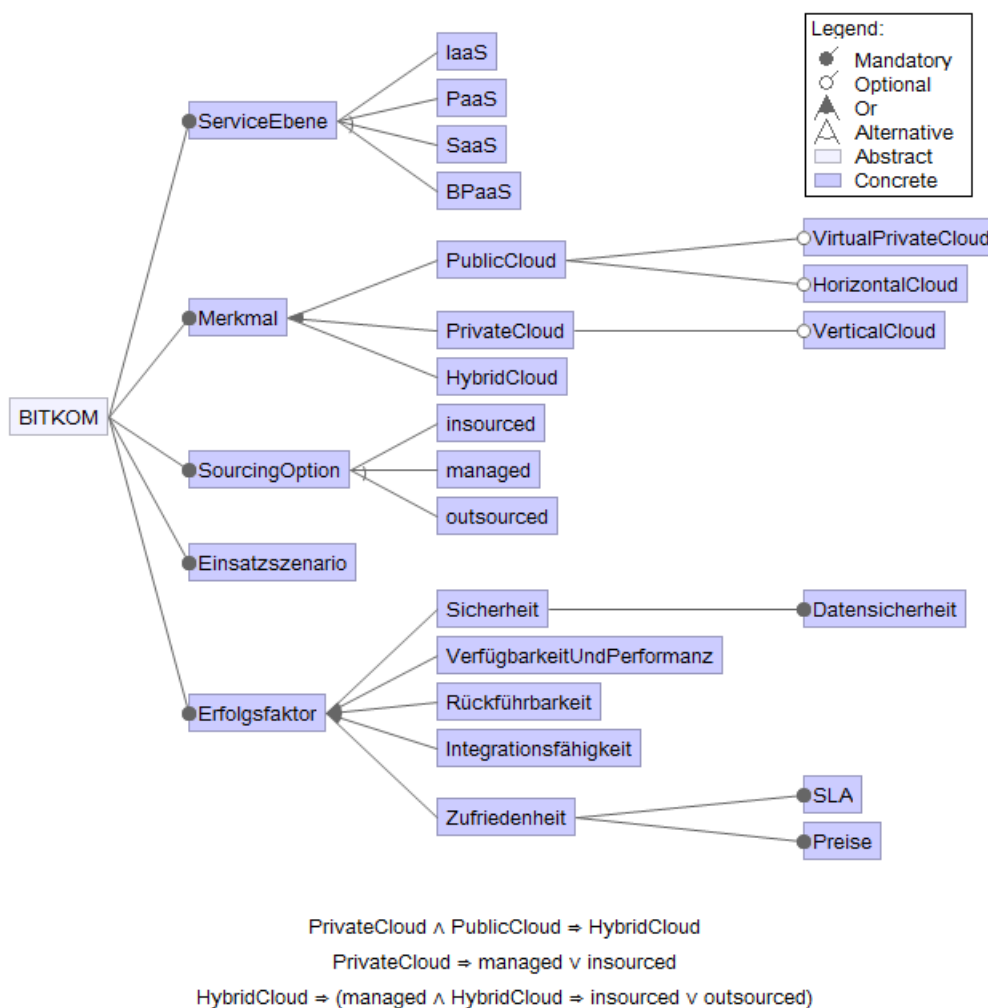


Abbildung 3: Featuremodell der BITKOM

3.1.3 Ergänzung: DIN

Ein Referenzkontext des Deutschen Instituts für Normung (DIN) befindet sich in Arbeit, ist aber noch nicht veröffentlicht. Allerdings wird dieser in Zusammenarbeit mit dem BITKOM erstellt. Es ist also wahrscheinlich, dass dort geleistete Vorarbeiten Eingang in die den Referenzkontext des DIN finden werden¹.

3.1.4 Ergänzung: The Open Group

Der Cloud Computing-Referenzkontext der Open Group befindet sich zurzeit in der Entstehung. Er wurde von IBM erarbeitet und der Open Group zur Diskussion eingereicht. Der zugrundeliegende Referenzkontext von IBM wird in dem Abschnitt „3.2.3 IBM“ beschrieben.

3.2 Herstellerspezifische Referenzkontexte

Dieser Abschnitt widmet sich proprietären Kontexten, welche von großen Anbietern entworfen wurden. Betrachtet werden die Anbieter VMware, ORACLE, IBM, Amazon und Microsoft, da sie im Jahr 2011 den größten Marktanteil hatten [7]. Ergänzend dazu wurden Google und HP betrachtet, da sie öffentlich stark als Cloud-Dienstanbieter in Erscheinung treten.

3.2.1 VMware

VMware beschreibt den eigenen Cloud Referenzkontext mit starkem Fokus auf die eigenen Virtualisierungsprodukte [20]. Entsprechend wird davon gesprochen, eine vCloud auf Basis der VMware Produkte zu entwerfen. Bei ihrem Verständnis von Cloud Computing beziehen sich die Autoren auf die von der Gartner Group aufgestellten Definitionen von Cloud Computing [20].

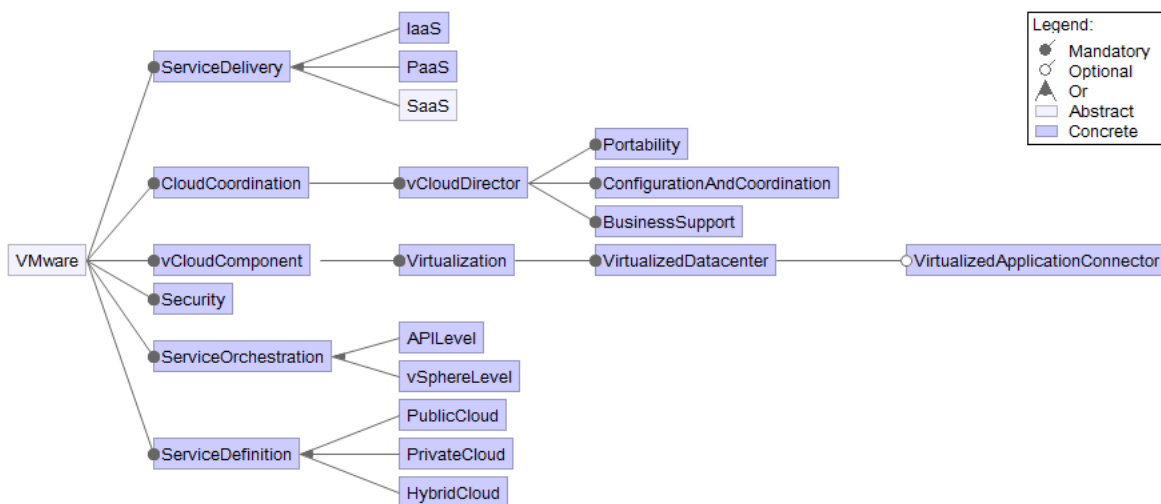


Abbildung 4: Featuremodell von VMware

Abbildung 4 zeigt die Darstellung eines Featuremodells der VMware Cloud-Architektur. Das Hauptaugenmerk liegt im Falle von VMware auf IaaS. Die Architekturbeschreibung zielt auf eine möglichst geschlossene Verwendung von VMware-Produkten. Jedoch nimmt VMware für sich in Anspruch, offenen Standards zu folgen, wodurch die Cloud-Infrastruktur ebenso wie die Services portabel bleiben soll [20]. Neben IaaS wird auch PaaS als Auslieferungsmodell angeboten. VMware stellt hierzu

¹<http://www.nia.din.de/cmd?level=tpl-artikel&cmstextid=133272&subcommitteeid=128234665&languageid=de>, zuletzt besucht am 13.10.2012

alle nötigen Produkte zur Verfügung, um eine Infrastruktur für PaaS aufbauen zu können. Beispielsweise bietet VMware mit CLOUD Foundry² eine Software-Lösung an, die die Entwicklung von Anwendungen für eine Cloud-Plattform ermöglicht. Die zugrunde liegende Software wird von VMware als Open-Source-Produkt gepflegt.

Im betrieblichen Umfeld bietet VMware verschiedene Produkte an, um eine eigene Cloud-Infrastruktur aufzubauen. Zentrales Konfigurationswerkzeug dabei ist der vCloud Director. Mittels dieses Werkzeugs können alle angeschlossenen Komponenten verwaltet und die zugrunde liegende virtualisierte Infrastruktur gesteuert werden. Auf Infrastrukturebene werden Virtualisierungen von der Datenebene bis zur Applikationsebene angeboten. Weitere Merkmale sind der Fokus auf Sicherheitsaspekte beim Aufbau einer vCloud und die Möglichkeit, eine Orchestrierung von Services auf verschiedenen Ebenen durchzuführen.

3.2.2 ORACLE

In mehreren White Papers wurde von Oracle ein Referenzkontext für das Thema Cloud Computing aufgebaut [24]. Abbildung 5 zeigt ein Featuremodell des ORACLE Referenzkontexts für Cloud Computing.

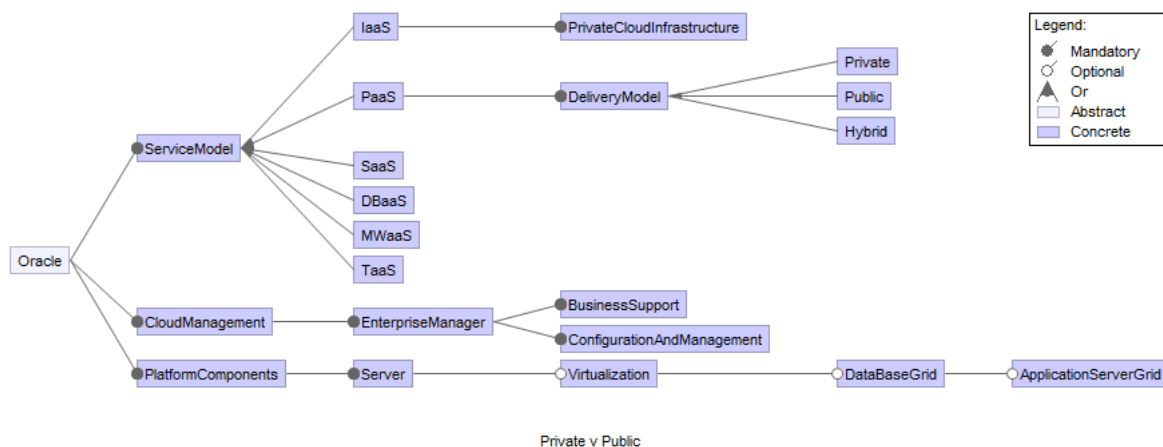


Abbildung 5: Featuremodell von ORACLE

ORACLE richtet sich bei der Betrachtung von Cloud Computing nach der vom NIST aufgestellten Definition, die bereits in Abschnitt „3.1.1 NIST“ beschrieben wurde. Von ORACLE wird jedoch nur der Ausschnitt betrachtet, der dem Cloud Service Provider entspricht. ORACLE tritt hierbei als Cloud Service Provider auf und bietet verschiedene Service-Modelle an, wobei das Hauptaugenmerk auf PaaS liegt. Für PaaS unterstützt ORACLE Private, Public und Hybrid Clouds. Dabei kann die gesamte Infrastrukturalpalette abgebildet werden, die zum Aufbau einer Cloud notwendig ist. ORACLE hat hierzu bestehende Produkte so erweitert, dass der Aufbau und die Administration von Clouds vollständig über die eigenen Produkte ermöglicht wird [24]. Zu der ORACLE PaaS Infrastruktur gehören Server, Lösungen für Virtualisierung, Grid-Systeme für Datenbank und Grid-Systeme für Applikationsserver.

Zentrales Konfigurationselement ist der ORACLE Enterprise Manager [14]. Mittels dieses Werkzeuges bietet ORACLE eine Erweiterung der durch das NIST definierten Service-Modelle an. Zu den Erweiterungen zählen Database-as-a-Service (DBaaS), Middleware-as-a-Service (MWaaS) und Testing-as-a-Service (TaaS).

² <http://cloudfoundry.com/>, zuletzt besucht am 08.10.2012

Obwohl dem ORACLE Referenzkontext die Beschreibungen und Definitionen des NIST zugrunde liegen, hat ORACLE diese adaptiert und auf die eigene Produktlandschaft zugeschnitten. Konzeptionell liegt eine geschlossene Systemlandschaft vor, die kaum Wert auf die Portabilität von Daten und Anwendungen legt.

3.2.3 IBM

Mit der „IBM Cloud Computing Reference Architecture 2.0“ (CC RA) legt IBM die eigene Vorstellung von Cloud Computing dar [3]. Diese reichte IBM der Open Group als Referenzarchitektur für Cloud Computing zur Diskussion ein.³ Die CC RA bezieht sich dabei auf die zuvor beschriebene Definition und Architektur des NIST.

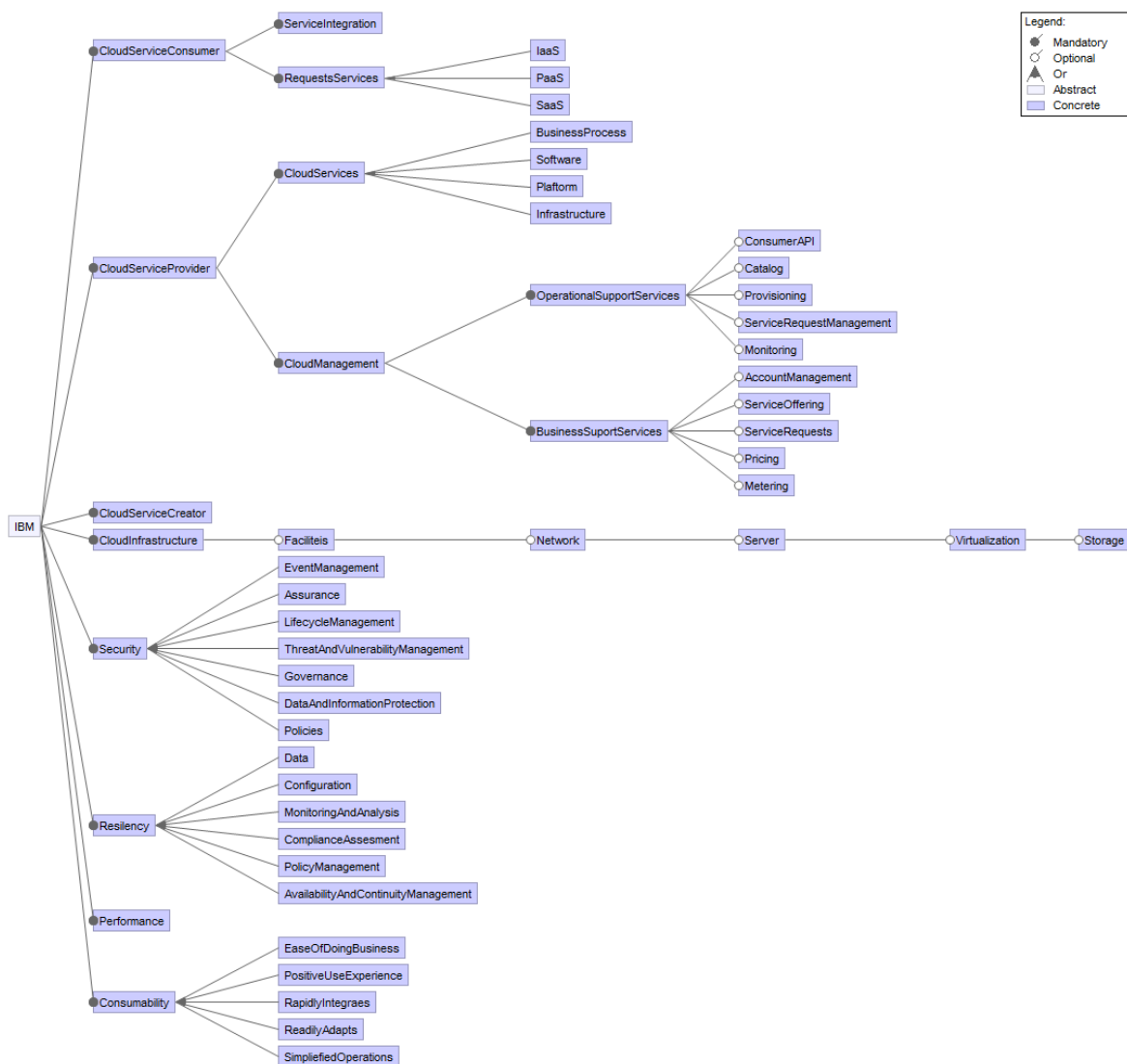


Abbildung 6: Featuremodell von IBM

Abbildung 6 zeigt eine Darstellung des Referenzkontextes von IBM als Featuremodell. Ähnlich zum Referenzkontext des NIST werden hier unterschiedliche Akteure definiert. Diese umfassen in diesem

³ <http://www.opengroup.org/london2011/schuneman-kreger.htm>, zuletzt besucht am 31.10.2012

Fall Cloud Service Consumer, Cloud Service Provider und Cloud Service Creator. Der Cloud Service Consumer kann dabei Services des Cloud Service Providers entgegennehmen und weiter verarbeiten, auch neu integrieren. Dies kann sowohl auf Infrastruktur-, Plattform- als auch auf Softwareebene geschehen. Der Cloud Service Provider stellt schließlich Services bereit und betreut diese. Die Service-Kategorien entsprechen dabei denen des NIST. Zusätzlich hat IBM das Konzept Business-Process-as-a-Service ergänzt, also das Anbieten von Geschäftsprozessen wie z.B. Dienste zum Geschäftsreisemanagement.

Mit dem IBM Smart Cloud-Programm tritt IBM als Cloud Provider mit IaaS, PaaS und SaaS-Lösungen auf.⁴ Ergänzend dazu bietet IBM die gesamte notwendige Infrastruktur zum Aufbau eigener Cloud-Lösungen an. Dies reicht von den physischen Betriebsanlagen (Facilities), über Netzwerke und Server bis hin zur Ausführungsschicht für Anwendungen.

Weitere wichtige Faktoren in dem IBM-Referenzkontext stellen Sicherheit, Leistung und Elastizität, Performance und Konsumierbarkeit dar.

3.2.4 Amazon Web Services

Amazon definiert sein Verständnis von Cloud Computing und die eigene Architektur auf Basis der von der Gartner Group aufgestellten Definitionen und Beschreibungen [15, 19]. Die Cloud Computing-Sparte von Amazon firmiert dabei unter der Bezeichnung Amazon Web Services (AWS).⁵ Amazon tritt als Service Provider auf und bietet sowohl IaaS- als auch PaaS-Dienste an. Die von Amazon AWS angebotenen Services reichen von verschiedenen Datenhaltungslösungen bis hin zur kompletten Laufzeitumgebung für Anwendungen über DNS-Dienste.

⁴ <http://www.ibm.com/cloud-computing/us/en/index.html>, zuletzt besucht am: 12.10.2012

⁵ <https://aws.amazon.com/whitepapers/>, zuletzt besucht am 08.10.2012

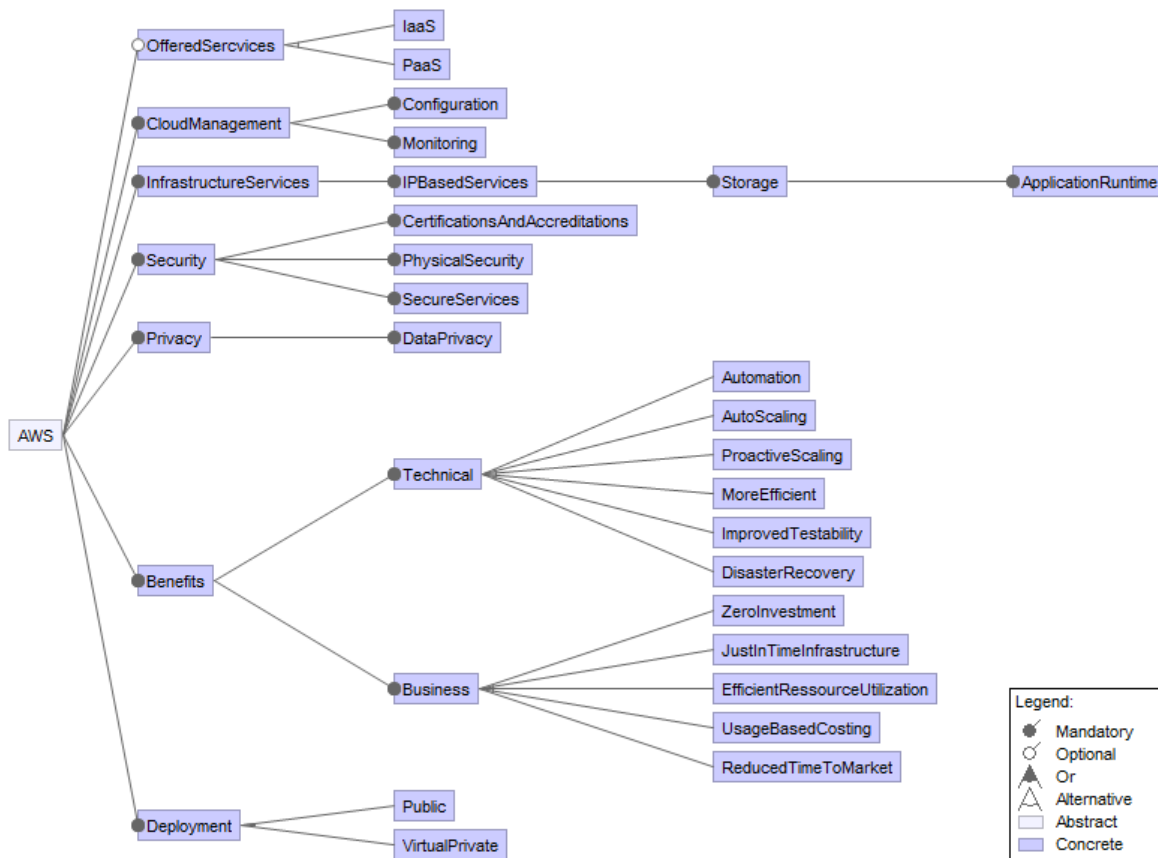


Abbildung 7: Featuremodell Amazon Web Services

Abbildung 7 zeigt eine Darstellung des AWS-Referenzkontextes als Featuremodell. Aus der Abbildung ist zu ersehen, dass bei der Gestaltung der AWS-Architekturbeschreibung großer Wert auf die zu erwartenden Vorteile gelegt wurde, wohingegen konkrete technologische Grundlagen außen vor gelassen wurden. Die Vorteile durch die Nutzung von AWS werden in technische und geschäftliche Vorteile unterteilt. Weiterhin sind Sicherheit und Privatsphäre wichtige Punkte, wobei hier auch detaillierter auf implementierte Sicherheit und physische Sicherheit eingegangen wird.

Das Deployment oder die Nutzung der AWS-Services kann auf zweierlei Arten geschehen, als Public Cloud Services oder als Virtual Private Cloud Services. Letzteres soll dabei dem Kunden die Vorteile einer Private Cloud bieten, während die Skalenvorteile der Public Cloud für Amazon erhalten bleiben. Mittels IPsec wird dabei eine sichere Verbindung zu den genutzten Ressourcen aufgebaut, so dass diese sicher in das Unternehmensnetz eingebunden werden können.

Bei der Beschreibung der AWS-Architektur stehen Amazon-eigene Produkte und Lösungen im Vordergrund. Dabei wird nicht ersichtlich, inwieweit offene Standards eingehalten werden, um die Portabilität von Daten und Diensten zu gewährleisten.

3.2.5 Microsoft

Microsoft hat in mehreren Reports die eigene Vorstellung von Cloud Computing dargelegt [12, 13] Man bezieht sich dabei auf keine Definition Dritter, sondern definiert Cloud Computing in Bezug auf die eigene Produktlandschaft.

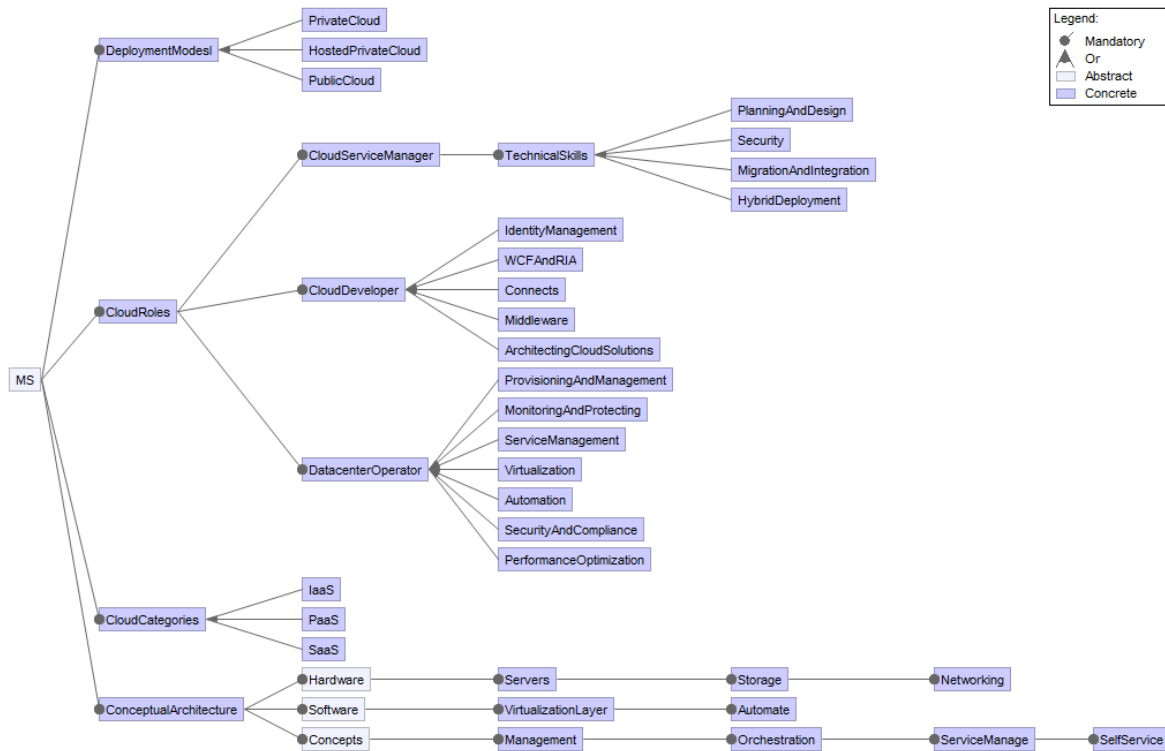


Abbildung 8: Featuremodell von Microsoft

Abbildung 8 zeigt die Darstellung des Referenzkontextes von Microsoft als Featuremodell. Microsoft geht dabei von drei Deployment-Modellen aus: Es wird zwischen Public Cloud, Private Cloud und Hosted Private Cloud unterschieden. Der Unterschied zwischen einer Private Cloud und einer Hosted Private Cloud besteht darin, dass im Falle der Hosted Private Cloud die Infrastruktur nicht selbst, sondern von einem Anbieter zur Verfügung gestellt wird. Dieser garantiert die Wartung und den Betrieb der Cloud sowie eine sichere Verbindung zwischen Firmennetz und der Hosted Private Cloud.

Weiterhin übernimmt Microsoft die so genannten Cloud Categories IaaS, PaaS und SaaS und bezieht diese auf die eigenen Produkte und Lösungen. Ausgehend von diesen Kategorien werden Cloud Roles definiert. Ein Datacenter Operator ist für die Bereitstellung der Dienste rund um IaaS zuständig. Dazu muss er eine Menge an Fertigkeiten mitbringen, die von Management der Dienste über deren Virtualisierung bis hin zu Sicherheitsanalysen reichen. Ein Cloud Service Manager findet sich dagegen zumeist auf der Ebene SaaS wieder. Er benötigt technische Fertigkeiten rund um den Plattformbetrieb, z. B. zu Planung, Design, Implementierung, sowie Sicherheit und Bereitstellung der Dienste. Die letzte Rolle ist der Cloud Developer, der die Ausgestaltung der Anwendungen übernimmt. Er soll Microsoft-Technologien für die Anwendungsentwicklung genauso wie die entsprechenden Middleware Produkte beherrschen und findet sich auf der PaaS Ebene [12].

Darüber hinaus hat Microsoft eine konzeptuelle Cloud-Architektur (Conceptual Architecture) vorgestellt, die den Aufbau einer Cloud-Infrastruktur beschreibt. Das zentrale Element ist dabei Microsofts Hyper-V Fast Track Programm, das Microsoft gemeinsam mit Partnern und OEM-Herstellern entwickelt hat. Das zentrale Softwareprodukt dazu ist der Hyper-V Server von Microsoft und die entsprechenden Managementwerkzeuge. Die notwendige Hardware wird von Partnern beigesteuert [1].

Microsofts Sicht auf Cloud Computing ist nicht allgemeingültig, sondern sehr spezifisch auf die eigene Produktpalette zugeschnitten. Es werden keine Angaben zur Einhaltung offener Standards oder zur Portabilität von Daten, Diensten oder Anwendungen gemacht.

3.2.6 Google

Google stützt sich bei seinem Verständnis von Cloud Computing auf die von Gartner erarbeiteten Service-Modelle, SaaS, PaaS und IaaS.⁶ Google tritt als Service Provider auf, der Dienste auf allen drei Modellebenen anbietet.

Abbildung 9 zeigt die Darstellung des Referenzkontextes von Google als Featuremodell. Googles Beschreibungen gehen dabei wenig über die eigene Produktlinie hinaus. Eine echte Zuordnung von Rollen gibt es nicht, obwohl Cloud Vendor und User/Customer genannt werden.

Ein separates White Paper hat Google dem Thema Sicherheit gewidmet.⁷ Dabei macht Google Abstufungen bei der Beschreibung der Sicherheit, die von der Unternehmenssicherheit bis zur Datensicherheit reichen. Weiterhin unterscheidet Google darin implizit zwischen der Bereitstellung von Public Clouds und Virtual Private Clouds. Die Begriffe, sowie der übergeordnete Begriff der Bereitstellung (Deployment) werden dabei jedoch nicht ausdrücklich genannt.

⁶ <https://developers.google.com/academy/apis/cloud/appengine/intro/whatiscc/>, zuletzt besucht am 10.10.2012

⁷<https://docs.google.com/a/google.com/file/d/0B5Y-fwYJF2hLOTVmMzQ1MjAtMDFmNS00YjFhLWI3MmUtZjI5MDQ5Mzc3NmMz/edit#>, zuletzt besucht am 1.11.2012

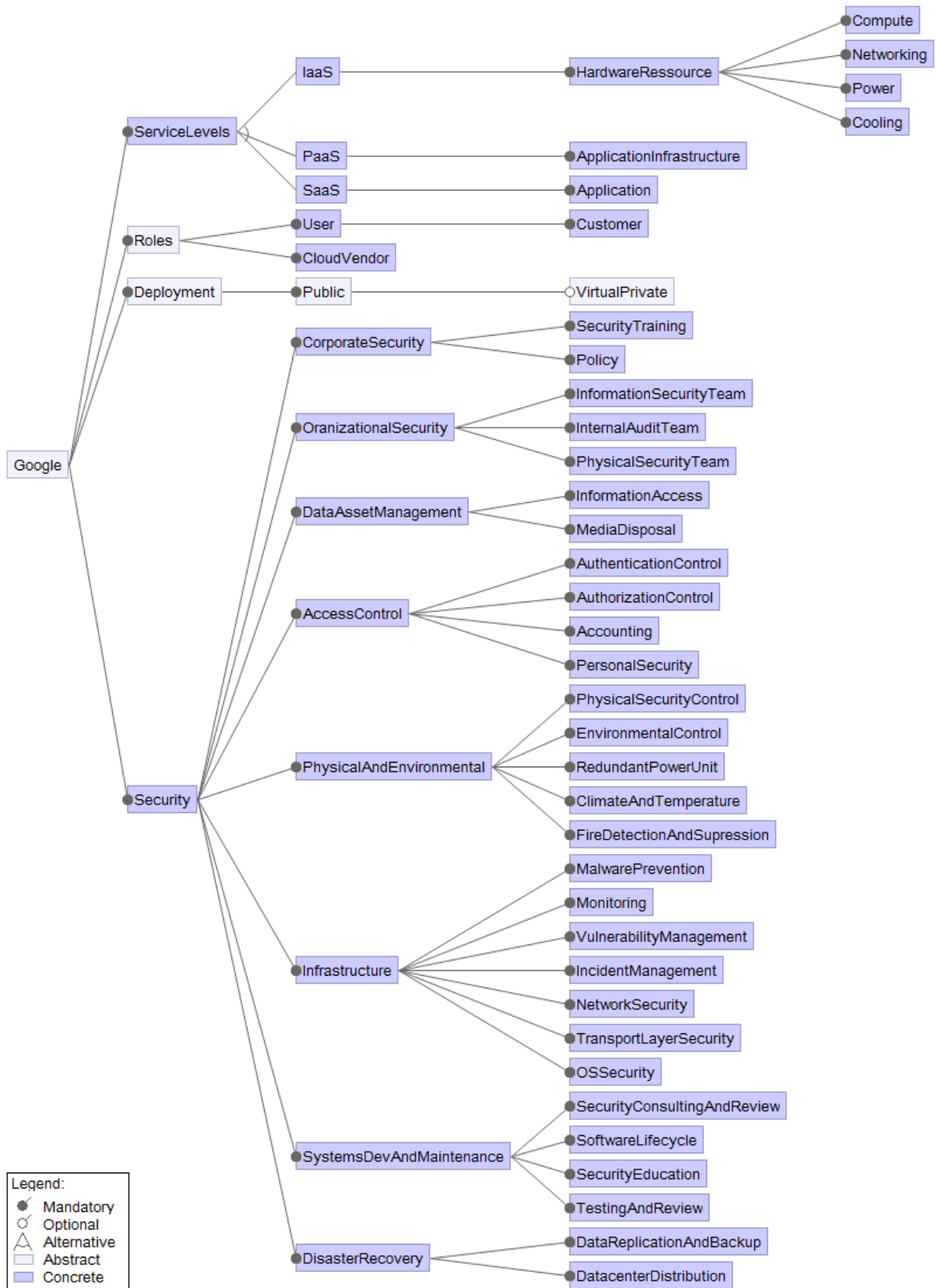


Abbildung 9: Featuremodell von Google

3.2.7 Hewlett Packard

Wie bei den vorhergehenden Herstellern liegt der Fokus der von Hewlett Packard (HP) formulierten Sicht auf das Thema Cloud Computing klar auf den eigenen Angeboten aus der Sparte CloudSystem [8]. Die einzelnen Produkte sind nach Anwendungsfall und Funktionsumfang gestaffelt. HP CloudSystem Matrix ist beispielsweise auf private Clouds und Infrastrukturdienste ausgerichtet, während HP CloudSystem Enterprise beliebige Dienste in privaten und hybriden Clouds unterstützt und HP CloudSystem Service Provider beliebige Dienste in öffentlichen oder in virtuell-privaten Clouds ermöglicht.

Abbildung 10 zeigt den HP Referenzkontext als Featuremodell. Als Bereitstellungsarten von Cloud-Diensten unterscheidet HP zwischen Private Cloud, Public Cloud und Hybrid Cloud. Zusätzlich wird die Bereitstellungsart der Hosted Private Cloud berücksichtigt, wobei nicht genau definiert wird, was hinter dem Begriff steht. Als Service-Modelle werden IaaS, PaaS und SaaS genannt. Dabei sieht HP durch die Aggregation Platform for SaaS (AP4SaaS) bei SaaS vor, dass Services aggregiert werden können. Ein Rollenmodell wird nicht separat diskutiert, entsprechend uneinheitlich ist die Verwendung von Rollen.

Zum Aufbau von Cloud-Infrastrukturen sieht HP eine Drei-Ebenen-Architektur vor, die allen HP CloudSystem-Angeboten gemeinsam ist [8]. Diese drei Ebenen werden in unterschiedlicher Ausprägung durch die CloudSystem-Angebote abgedeckt. Die Supply Layer stellt Infrastrukturdienste bereit. Dazu gehören sowohl physische wie auch virtuelle Anlagen. Darüber liegt die Delivery Layer, die der Bereitstellung und Auslieferung von Services dient. Zuoberst liegt die Demand Layer, über deren Portaldienste Services angefordert werden.

Ebenfalls den CloudSystem-Angeboten gemeinsam ist die technische Infrastruktur des CloudSystem. Diese wird als Converged Infrastructure bezeichnet und umfasst die Kernplattform sowie Erweiterungen, die zu jedem Angebot hinzu gebucht werden können. Die drei wichtigsten Bestandteile der Kernplattform sind das HP Blade System (Serverumgebung), das HP Matrix Operating Environment (Softwaresystem zum Infrastrukturmanagement), sowie die Cloud Service Automation (Softwaresystem zum vollständigen Cloud Service-Lebenszyklusmanagement). Dabei wird bei allen CloudSystem-Angeboten die Supply Layer vom Blade System und dem Matrix Operating Environment abgedeckt, während die Cloud Service Automation sowohl die Delivery als auch die Demand Layer realisiert.

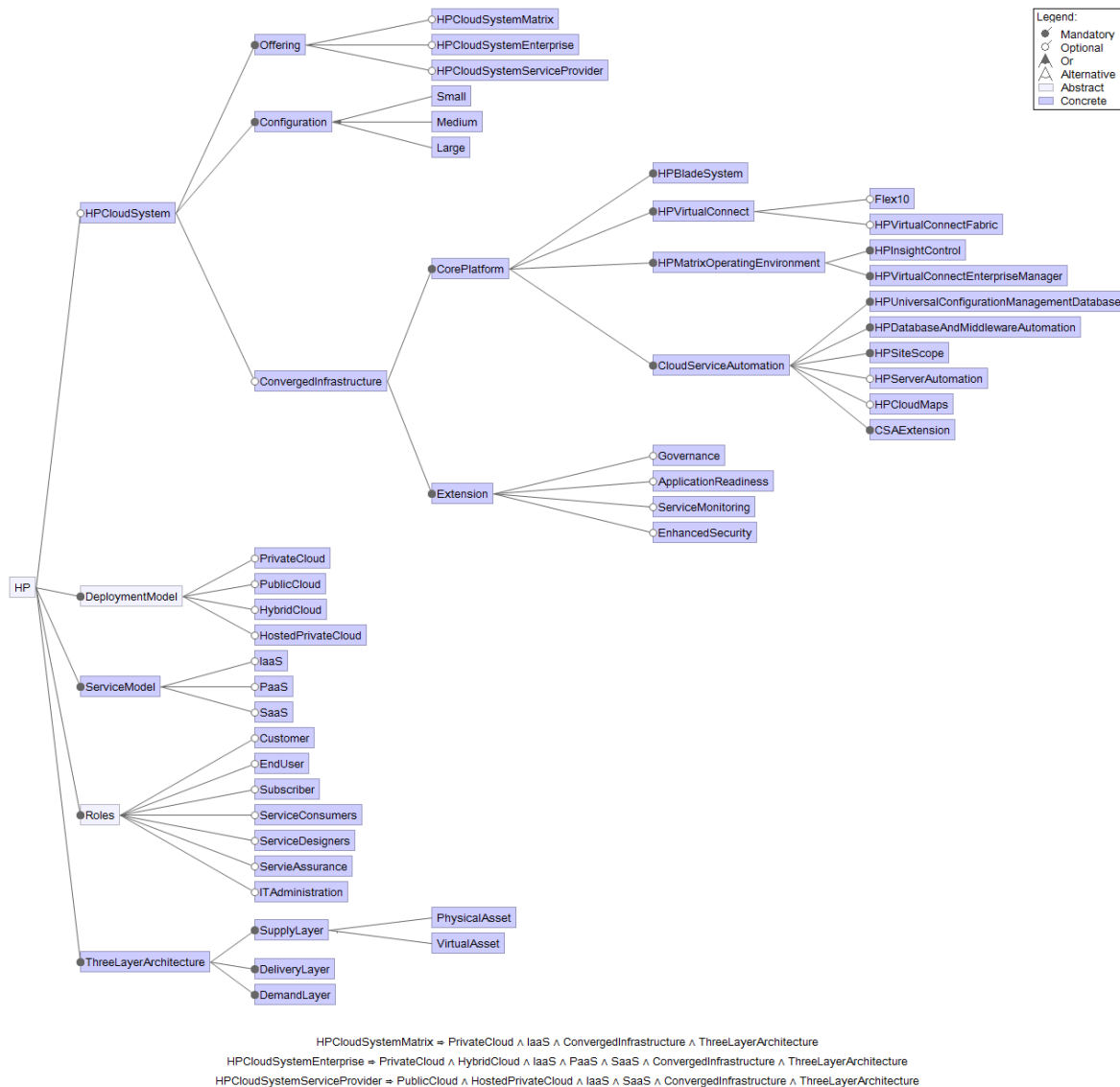


Abbildung 10: Featuremodell von HP

3.2.8 Ergänzung: Telecommunication Industry Association (TIA)

Die TIA ist eine amerikanische Standardisierungsorganisation ähnlich der ANSI, jedoch mit Fokus auf Informations- und Kommunikationstechnologien. Sie ist in Gremien organisiert, die sich im Wesentlichen aus Industrievertretern zusammensetzen. In einem Whitepaper haben die Mitglieder der TIA ihre Standards in Hinblick auf das Thema Cloud Computing bewertet [4].

Zur Bewertung der Standards wurde innerhalb der TIA die Cloud Computing Task Group (CCTG) gegründet. Innerhalb dieser wurden zuerst die für die TIA relevanten Cloud-Anwendungsfälle (Cloud Computing Use Cases) ermittelt. Auf dieser Grundlage wurden Standards und Gremien identifiziert, die Berührungspunkte zu den Anwendungsfällen besitzen. Die identifizierten Standards und Gremien betreffen zumeist Netzwerk- und Datenübertragungstechnologien. Als Ergebnis des Whitepapers wurde festgehalten, dass zum einen ein dringender Aufklärungsbedarf bei den Mitgliedern hinsichtlich Cloud Computing besteht, und andererseits auch die eigenen Standards auf Kompatibilität geprüft und gegebenenfalls angepasst werden müssen.

3.3 Wissenschaftliche Kontexte

In diesem Kapitel werden Referenzkontexte diskutiert, die in wissenschaftlichen Publikationen vorgestellt wurden.

3.3.1 *Garrison et al., 2012*

In dem Artikel „Success Factors for Deploying Cloud Computing“ beschreiben Garrison et al. Erfolgsfaktoren für das erfolgreiche Etablieren von Cloud-Technologien in Unternehmen [6]. Der Fokus liegt hierbei auf dem Deployment. Anders als die reine Bereitstellung von Diensten wird unter dem Begriff die Fähigkeit von Unternehmen verstanden, Cloud Computing erfolgreich einzusetzen.

Abbildung 11 zeigt eine Darstellung des abgeleiteten Referenzkontextes als Featuremodell. Die von Garrison et al. verwendeten Rollen sind der Cloud Vendor, also die klassische Providerrolle, sowie die Client Organization, die IT-seitig von einem IT-Manager repräsentiert wird. Das Rollenmodell wird im Artikel ansonsten nicht diskutiert. Wir stellen es daher im Featuremodell als abstraktes Feature dar. Bei dem Service-Modell wird zwischen den bekannten Ausprägungen IaaS, PaaS und SaaS unterschieden, wobei insbesondere beim IaaS weiter in Server, Storage und Connectivity differenziert wird. Das Bereitstellungsmodell, das hier mit Delivery Model (Auslieferungsmodell) bezeichnet wird, kennt ausschließlich Public, Private und Hybrid Clouds.

Die eigentliche Bereitstellung (Deployment) bildet den argumentativen Schwerpunkt des Artikels und umfasst drei Kategorien von Unternehmensfertigkeiten zur Dienstleistung, nämlich technologische, Management- und Beziehungsfertigkeiten. Unter technologischen Fertigkeiten werden die vorhandene IT-Infrastruktur und sonstige vorhandene Ressourcen zusammengefasst. Managementfertigkeiten beschreiben technische Fähigkeiten wie Systemdenken, Projektmanagement oder Unternehmensführung, aber auch Geschäftskennnisse und organisationsspezifisches Wissen. Der dritte Punkt, die Beziehungsfertigkeiten, beschreiben das Vertrauen einer Client Organization in das dienstleistungsbereitende Unternehmen, das durch verschiedene Faktoren abgebildet wird. Dabei wird insbesondere zwischen der kognitiven und der affektiven Vertrauensdimension unterschieden.

Aus kognitiver Sicht wird Vertrauen dabei als die Wahrnehmung einer Client Organization angesehen, dass ein Cloud Vendor einen Dienst wie vereinbart erbringt. Um diese Wahrnehmung in Voraus abschätzen zu können, muss laut Garrison et al. die Kompetenz des Cloud Vendors betrachtet werden.

Die affektive Dimension sieht Vertrauen andererseits als die Wahrnehmung einer Client Organization über die Ernsthaftigkeit und Sorgfalt des Cloud Vendors bei der Dienstleistung gegenüber der Client Organization. Um diese in Voraus abschätzen zu können, muss laut Garrison et al. die Offenheit und Redlichkeit des Informationsangebots des Cloud Vendors über das konkrete Dienstangebot hinaus betrachtet werden.

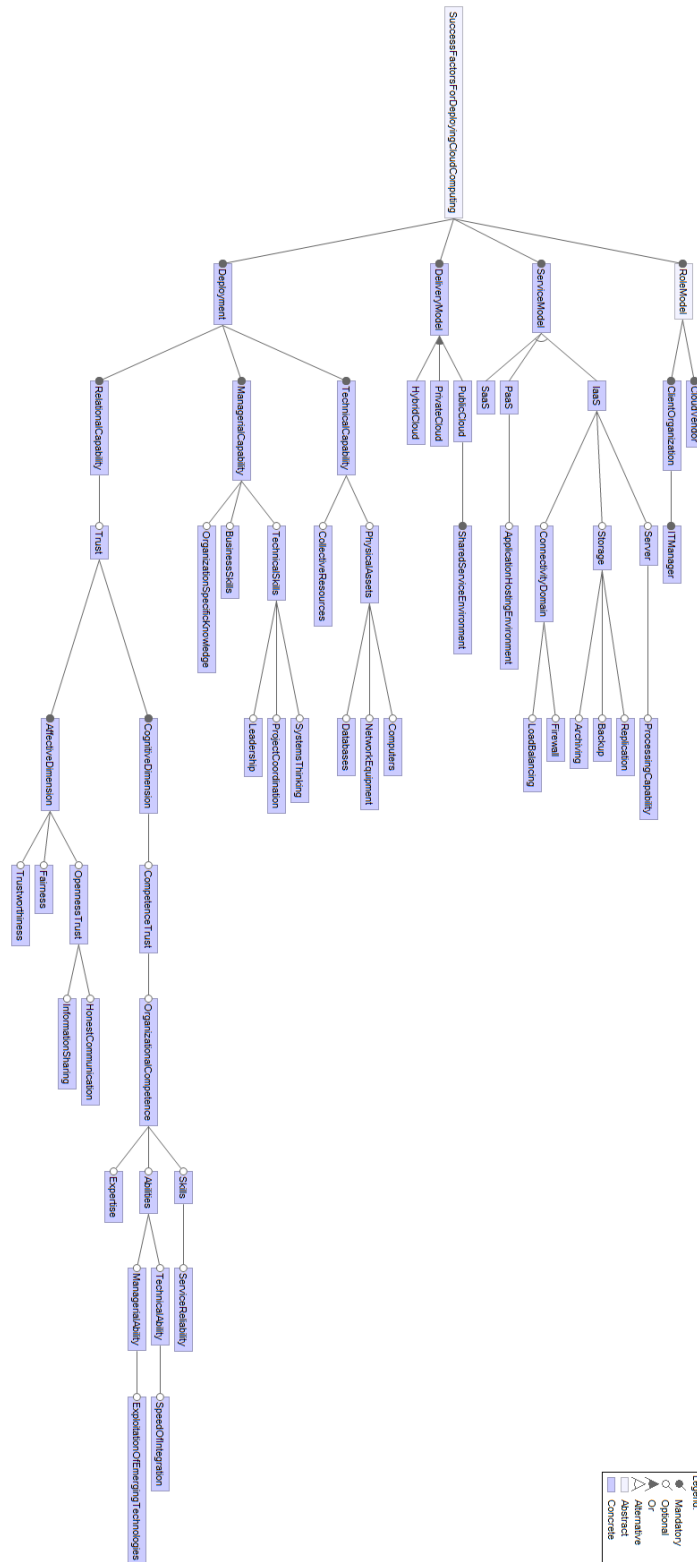


Abbildung 11: Featuremodell von Garrison et al.

3.3.2 Vossen et al., 2012

Das kürzlich erschienene Buch „Cloud-Computing für Unternehmen: Technische, wirtschaftliche, rechtliche und organisatorische Aspekte“ von Vossen et al. stellt eine umfassende Einführung in das

Thema Cloud Computing dar, die sich primär an kleine und mittelgroße Unternehmen richtet [21]. Neben den Grundlagen werden die technischen, wirtschaftlich-organisatorischen, rechtlichen und informationssicherheitsrelevanten Grundlagen des Cloud Computing diskutiert. Die Ausführungen gehen dabei aus unserer Sicht über das reine Cloud Computing hinaus und stellen einen umfassenden Überblick über Aspekte des modernen IT-Outsourcing für deutsche KMU bereit.

Abbildung 12 zeigt das aus dem Buch erhobene Featuremodell. Die Autoren richten sich bei ihrer Beschreibung von Cloud Computing grundsätzlich nach der vom NIST aufgestellten Definition und Beschreibung. Dazu gehören insbesondere das Rollenmodell und die unter den Rollen verankerten Aufgaben und Aktivitäten. Anders als beim NIST werden die jeweiligen Aspekte nicht den Rollen untergeordnet, sondern separat diskutiert. Die diskutierten Aspekte umfassen die Art der Services, deren Bereitstellung, die entsprechenden Ertragsmöglichkeiten für Unternehmen, die Art der technischen Integration, die Diskussion von Service Level Agreements sowie die Art des Sourcings. Das Featuremodell berücksichtigt diese Aspekte als nebeneinanderstehende Teilmodelle, was deren separate Diskussion und Verwendung ermöglicht:

- Das Servicemodell kennt die drei herkömmlichen Servicearten IaaS, PaaS und SaaS, sowie Mashup as a Service als dienstkomponierendes Servicemodell. Weitere Kombinationen werden nicht berücksichtigt.
- Das Bereitstellungsmodell berücksichtigt neben Private, Public und Hybrid Clouds auch Community Clouds und Virtual Private Clouds. Community Clouds können als private Branchenzusammenschlüsse verstanden werden, Virtual Private Clouds können als die Bereitstellung von Private Clouds durch/in Public Clouds aufgefasst werden.
- Die Ertragsmodelle berücksichtigen die Basisertragsmöglichkeiten Pay per Use, Pay per Unit, Abonnement sowie freie Dienste. Als geeignete Kombinationen werden Abonnement und Pay per Use, Pay per Unit und Pay per Use, sowie Pay per Unit und Abonnement identifiziert. Weitere Kombinationen werden nicht berücksichtigt.
- Die Integrationsvariante diskutiert die organisatorisch-technische Realisierung des Dienstangebots. Hierzu zählen die geografische Verteilung der Dienste, das zugrunde liegende Koordinationsprinzip, der Grad der Heterogenität und Konsistenz der an der Dienstleistung beteiligten oder davon betroffenen Daten, technische Entscheidungen bzgl. der Latenz des Dienstangebots, der Autonomie des Dienstes, der Prozess- oder Datenorientierung des Dienstes und des Zugriffsmodus

Fragen bzgl. der an das Dienstangebot gestellten rechtlichen Rahmenbedingungen können hier u.U. bereits beantwortet werden, z.B. bzgl. der geografischen Beteiligung von Daten und Diensten.

- Service-Level Agreements (SLAs) werden separat diskutiert. Dabei überwiegt die Diskussion der Dienstqualitäten der SLA Foundation, während SLA Change und Governance lediglich erwähnt werden.
- Das Sourcing-Modell unterscheidet zwischen der Bereitstellung von Diensten über eigene Rechenzentren, dem klassischen IT-Outsourcing, und dem Cloud-Sourcing.

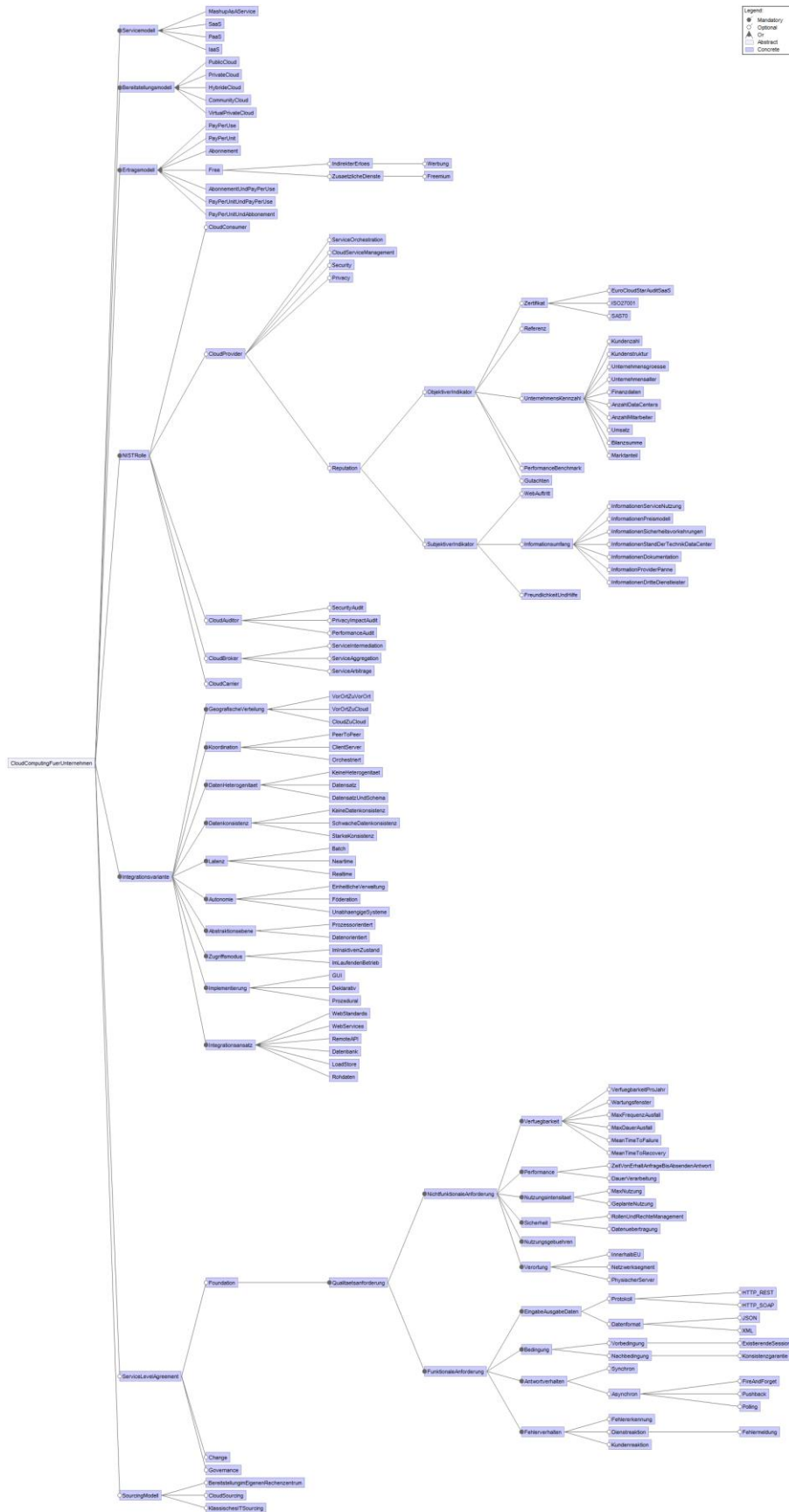


Abbildung 12: Featuremodell von Vossen et al.

3.3.3 Vaquero et al., 2009

In dem Artikel „A Break in the Clouds: Towards a Cloud Definition“ [18] von Vaquero et al. werden 22 verschiedene aus der Wissenschaft stammende und bereits im Jahr 2008 veröffentlichte Cloud-Definitionen miteinander verglichen und konsolidiert.

Die im Artikel konsolidierte Cloud-Definition wird als Featuremodell in Abbildung 13 gezeigt. Darin werden Rollen, Szenarien und Eigenschaften (hier ebenfalls als Features bezeichnet) berücksichtigt. In der Kategorie Rolle wird der Service Provider, Service User und Infrastructure Provider betrachtet. Die Szenarien umfassen die drei Varianten IaaS, PaaS und SaaS. Die Liste der Eigenschaften reicht schließlich von der Bedienungsfreundlichkeit über Skalierbarkeit bis hin zu Service-Level Agreements (SLAs). Virtualisierung wird dabei als Schlüsseleigenschaft besonders hervorgehoben.

Insgesamt berücksichtigt der Artikel bereits wichtige Aspekte von Cloud-Dienstangeboten. Er bietet allerdings nur einen groben Überblick, wobei einzelne Aspekte wie z.B. die der technischen Realisierung (Virtualisierung), des Erlösmodells (Pay per Use), und der Dienstqualitäten (SLAs) unter der Liste der Eigenschaften lediglich angesprochen werden.

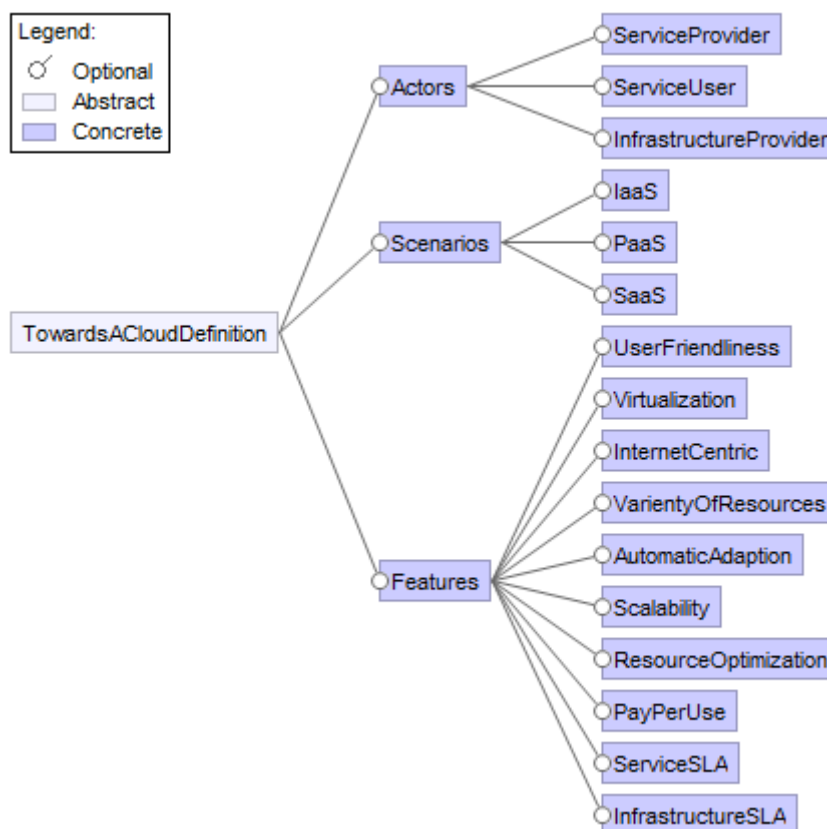


Abbildung 13: Featuremodell von Vaquero et al.

3.3.4 Tsai et al., 2010

Gegenstand des Artikels „Service-Oriented Cloud Computing Architecture“ von Tsai et al. ist eine Übersicht über die im Jahr 2010 aktuellen Cloud Computing-Architekturen sowie der Vorschlag einer eigenen Service-orientierten Cloud Computing-Architektur (Service-Oriented Cloud Computing Architecture, SOCCA) [17]. Diese kombiniert Service-orientierte Architekturen (SOA) als Architekturmuster zur Schaffung, Organisation und zur Wiederbenutzung von Computing-Komponenten, und Cloud Computing als Menge von Technologien zur Ermöglichung von flexiblen, großen Unternehmensplattformen. Laut Tsai et al. fördert SOCCA dabei die Interoperabilität zwischen verschiedenen Clouds und erlaubt den Entwurf von mehrmandantenfähigen Umgebungen.

Abbildung 14 zeigt den aus dem Artikel erhobenen Referenzkontext SOCCA als Featuremodell. SOCCA basiert auf einer Schichtenarchitektur (Layered Architecture), einer Architektur zur Realisierung der Mehrmandantenfähigkeit (Multi-tenancy Architecture, MTA) sowie der Anwendungsentwicklung (Application Development).

In der Schichtenarchitektur werden für die Individual Cloud Provider Layer Speicherdienste (Storage), Berechnungsdienste (Computing) und Kommunikationsdienste (Communication) berücksichtigt. Für jeden dieser Dienste existiert in der so genannten Cloud Ontology Mapping Layer eine eigene dienstspezifische Ontologie. In der darunter liegenden Cloud Broker Layer werden für die Auswahl eines Providers relevante Aspekte gruppiert. Als unterste Schicht dient die SOA Layer dazu, die Vorteile von SOA mit denen von Cloud Computing zu vereinen. Der Hauptunterschied zwischen einer SOA-Schicht in einer klassischen SO-Architektur und der hier beschriebenen in SOCCA ist, dass die Provider nicht länger die angebotenen Services selbst bereitstellen (hosting). Stattdessen werden die Dienste in Paketen bereitgestellt, die in verschiedenen Cloud-Ausführungsumgebungen repliziert und ausgeführt werden können.

Die Architektur zur Realisierung der Mehrmandantenfähigkeit (MTA) basiert auf drei Architekturmustern: Multiple Application Instance (MAI), Single Application Instance (SAI) und Single Application Instance And Multiple Service Instances (SAIMSI). Dabei soll durch MAI, also die multiple Instanziierung von Anwendungen, eine bessere Isolation der Mandanten erreicht werden. Durch die Kombination von MAI und SAI entsteht hingegen das Architekturmuster SAIMSI, das auf Skalierbarkeit und für den Umgang mit ungleich verteilten Arbeitslasten konzipiert ist.

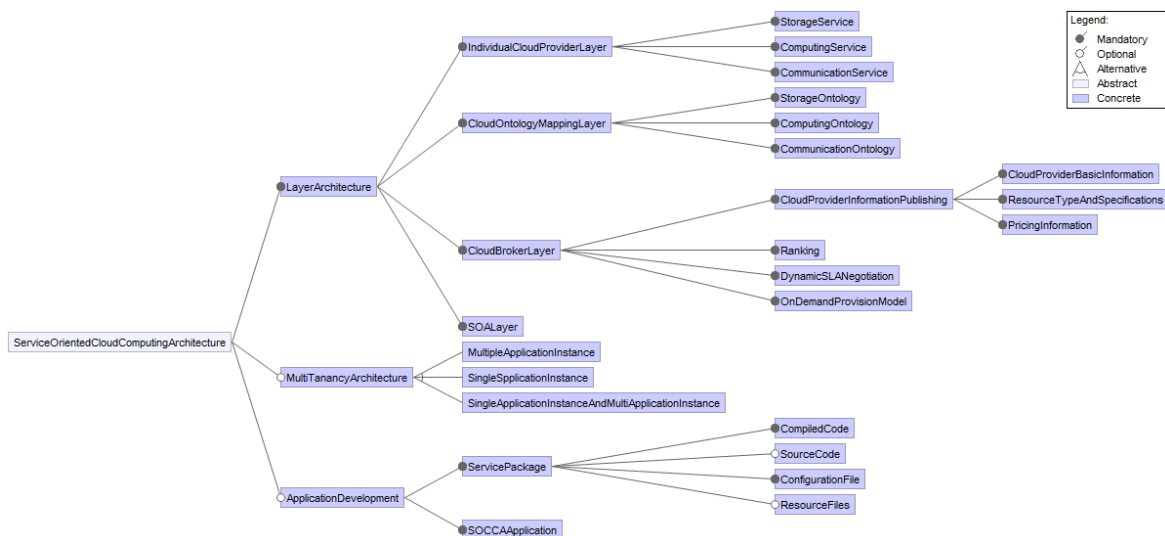


Abbildung 14: Featuremodell von Wei-Tek Tsai et al.

3.3.5 Youseff et al, 2008

In ihrem Artikel „Toward a Unified Ontology of Cloud Computing“ stellen Youseff et al. eine auf fünf Ebenen basierte Ontologie für Cloud Computing auf, die Cloud-Dienste hierarchisch kategorisiert [25]. Ein Cloud-Dienst wird dabei jeweils als Nutzungskombination von Diensten der direkt darunter liegenden Schicht gesehen.

Abbildung 15 zeigt das Featuremodell der Ontologie. Die oberste Schicht, die so genannte Cloud Application Layer, beinhaltet die als Softwaredienste angebotenen Anwendungen (Software as a Service, SaaS). Zur Entwicklung und zum Deployment von Cloud-Anwendungen können Dienste aus dem Cloud Software Environment verwendet werden, die als Plattformdienste angeboten werden (Platform as a Service, PaaS). In der Schicht darunter befinden sich Infrastruktur-Dienste wie Infrastructure as a Service (IaaS), Data Storage as a Service (DaaS) und Communication as a Service (CaaS). IaaS wird dabei nur als Berechnungsdienst (Computational Resource) aufgefasst. In der darunter liegenden Schicht realisiert der Software-Kernel das grundlegende Softwaremanagement zum Betrieb der physischen Hardware, die – eine Ebene tiefer als Hardware as a Service (HaaS) bezeichnet – die unterste Schicht des Modells darstellt.

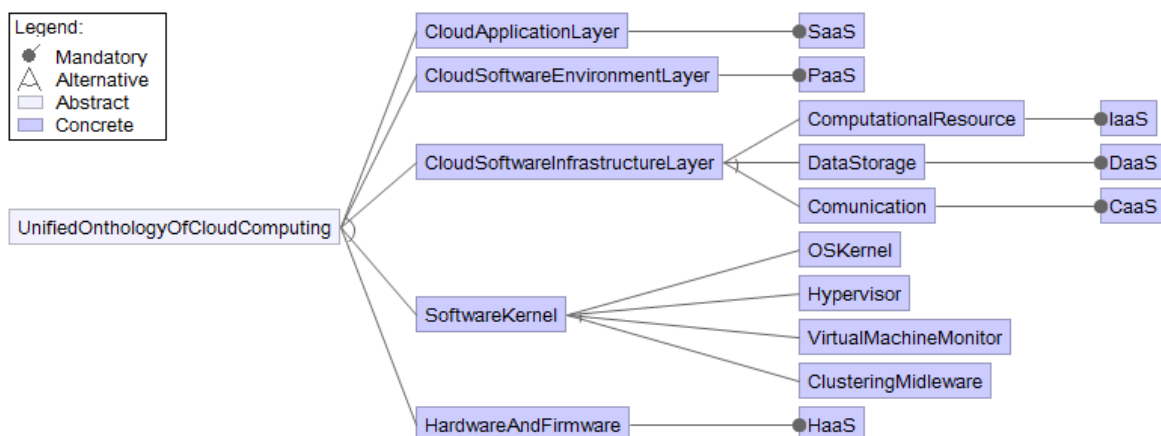


Abbildung 15: Featuremodell von Youseff et al.

3.3.6 Torkashvan et al., 2012

Ähnlich wie Tsai et al. stellen Torkashvan und Haghghi in ihrem Artikel „A Service Oriented Framework for Cloud Computing“ eine eigene Service-orientierte Cloud Computing-Architektur vor [16]. Diese basiert auf der Cloud Computing Reference Architecture des NIST.

Abbildung 16 zeigt die von Torkashvan und Haghghi entwickelte Cloud Computing-Architektur als Featuremodell. Die Architektur ist als Schichtenmodell konzipiert und wird im Artikel als Blockdiagramm dargestellt.

Die Environment Layer ist eine virtuelle Schicht, die laut den Autoren im Framework selbst nicht wirklich existieren soll. Sie stellt Kunden virtuelle Umgebungen (Environment) bereit, die durch die nachfolgenden PaaS und IaaS-Schichten realisiert sind. Diese können dabei entweder privat oder öffentlich sein und Legacy-Systeme beinhalten.

Die nächste Schicht, SaaS, stellt Anwendungen, Dienste und Datendienste für Umgebungen bereit. Jede Umgebung besitzt dabei eine eigene SaaS-Schicht. Laut den Autoren soll die Kombination von Umgebung und SaaS-Schicht die Mehrmandantenfähigkeit sicherstellen. Dieses wird im Artikel jedoch nicht weiter ausgeführt.

Kern des Frameworks ist die Schicht Intelligence-as-a-Service (INaaS). Diese hat die Aufgabe, Ereignisse (Events) zu erkennen, zugehörige Aufgaben (Tasks) zu extrahieren, die zur Ausführung der Tasks notwendigen Dienste aufzurufen, und die Ergebnisse an die registrierten Nutzer weiterzugeben. Hierzu werden der Event Control Agent und der Service Execution Agent verwendet, die jeweils aus spezialisierten Komponenten bestehen.

Zunächst werden die Events angenommen, geprüft, gefiltert und entsprechend orchestriert. In Form von Task-Graphen wird die Ausführung einer Orchestration geplant und optimiert. Anschließend werden die zur Durchführung notwendigen Services angesprochen und so durch die entsprechende Ausführung des Task-Graphen die mit dem eingehenden Event verbundenen Anforderungen erfüllt. Die INaaS-Schicht nutzt dazu die Dienste der unterliegenden PaaS- und der IaaS-Schichten über ein Bussystem und überwacht die Ausführung und Ergebnisrückgabe an die entsprechenden Nutzer. Alle Events, welche auf der INaaS-Schicht verarbeitet werden können, müssen zuvor definiert werden. Jeder Event-Typ hat dabei ein eigenes Event Processing Network (EPN), durch welches der Prozess der Eventtransformation gesteuert wird. Für die detaillierten Abläufe hinsichtlich der Umwandlung von Events zu Aktivitäten wird auf die Arbeiten von Etzion und Niblett verwiesen [5].

Die PaaS-Schicht besteht neben dem Bussystem für Daten und Services aus verschiedenen Basiselementen wie z.B. der Policy Base, der SLA Base und dem Access Portal. Letzteres bietet ein Deployment Tool, mit welchem berechtigte Nutzer neue Umgebungen und Services anlegen können. Die IaaS-Schicht beinhaltet schließlich die technische Infrastruktur für die Cloud-Umgebung sowie alles Notwendige zur Verwaltung dieser Infrastruktur. Dazu zählen Hardwareressourcen, virtuelle Maschinen und deren Verwaltungswerkzeuge sowie Scheduler und Dispatcher.

Ergänzend zur beschriebenen Cloud Computing-Architektur werden in der Arbeit Charakteristiken von Cloud-Diensten genannt. Diese lauten Agilität, niedrige Kosten, Geräte- und Ortsunabhängigkeit, Skalierbarkeit, Sicherheit, Mehrmandantenfähigkeit, Zuverlässigkeit, Nachhaltigkeit, Ausrichtung auf das Internet, automatische Anpassung, ein Pay-per-Use-basiertes Ertragsmodell und Service-Level-Agreements. Bei der Beschreibung des Frameworks wird auf diese Charakteristiken aber nicht weiter eingegangen.

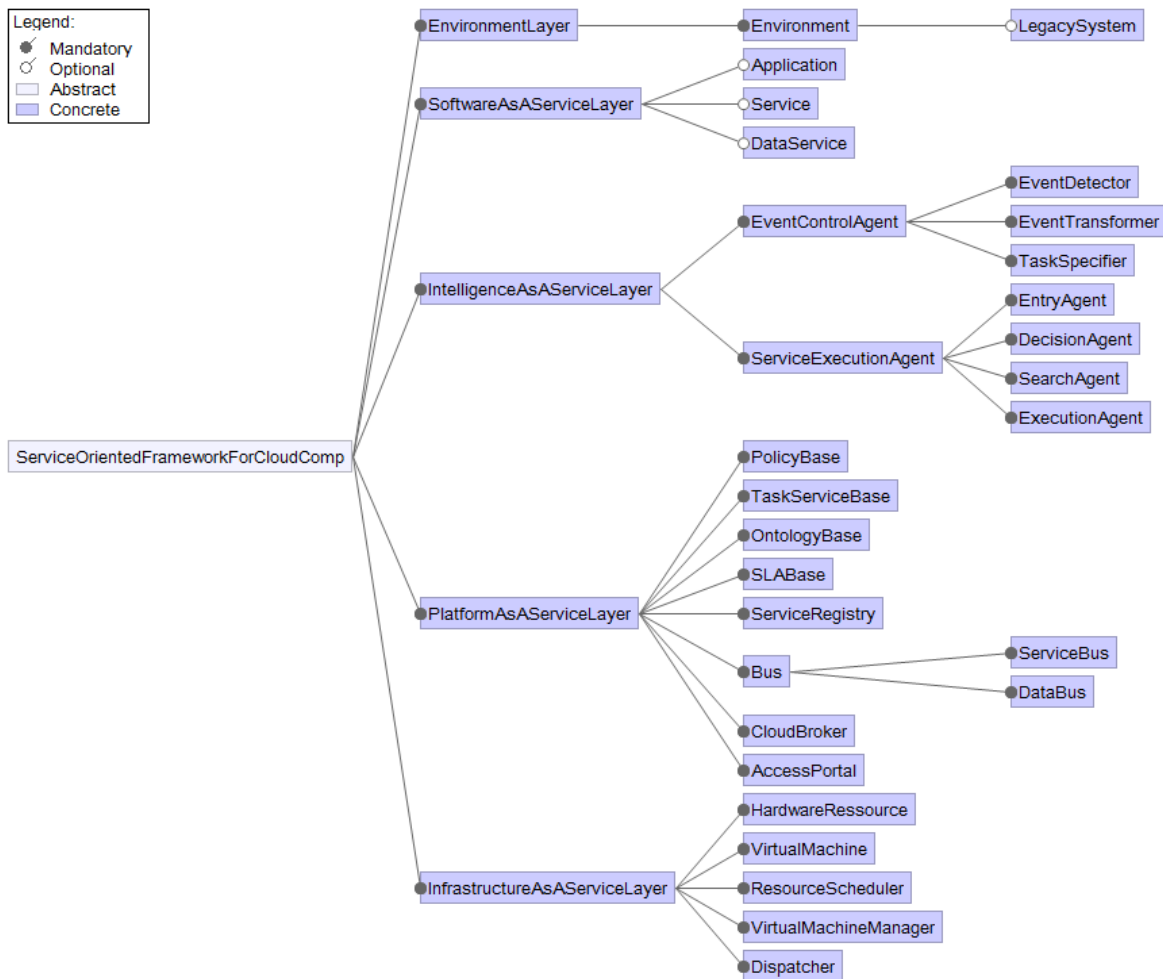


Abbildung 16: Featuremodell von Torkashvan et al.

4 Diskussion zu den einzelnen Kontexten

Bei der Beschreibung der einzelnen betrachteten Arbeiten wird deutlich, dass gerade die hersteller-spezifischen Kontexte keinen allgemeinen Referenzkontext darstellen. Häufig bleibt außerdem offen, ob es sich um ein strukturierendes übergreifendes Modell oder lediglich um eine spezifische Instanz eines solchen Modells handelt. Bei den herstellerunabhängigen und auch den wissenschaftlichen Kontexten werden häufig bestimmte Aspekte sehr gründlich beleuchtet, während andere nicht näher ausgeführt werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Kontexte entsprechend ihrer Zuordnung (herstellerunabhängig, industriell oder wissenschaftlich) kurz diskutiert. Im Falle der herstellereigenen und wissenschaftlichen Kontexte wird die Diskussion zusammengefasst.

4.1 Herstellerunabhängige Referenzkontexte

Der durch das NIST aufgestellte Referenzkontext ist Grundlage für viele weitere Kontexte und wurde als herstellerunabhängige Referenzbeschreibung für Cloud-Computing geschaffen. Bei der Beschreibung durch das NIST stehen die einzelnen Teilnehmer und ihre Rollen am Markt im Vordergrund. Dabei liegt der Schwerpunkt wiederum auf dem Provider und den Funktionen, die dieser im Rahmen des Cloud-Computing wahrnimmt. Alle anderen Rollen sind deutlich weniger ausdefiniert.

Verzichtet wurde auf eine Beschreibung von möglichen Erlösmodellen für Dienstanbieter. Weiterhin sind Punkte wie Reputation oder die Vertrauensbasis zwischen Anbieter und Konsument nicht beschrieben. Auch Portabilität und Interoperabilität werden nur eingeschränkt betrachtet und sind ausschließlich auf Seite des Anbieters verortet. Die Dienstqualität wird ebenfalls nicht berücksichtigt, so dass sich Anbieter und Konsument auf Basis dieses Kontextes nicht auf ein Qualitätsniveau oder Aspekte der Dienstqualität verständigen könnten. Im Gegensatz zu einigen anderen Ansätzen werden jedoch Hybrid Cloud und Community Cloud als Möglichkeiten Cloud-Dienste anzubieten berücksichtigt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der NIST Referenzkontext eine gute Grundlage für Rollen und die mit ihnen verbundenen Tätigkeiten für Cloud Computing bietet, jedoch essentielle Punkte nicht adressiert, da der Fokus des Kontexts auf der Seite der Anbieter von Cloud-Diensten liegt.

Der durch die BITKOM aufgestellte Referenzkontext basiert auf dem Referenzkontext der NIST. Entsprechend weist er eine ähnliche Ausrichtung auf die Anbieterseite auf. Der Fokus liegt dabei auf der Erweiterung um Vertragsrecht, Datenschutz, Informationssicherheit und Compliance. Auch dieser Referenzkontext berücksichtigt weder Erlösmodelle noch die Reputation und Vertrauensbasis zwischen Anbieter und Konsument. Zusätzlich verzichtet die BITKOM auf die eigene Definition von Rollen. Jedoch wird mit BPaaS eine ergänzende Serviceart und mit der Vertical Cloud ein neues Modell für die Erbringung von Cloud-Diensten eingeführt. Darüber hinaus werden Erfolgsfaktoren definiert, die auch Punkte enthalten, die in SLAs behandelt werden könnten.

4.2 Industrielle Referenzkontexte

Die industriellen Referenzkontexte lassen sich in drei Klassen unterteilen:

- Referenzkontexte, die den Referenzkontext der NIST als Grundlage nehmen
- Referenzkontexte, die eine Beschreibung von Gartner [15] als Grundlage nehmen
- Völlig eigenständige Referenzkontexte

Auf Grundlage des Referenzkontextes der NIST haben IBM und ORACLE eigene Referenzkontexte vorgestellt. Der von ORACLE aufgestellte Referenzkontext ist sehr spezifisch für die eigene Produktlinie, wobei unklar bleibt, ob wirklich ein Referenzkontext oder nur eine Instanz beschrieben wurde. Die Autoren des IBM Referenzkontextes sind ebenfalls von der Beschreibung der NIST ausgegangen, haben diese jedoch stark erweitert. Hervorzuheben sind die Erweiterung um Betriebs- und Geschäftsunterstützung als Aspekte des Cloud-Managements bei den Providern. Weiterhin wurde BPaaS als zusätzliches Dienstmodell eingeführt und die Beschreibung von Dienstqualität unabhängig von einzelnen Rollen ergänzt. Allerdings fehlt eine Darstellung weiterer angrenzender Themen wie der bereits erwähnten Erlösmodelle, Reputation oder Vertrauensbasis.

Auf Grundlage der durch Gartner aufgestellten Beschreibungen von Cloud-Computing haben Google, VMware und Amazon eigene Referenzkontexte erarbeitet. Google nimmt eine allgemeine Definition von Cloud Computing als gegeben an, legt jedoch einen individuellen Schwerpunkt auf den Themenbereich Sicherheit. VMware beschreibt den eigenen Referenzkontext ohne explizite Nennung von verschiedenen Rollen, jedoch mit starkem Fokus auf die Anbieterseite. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der technischen Realisierung mittels Virtualisierung und dem Aufbau von Cloud-Computing-Infrastrukturen. Dabei wird klar zwischen der Bereitstellung und dem Management der Infrastruktur unterschieden. Amazon beschreibt den Referenzkontext für die Amazon Web Services ebenfalls ohne die explizite Nennung von Rollen. Der Fokus liegt hier auf dem Dienstangebot von AWS. Die physische Infrastruktur wird nicht betrachtet. Als Dienstmodelle werden ausschließlich IaaS und PaaS angegeben, und für die Erbringung von Cloud-Diensten werden Private, Hybrid und Community Clouds ausgeklammert. Der Kontext beschreibt ausführlich die Vorteile, die durch die Nutzung der AWS Infrastruktur entstehen sollen.

Unabhängig von Definitionen Dritter haben HP und Microsoft Referenzkontexte für Cloud Computing erstellt. HP beschreibt Cloud Computing ausschließlich mit Bezug zu eigenen Produkten aus der Reihe „Cloud System Products“ und führt im Falle von SaaS Management und Aggregation als notwendige Aspekte auf. Auch stellt HP seine Dreischichtenarchitektur in den Mittelpunkt der Betrachtung. Alle Funktionalitäten und Rollen gruppieren sich um die genannten drei Ebenen, wobei Rollen und Funktionen nicht deutlich voneinander getrennt werden. Die Beschreibung des Referenzkontextes durch Microsoft nimmt ebenfalls starken Bezug auf die eigenen Produkte. Analog zu VMware liegt der Fokus auf dem Aufbau von Cloud-Infrastrukturen mittels Virtualisierung. Microsoft hat den Entwickler dabei als zusätzliche Rolle aufgenommen und Anforderungen zum Aufbau einer Cloud-Infrastruktur berücksichtigt.

Zusammenfassend lässt sich für die industriellen Referenzkontexte feststellen, dass zumeist die eigene Produktlinie im Vordergrund steht. Die einzige Ausnahme scheint an dieser Stelle IBM zu sein, die den eigenen Referenzkontext zur Standardisierung und Diskussion bei der Open Group eingereicht hat⁸, wobei keinen offensichtlichen Bezüge zu IBM-eigenen Produkten bestehen.

4.3 Wissenschaftliche Referenzkontexte

Die meisten wissenschaftlichen Referenzkontexte untersuchen bestimmte Aspekte des Cloud Computing sehr gründlich, während andere nicht näher ausgeführt werden. Dies kann damit begründet werden, dass die Kontexte hinsichtlich einer spezifischen Fragestellung aufgespannt und daher nur so weit ausgeführt werden, wie es für die Beantwortung dieser Fragestellung notwendig ist.

In dem Referenzkontext von Vaquero et al. wurden verschiedene Cloud Definitionen konsolidiert. Trotzdem fehlt es an wichtigen Elementen. So wird beispielsweise die Rolle des Brokers nicht berücksichtigt. Andere Aspekte wie z.B. die technische Realisierung (Virtualisierung), Erlösmodelle (Pay per Use), und Dienstqualitäten (SLAs) werden nur angesprochen aber nicht weiter ausgeführt.

Der Referenzkontext von Tsai et. al. konzentriert sich auf Dienste rund um Storage, Computing und Communication und bietet hierfür eine Ontologie und Entwicklungshinweise. Es fehlt aber z.B. an Modellen für Rollen und Ertragsmöglichkeiten.

Der Referenzkontext von Youseff et al. generalisiert Services im Bereich Cloud Computing zwar zu XaaS, geht auf der anderen Seite aber nicht über die technische Sicht hinaus, z.B. bzgl. der Rollen- oder Abrechnungsmodelle. Der Fokus liegt ausschließlich auf der ereignisbasierten Serviceorchestrierung bis hin zur Optimierung von Ausführungsplänen und Auslastungen.

Ähnlich wie Tsai et al. stellen Torkashvan und Haghighi in ihrem Referenzkontext eine eigene Service-orientierte Cloud Computing-Architektur vor [16]. Diese basiert auf der Cloud Computing Reference Architecture des NIST. Als Kern des Referenzkontexts wird das Service-Modell Intelligence-as-a-Service (INaaS) eingeführt, das zwischen SaaS und PaaS liegen soll und die Aufgabe besitzt, Ereignisse (Events) zu erkennen, zugehörige Aufgaben (Tasks) zu extrahieren, die zur Ausführung der Tasks notwendigen Dienste aufzurufen und die Ergebnisse an die registrierten Nutzer weiterzugeben. Neben den Service-Modellen werden in dem Referenzkontext jedoch kaum weitere Aspekte betrachtet.

Bei den Referenzkontexten von Tsai et. al., Youseff et al. und Torkashvan und Haghighi ist festzustellen, dass sie konkrete Mechanismen zur Implementierung von mehrmandantenfähigen Diensten betrachten. Auf der anderen Seite fehlt es den Modellen an weiteren Aspekten, wie z.B. der Berücksichtigung von Mashup-as-a-Service, aus dem sich aus das Service-Modell BPaaS ableiten lässt.

⁸ <http://www.opengroup.org/london2011/schuneman-kreger.htm>, zuletzt besucht am 31.10.2012

Der von Vossen et al. aufgespannte Referenzkontext ist der einzige uns bekannte Kontext aus dem wissenschaftlichen Umfeld, der Cloud Computing umfassend beschreibt. Es wurden Servicemodelle, Bereitstellungsmodelle, Ertragsmodelle, Rollen, Integrationsvarianten, SLAs und Sourcing-Modelle berücksichtigt. Der grundsätzliche Aufbau und das Rollenmodell basieren auf dem Referenzkontext des NIST, jedoch wurden umfassende Erweiterungen und Anpassungen vorgenommen, um speziell den Bedürfnissen des deutschen Marktes gerecht zu werden. Auch wurde die Reputation als Aspekt des Providers modelliert, um Konsumenten in die Lage zu versetzen Provider zu bewerten.

An einigen Stellen werden jedoch allgemeine Aspekte speziell nur unter bestimmten Rollen diskutiert, wie z.B. die Betrachtung der Reputation ausschließlich bezogen auf die Rolle des Providers. Auch zeigt sich an der unterschiedlichen Tiefe und Breite der Äste im erhobenen Featuremodell, dass bestimmte Aspekte ausführlicher adressiert werden als andere

Der Referenzkontext von Garrison et al. berücksichtigt zwar nur ein einfaches Modell von Cloud Computing bzgl. Rollenmodell, Dienstarten und Dienstbereitstellung, unterscheidet aber zwischen der tatsächlichen Auslieferung von Diensten und dem Vermögen, überhaupt Dienste bereitstellen zu können. Eine Besonderheit ist dabei, dass das Vertrauen zwischen Kunde und Anbieter als Teil des Beziehungsvermögens eines Unternehmens modelliert wurde.

Als Fazit für die wissenschaftlichen Referenzkontexte stellen wir fest, dass mit Ausnahme der Arbeit von Vossen et al. einzelne Aspekte fokussiert werden.

5 Synthese

Auf Grundlage der zuvor beschriebenen Referenzkontexte und der anschließenden Diskussion entwickelten wir einen konsolidierten Referenzkontext (FBC-Referenzkontext). Ziel dieses Referenzkontexts ist, ein umfassendes Werkzeug bereitzustellen, um die Vergleichbarkeit und Bewertbarkeit von eigenen und fremden Cloud-Dienstangeboten zu ermöglichen.

Unser Referenzkontext basiert auf den von Vossen et al. diskutierten Aspekten, greift aber auch die von der NIST identifizierten Rollen und Aktivitäten auf [9]. Zusätzlich wurden organisationale Aspekte mit einbezogen. Dies betrifft insbesondere die Reputation eines Unternehmens in Anlehnung an Vossen et al. [21], sowie das zwischen Unternehmen stehende Vertrauensverhältnis in Anlehnung an Garrison et al. [6]. Als Beschreibungsmittel der Synthese wurde wieder ein Featuremodell verwendet, diesmal jedoch als Mittel der Strukturierung (im Gegensatz zur vorhergehenden Erhebung).

Für eine leichte Zugänglichkeit und gute Lesbarkeit wurde eine einheitliche Argumentationstiefe angestrebt. Die obersten Features des Featuremodells stellen dabei die einzelnen Teilmodelle dar, die auch separat verwendet und diskutiert werden können. Über Cloud Computing hinausgehende Fachlichkeiten (wie z.B. konkrete Dienstaspekte für den Gesundheits- oder Logistiksektor) werden dabei nicht berücksichtigt. Bei Aspekten, die stark unterschiedliche Ausprägungen in Abhängigkeit der jeweiligen Fachlichkeit des Dienstes aufweisen können, insbesondere hinsichtlich der Ausgestaltung von SLAs, finden sich Anknüpfungspunkte für individuelle Ausprägungen und Ergänzungen.

Nachfolgend diskutieren wir die einzelnen Teilmodelle des erarbeiteten Referenzkontextes. Der gesamte FBC Referenzkontext findet sich im Anhang. Eine Übersicht über die einzelnen Teilmodelle findet sich in Abbildung 17.

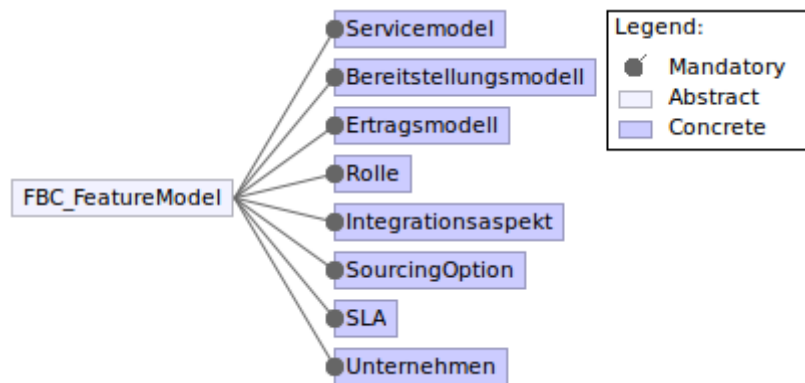


Abbildung 17: Teilmodelle des FBC-Referenzkontexts

Abbildung 18 beschreibt die im Referenzkontext berücksichtigten Servicemodelle. Neben den weit verbreiteten Modellen IaaS, PaaS und SaaS wird außerdem das generische Modell Mashup-as-a-Service ergänzt, um Dienstkombinationen und -orchestrierungen aus IaaS, PaaS und SaaS beschreiben zu können. Als wichtige eigenständige Mischform wird außerdem Business-Process-as-a-Service (BPaaS) aus den Referenzkontexten von IBM und BITKOM übernommen, um geschäftsspezifische Mashup-Anwendungen wie z.B. zum Customer Relationship Management zu berücksichtigen [3, 23].

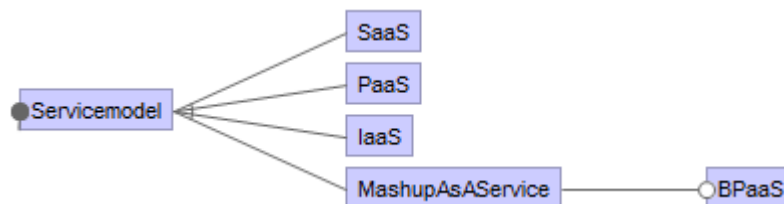


Abbildung 18: FBC Servicemodelle

Die berücksichtigten Bereitstellungsmodelle richten sich nach der Vorgabe des NIST und übernehmen Public, Private, Hybrid und Community Cloud, siehe Abbildung 19. Zusätzlich werden Virtual Private Clouds als Möglichkeit berücksichtigt, um Private Clouds in Public Cloud-Umgebungen zu implementieren. Dies erfolgt in Anlehnung an die Referenzkontexte von Amazon und Google.

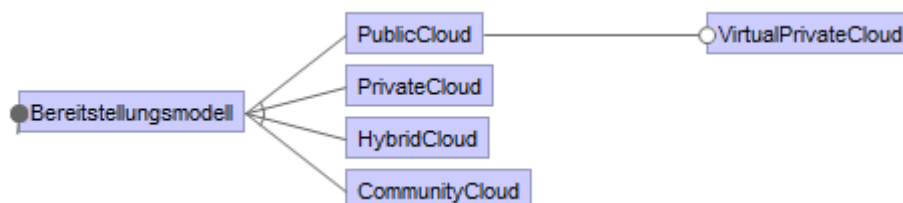


Abbildung 19: FBC Bereitstellungsmodelle

Die Ertragsmodelle sind an Vossen et al. [21] orientiert, siehe Abbildung 20. Im Unterschied dazu werden jedoch keine Kombinationsmöglichkeiten von vornherein festgelegt, um den jeweiligen Rollen selbst zu überlassen, welche Ertragsmodelle sie in welcher Art und Weise kombinieren.

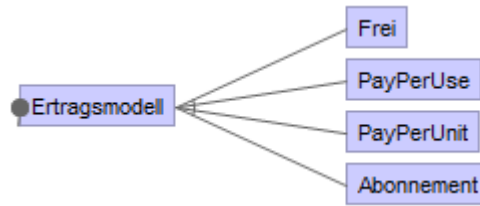


Abbildung 20: FBC Ertragsmodelle

Abbildung 21 zeigt die Rollen, die wir im FBC-Referenzkontext berücksichtigen. Diese entsprechen im Wesentlichen den Rollen, die durch das NIST identifiziert wurden und sich in den meisten Referenzkontexten wiederfinden [9]. Im Unterschied zur NIST wurden die Aktivitäten der Rollen direkt unter den jeweiligen Rollen modelliert.

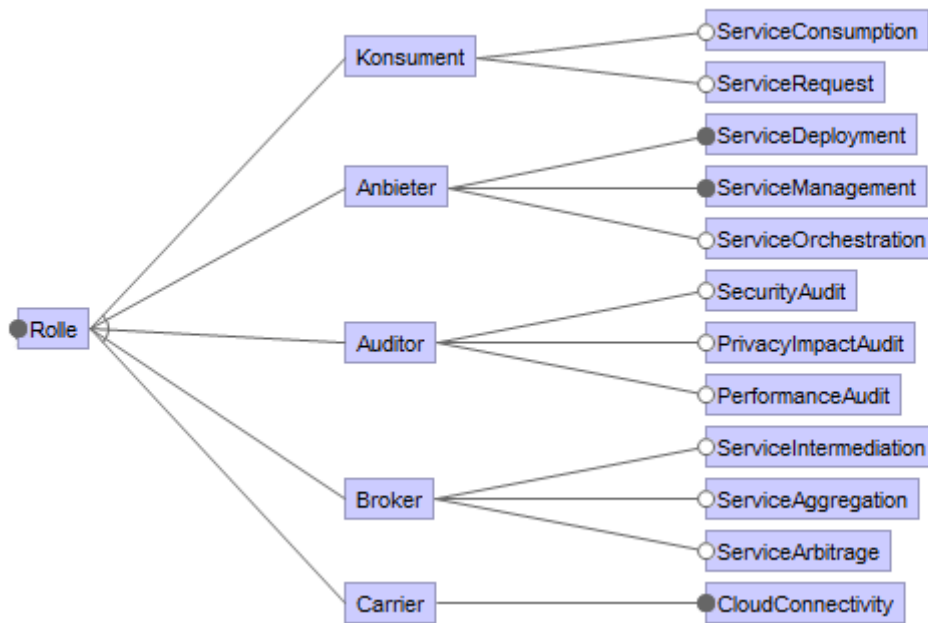


Abbildung 21: FBC Rollen

Für die Umsetzung in Unternehmen ist entscheidend, wie Cloud-Dienste konkret in das jeweilige Unternehmen integriert werden können. Relevante Integrationsaspekte finden sich in verschiedenen Referenzkontexten. Bei Vossen et al. wird dies unter Integrationsvarianten geführt [21], beim BITKOM ist Integration ein Teil der Erfolgsfaktoren [22], und bei IBM liegt die Verantwortung alleine bei dem Konsumenten [3]. Abbildung 22 zeigt die von uns berücksichtigten Integrationsaspekte für Cloud-Dienstangebote. Sie repräsentieren eine erste Zusammenführung der verschiedenen Betrachtungen, die auf die Integrationsaspekte von Vossen et al. basieren, sollten aber in zukünftigen Arbeiten noch weiter ausgeführt werden.

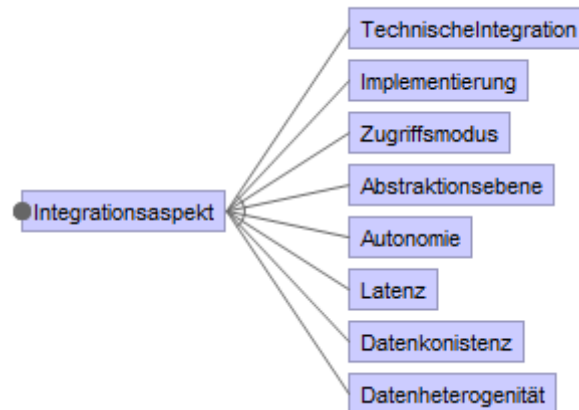


Abbildung 22: FBC Integrationsaspekte

Abbildung 23 zeigt die verschiedenen Sourcing-Optionen für den Aufbau einer Cloud-Infrastruktur. Die verschiedenen Optionen sind kombinierbar und stehen in direktem Zusammenhang mit dem gewählten Bereitstellungsmodell. Diese und ähnliche Optionen finden sich auch in anderen Arbeiten [21].

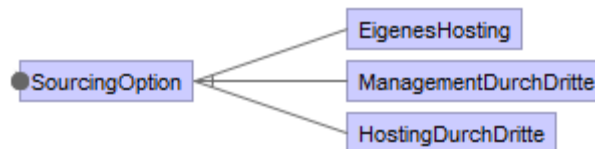


Abbildung 23: Sourcing Optionen

Die Vereinbarung von Service-Level-Agreements (SLAs) sind von zentraler Bedeutung für die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Konsumenten und Anbieter. Mittels einer Reihe von SLAs können feingranular alle vertraglich relevanten Übereinkünfte vereinbart werden. Im Rahmen der Arbeit von Vossen et al. wurde der Punkt SLAs sehr ausführlich dargelegt [21], während sich dieser Aspekt in anderen Referenzkontexten in dieser Form selten findet. Mit der in Abbildung 24: FBC SLA Abbildung 24 dargelegten Struktur für SLAs sollen Anknüpfungspunkte definiert werden, die für konkrete Geschäftsfälle bzw. Dienstangebote individuell ausgestaltet werden müssen.

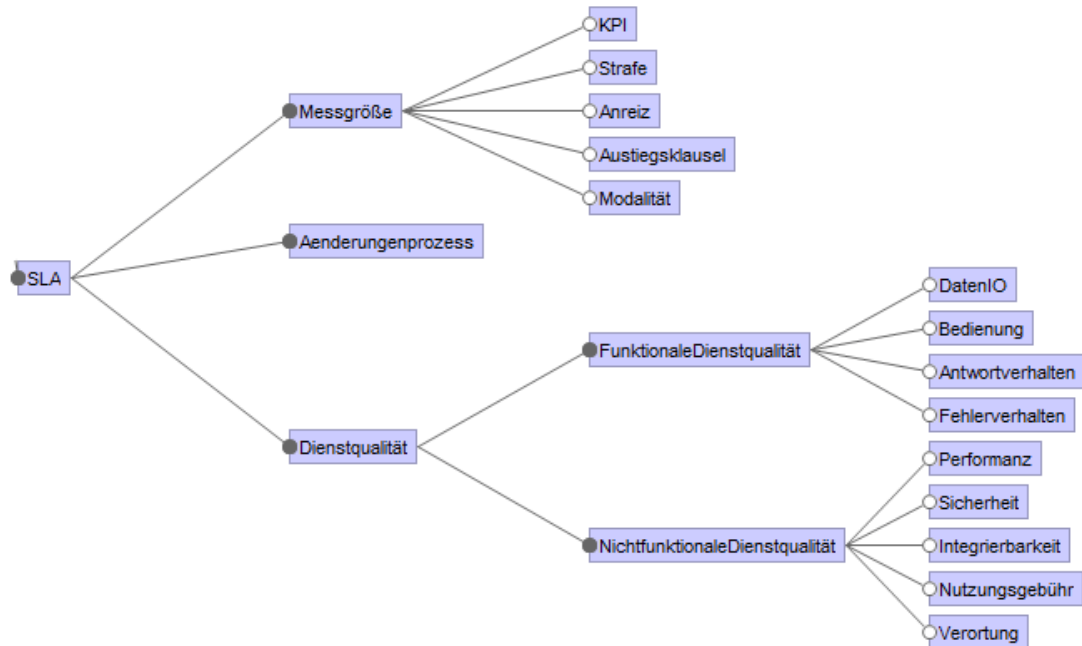


Abbildung 24: FBC SLA

Abbildung 25 beschreibt die grundlegenden Eigenschaften von Cloud-Diensten. Diese sind angelehnt an die Definition des NIST [11]. Cloud-Washing, also das bewusste Auszeichnen von beliebigen anderen Dienstangeboten wie z.B. nicht nach eigenem Bedarf zu buchende Web Services als Cloud-Dienste, kann dadurch erkannt werden, dass der betreffende Dienst mindestens eines der Charakteristika nicht aufweist.

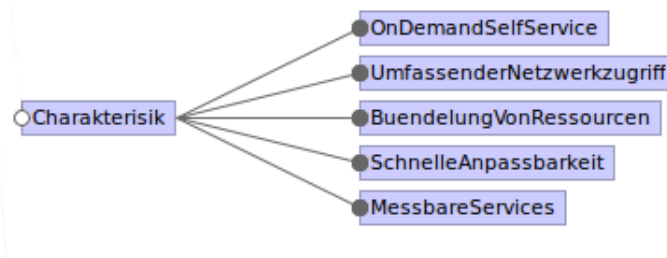


Abbildung 25: Essentielle Charakteristika von Cloud-Diensten

Schließlich beschreibt der erarbeitete Referenzkontext Unternehmen in Bezug auf Cloud Computing, siehe Abbildung 26. Dieser Punkt findet sich in ähnlicher Weise in der Arbeit von Garrison et al. [6]. Unternehmen sollen so eine Möglichkeit haben, entweder sich selbst nach außen zu präsentieren und ihre eigene Reputation anhand festgelegter Möglichkeiten darzulegen oder als potenzielle Dienstnehmer das dienstbringende Unternehmen zu betrachten. Optionen hierfür sind das Vorhandensein von Zertifikaten und Referenzen sowie ein ausführliches öffentliches Informationsangebot. Die Reputation sollte von möglichen Kunden möglichst transparent abgefragt werden können. Ein ergänzender Aspekt des Referenzmodells dazu ist das Vertrauen zwischen Kunden und Unter-

nehmen. Unternehmen sollen so die Möglichkeit erhalten, verschiedene Eigenschaften, sei es die eigenen oder die eines möglichen Geschäftspartners, als Basis für ein Geschäftsverhältnis objektiv beurteilen zu können.

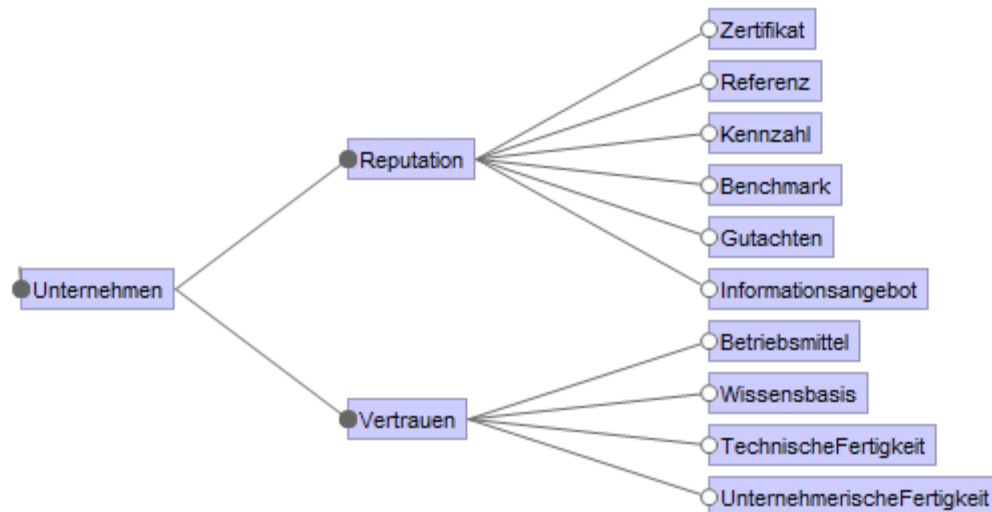


Abbildung 26: Reputation und Vertrauen

Abschließend lässt sich festhalten, dass der entwickelte FBC-Referenzkontext bisherige Arbeiten zur Beschreibung und Klassifizierung von Cloud-Dienstangeboten konsolidiert. Die betrachteten Teilmomente Dienstarten, Bereitstellung, Ertragsmöglichkeiten, Integrationsvarianten, Sourcing-Optionen, Service-Level-Agreements, essentielle Eigenschaften von Cloud-Diensten, und Reputation und Vermögen des betrachteten Unternehmens decken alle relevanten Aspekte der von uns gesichteten Arbeiten ab, die für die Betrachtung und Bewertung von Cloud-Dienstangeboten notwendig sind.

Weiterführende Erhebungen müssen hinsichtlich der Integrationsaspekte durchgeführt werden. Der Referenzkontext beschränkt sich dabei auf klassische IKT-Aspekte. Eine Erweiterung kann z.B. notwendig sein, wenn rechtliche Aspekte des Cloud-Computing eine besondere Art der Differenzierung z.B. bzgl. der verwendeten Daten erfordern. Reine rechtliche oder sonstige regulatorische Anforderungen an Cloud-Dienste werden dabei ausdrücklich nicht als Teil des FBC-Referenzkontexts gesehen sondern als Rahmenbedingungen, gegen die Instanzen des FBC-Referenzkontexts als konkrete Beschreibungen eines Cloud-Dienstangebots durch entsprechende Experten geprüft werden müssen.

Zukünftig werden aufbauend auf dem vorliegenden Referenzkontext innerhalb des Projekts Future Business Clouds Anwendungsszenarien identifiziert und unter Verwendung von Instanzen des Referenzkontexts näher untersucht. Der Referenzkontext bildet dabei die Grundlage für eine einheitliche Betrachtung und Bewertung.

Bibliographie

1. Microsoft.: Hyper-V Cloud Fast Track Program. , Redmond, USA (2011).
2. Batory, D.: Feature Models, Grammars, and Propositional Formulas. *Software Product Lines*. 3714, March, 7–20 (2005).
3. Behrendt, M. et al.: Introduction and Architecture Overview IBM Cloud Computing Reference Architecture 2.0. (2011).
4. Betsy Covell (Alcatel-Lucent), George Ivanov (TIA), Walt Tamminen (Nokia), Jonathan Jew (J&M Consultants), Mitch Tseng (Huawei), Bob Jensen (Fluke Networks), Susan Hoyler (Qualcomm), Octavio Lima (Ericsson), Stephanie Montgomery (TIA), J.P.: *White Paper on Cloud Computing*. (2011).
5. Etzion, O., Niblett, P.: *Event Processing in Action*. Manning Publications Company (2010).
6. Garrison, G. et al.: Success Factors for Deploying Cloud Computing. *Communication of the ACM*. 55, 9, 62–68 (2012).
7. Taneja Group: *An Overview of the Cloud Market Vendor Landscape*. , Hopkinton (2011).
8. HP: *Understanding the HP CloudSystem Reference Architecture*. (2011).
9. Liu, F. et al.: *NIST Cloud Computing Reference Architecture*. , Gaithersburg (2011).
10. Meinel, C., Willems, C.: *Virtualisierung und Cloud Computing : Marktübersicht*.
11. Mell, P., Grance, T.: *The NIST Definition of Cloud Computing*. (2009).
12. Microsoft: *Cloud Computing: What IT Professionals Need to Know*. , Redmond, USA (2011).
13. Microsoft: *Privacy in the Cloud Computing Era. A Microsoft Perspective*. , Redmond, USA (2009).
14. Oracle, A., Paper, W.: *Oracle Enterprise Manager Cloud Control 12 : Complete , Integrated and Business-Driven Cloud Management*. 1–13 (2011).
15. Plummer, D. (Gartner), Taylor, P. (Gartner): *The Business Landscape of Cloud Computing*. (2012).
16. Torkashvan, M., Haghighi, H.: *A service oriented framework for cloud computing*. *Proceedings of the 3rd International Conference on Information and Communication Systems - ICICS '12*. 1–5 (2012).
17. Tsai, W.-T. et al.: *Service-Oriented Cloud Computing Architecture*. *2010 Seventh International Conference on Information Technology: New Generations*. 684–689 (2010).
18. Vaquero, L.M. et al.: *A break in the clouds: towards a cloud definition*. *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 39, 1, 50–55 (2008).
19. Varia, J.: *Architecting for the cloud: Best practices*. *Amazon Web Services*. January, 1–23 (2010).
20. VMware: *VMware vCloud Architecting a vCloud*. (2011).
21. Vossen, G. et al.: *Cloud-Computing für Unternehmen - technische, wirtschaftliche, rechtliche und organisatorische Aspekte*. dpunkt.verlag (2012).
22. Weber, M.: *Cloud Computing - Evolution in der Technik , Revolution im Business*. BITKOM-Leitfaden. , Berlin (2009).
23. Weber, M.D. (BITKOM): *Cloud Computing-Was Entscheider wissen müssen*. , Berlin (2010).
24. Wilkins, M. (Oracle): *Oracle Cloud Reference Architecture*. (2011).
25. Youseff, L. et al.: *Toward a Unified Ontology of Cloud Computing*. *Grid Computing Environments Workshop, 2008. GCE '08*. 1–10 (2008).

Anhang

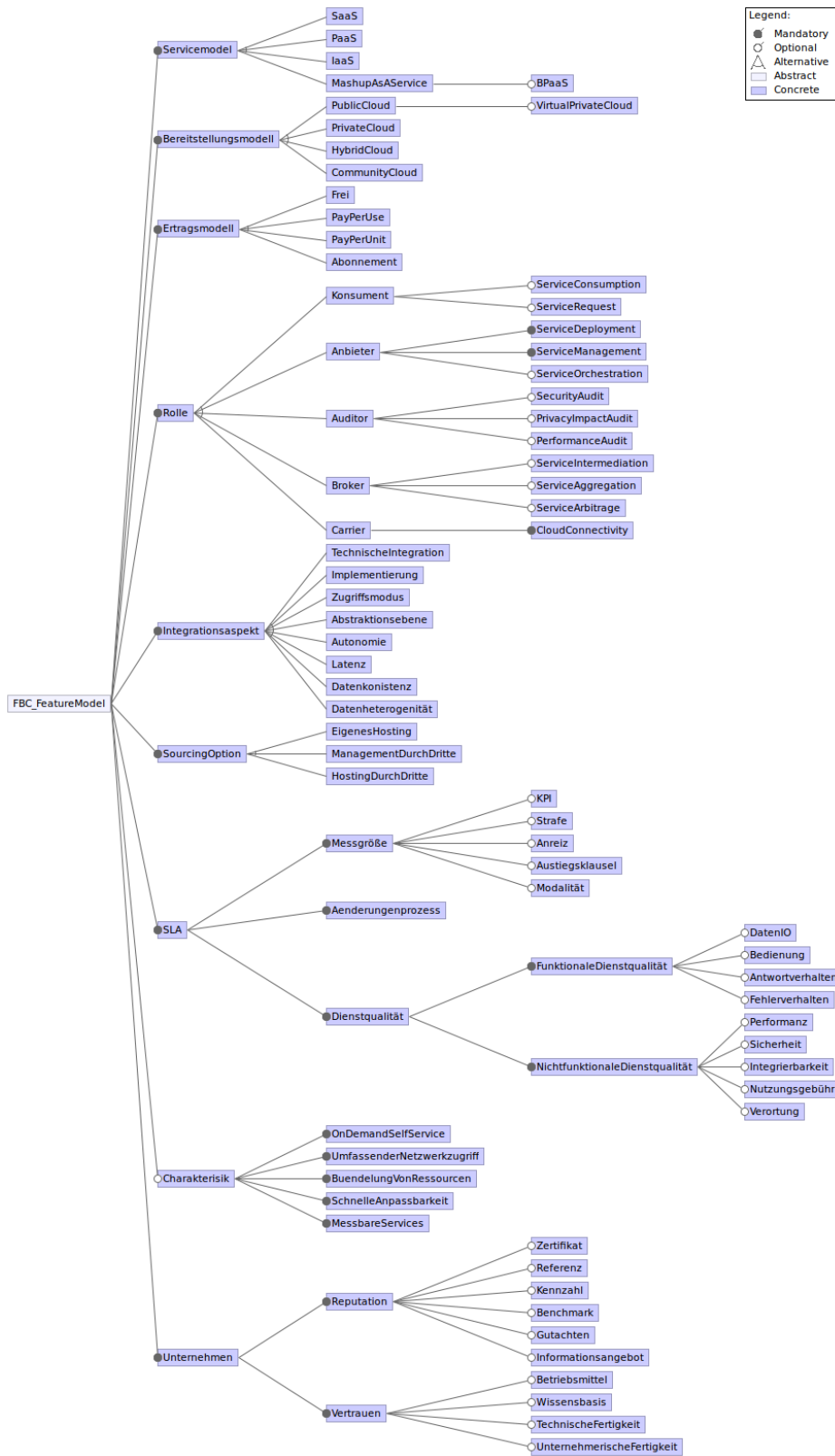


Abbildung 27: Übersicht über den FBC-Referenzkontext