

Dienstgütemanagement für Netze in Virtualisierungsumgebungen

Dieter Kranzlmüller¹²³, Martin Metzker¹²

{kranzlm,metzker}@mnm-team.org

¹Münchener Netz-Management Team (MNM Team)

²Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU)

³Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (LRZ)

2014-01-30

Virtualisierung in Rechenzentren ist die Nachbildung physischer Komponenten, um effizient aufgabenspezifisch angepasste Infrastrukturen bereitstellen zu können. Der technologische Kern sind Virtualisierer, die virtuelle Komponenten erzeugen und verwalten. Dazu organisieren sie vorhandene physische Ressourcen geeignet und sorgen dafür, dass eine so erzeugte virtuelle Komponente genauso genutzt werden kann, wie ihr physisches Vorbild.

Mit dieser zentralen Rolle haben Virtualisierer, und damit Virtualisierung, große Auswirkungen auf das Netz- und Systemmanagement in Rechenzentren. Dieser Beitrag geht zunächst auf die hinzugewonnene Flexibilität durch Virtualisierung bei der Bereitstellung von Infrastrukturen ein und zeigt durch Virtualisierung entstehende Herausforderungen für Dienstgütermanagement in Netzen auf.

Insbesondere im Bereich Dienstgüte und Dienstgütermanagement können virtualisierte Netze und Rechner heute nicht so präzise und effektiv gesteuert werden wie ihre physischen Vorbilder. Dieser Beitrag erarbeitet Anforderungen an ein Management System, das dieses Problem löst und zeigt den Entwicklungsstand einer Architektur für Dienstgütermanagement für Netze in Virtualisierungsumgebungen.

0.1 Einleitung

Die stetige Weiterentwicklung und Ausbreitung von Computern, Software und Informations-Technologie (IT) im Allgemeinen führt auch zu einer stetigen Zunahme von neuartigen und zur Unterstützung benötigten IT-Diensten. In Rechenzentren gibt es dadurch zusätzlich zum Bedarf an immer leistungsstärksten Maschinen auch eine ständig steigende Nachfrage nach immer mehr Maschinen. Dieser Effekt wird verstärkt durch neue Anwendungsszenarien wie z.B. Cloud-Computing, die vorsehen, dass auch kurzfristig Aufgaben und Dienste in Rechenzentren ausgelagert werden. Virtualisierung ist dabei ein zentrales Werkzeug im Repertoire heutiger Rechenzentren um Kunden bedarfsgerechte Infrastrukturen anbieten zu können.

Heutige Rechner sind meistens um ein Vielfaches leistungsfähiger als für einen einzelnen Dienst notwendig. Hier wird Virtualisierung eingesetzt, um auf einem physischen Rechner viele virtuelle Rechner, sog. virtuelle Maschinen (VMs), auf einer physischen Maschine zu betreiben. Funktional gesehen sind virtuelle Rechner genauso einsetzbar wie physischer Rechner, sind jedoch lediglich ein Teil der Ressourcen eines Computers. Dadurch können im Rechenzentrum logisch mehr Rechner bereitgestellt werden, als tatsächlich im physischen Aufbau vorhanden sind.

Ferner sind VMs konfigurierbar und so können virtuelle Rechner mit unterschiedlichen Eigenschaften versehen werden. Neben der Mehrfachnutzung der einzelnen Rechner, erhält man dadurch auch die Möglichkeit die zur Verfügung gestellten Ressourcen und Kapazitäten präziser zu Steuern als schlicht durch die Bauart der Computer bedingt. Virtualität lässt sich im Zusammenhang mit IT-Diensten als eine Sammlung logischer (virtueller) Komponenten und Infrastrukturen auffassen, die durch den Einsatz von Virtualisierungstechnologien dargestellt werden.

Ob physisch oder virtuell, Rechner, auf denen IT-Dienste betrieben werden, sind an ein Netz angeschlossen um mit anderen Rechnern zu kommunizieren. In Netzen wird Dienstgütemanagement betrieben, um einen ordnungsgemäßen Betrieb und einen sinnvollen Einsatz von vorhandenen Ressourcen zu gewährleisten. Allerdings entstehen durch den Einsatz von Virtualisierung Probleme, die dazu führen, dass Dienstgütemanagement in Netzen mit virtuellen Komponenten nicht im selben Ausmaß und der selben Effektivität, wie in rein physischen Netzen, durchgeführt werden kann.

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit den konzeptuellen Hintergründen dafür und einem Ansatz für eine Managementarchitektur die mit diesen Problemen umgehen kann. Ziel der Entwicklung der Architektur ist ein langfristiger Beitrag, um Vorteile von Virtualisierung besser und für mehr Anwendungsfälle nutzen zu können.

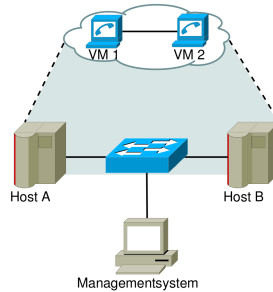


Abbildung 0.1: Aufbau für Anwendungsbeispiel

0.1.1 Beispielszenario

Typischerweise tritt ein Rechenzentrum als Dienstleister auf, der seinen Kunden IT-Dienste und Ressourcen zur Verfügung stellt. Neben den direkt nutzbaren Diensten wie z.B. E-Mail stellen Rechenzentren ihren Kunden immer häufiger Server zur Verfügung auf denen die Kunden selbstständig Betriebssysteme und IT-Dienste verwalten. Während die Kunden ihre Dienste benutzen und verwalten, wird im Rechenzentrum Netz- und Systemmanagement betrieben, mit dem vorrangigen Zweck Kunden und Benutzern eine den Anforderungen und Erwartungen entsprechende IT-Infrastruktur zur Verfügung zu stellen.

Bei der Bereitstellung von Infrastrukturen ist es üblich den Kunden einen relativ kleinen Teil einer großen, bereits im Rechenzentrum vorhandenen, Infrastruktur zur Nutzung zu überlassen. Eine Infrastruktur eines Kunden kann ein einzelner Server mit Internetverbindung sein, aber auch eine Menge von Servern die in vielen Teilnetzen organisiert sind. Virtualisierung beschreibt in diesem Zusammenhang eine Sammlung von Verfahren und Technologien um die Bereitstellung realisieren.

Abbildung 0.1 zeigt eine Virtualisierungsumgebung in der eine virtuelle Infrastruktur auf eine physische Infrastruktur aufgebracht wird. Die virtuelle Infrastruktur besteht aus zwei virtuellen Maschinen VM 1 und VM 2, die direkt miteinander verbunden sind. Die physische Infrastruktur besteht aus zwei Servern die die Virtualisierung betreiben (Host), einem Managementsystem und einer Kopplungskomponente über die alle drei physischen Systeme miteinander verbunden sind. Vor allem ist die Verbindung zwischen VM1 und VM2 von Bedeutung und auf die Darstellung der Anbindung an ein Netz außerhalb der Virtualisierungsumgebung, z.B. das Internet, wird hier verzichtet.

Die virtuelle Infrastruktur ist ein Testaufbau eines Kunden für Internettelefonie (Voice over IP, VoIP). Bei der Simulation einer Sprachverbindung zwischen VM1 und VM2 werden Daten mit 64 Kilobit pro Sekunde (kbps) in jede Richtung

übertragen. Die direkte Verbindung zwischen den beiden Systemen muss konstant (mindestens) diese Datenrate liefern, damit das Testsystem korrekt funktionieren kann.

Das Managementsystem ist in der Lage mit allen virtuellen Komponenten, den beiden Hosts und der Koppelkomponente zu interagieren und auch diese zu konfigurieren. Seine Aufgabe besteht darin Dienstgütemanagement zu realisieren. Aus Sicht des Kunden ist der wichtigste Aspekt des Dienstgütemanagements das dafür Sorge getragen wird, dass die Verbindung zwischen seinen beiden Systemen stets die notwendigen Datenraten liefert. Dienstgütemanagement umfasst alle Aktivitäten zur Verwaltung der Virtualisierungsumgebung, die dazu dienen die Leistungsanforderungen der Kunden an Systeme und Netze zu erfüllen.

0.1.2 Management virtueller Netze

Mit Virtualisierung gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten, um den gerade vorgestellten VoIP-Testaufbau auf die physische Infrastruktur abzubilden:

1. Beide VMs und ihre Verbindung werden allein auf einem der Hosts realisiert.
2. Auf jedem Host wird je eine VM betrieben und die Verbindung erstreckt sich auch über das physische Netz.

Das virtuelle Netz des Kunden ist die eine Verbindung zwischen seinen zwei Systemen. Die effektive Umsetzung und damit das gesamte Management dieses Netzes und der damit verknüpften Anforderung kann sich unterschiedlich gestalten. Das zeigt bereits der Vergleich der beteiligten Komponenten der beiden Alternativen: ein Host oder zwei Hosts und die Koppelkomponente. Das Ziel bei der Bereitstellung und Verwaltung von Testumgebungen, und allgemein für die Kommunikation innerhalb von virtuellen Netzen, sind gegenüber anderen Netzteilnehmern abgeschottete, private Netze, deren Funktion und Integrität nicht von Dritten beeinflusst werden.

Virtuelle Netze werden mittels Virtualisierung als logische Netze auf das vorhandene physische Netz aufgebracht. Techniken virtuelle Netze als logische Topologien bzw. Mengen logischer Verbindungen auf ein physisches Netz aufzubringen, haben sich unabhängig und schon vor Servervirtualisierung entwickelt und verbreitet. Die Hauptanwendungsfälle beschäftigten sich damit Netzteilnehmer und über das Netz verfügbare Netzressourcen in fachliche und/oder organisatorische Gruppen aufzuteilen, zum Beispiel bei der Vernetzung von Arbeitsplatzcomputern in einem Bürogebäude.

Verbindungen in virtuellen Netzen können dabei längere Pfade im physischen Netz, über mehrere Komponenten hinweg, zu einer logischen Leitung, einem Tunnel, abstrahieren. Ebenso kann die Nutzung von logischen Leitungen auf bestimmte Netzteilnehmer beschränkt werden. Außerdem können mit geeigneten Komponenten logischen Leitungen oder ganzen Pfaden technologiespezifische

Eigenschaften zugesichert werden, mit denen Dienstgüter und Dienstgütermanagement in physischen Netzen umgesetzt werden können.

Die Infrastrukturen, die Rechenzentren nutzen um Kunden maßgeschneiderte virtuelle Infrastrukturen zur Verfügung zu stellen, kombinieren Technologien für virtuelle Netze und virtuelle Maschinen. Daraus folgt auch die Möglichkeit neben virtuellen Maschinen auch virtuelle Netzkomponenten zu realisieren. Dadurch können heutige Virtualisierungsumgebungen beliebige virtuelle Infrastrukturen bereitstellen, die fast ebenso beliebig auf die physische Anlage aufgebracht werden können. Zum Beispiel kann das hier betrachtete Beispiel einer VoIP-Testumgebung vollständig auf einem Host realisiert werden.

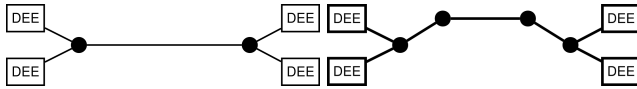
Die Folge ist eine effektive Entkopplung der für die Kunden bereitgestellten Infrastrukturen von der zugrunde liegenden physischen Infrastruktur, die das Netz- und Systemmanagement vor neue Aufgaben und Herausforderungen stellt. Ein und die selbe physische Infrastruktur beherbergt eine Vielzahl virtueller Infrastrukturen mehrerer Kunden, wobei über das effektive Nutzungsverhalten wenig oder gar nichts bekannt ist.

Nicht immer gibt es für virtuelle Netze konkrete Anforderungen wie die zweimal 64 kbps im VoIP-Beispiel. Dennoch muss jeder virtuellen Infrastruktur eine gewisse Dienstgüter zugeschrieben werden, um Planung zu ermöglichen und einen störungs- und unterbrechungsfreien Betrieb aufrecht zu erhalten. Verfügbare Ansätze zum Dienstgütermanagement in Netzen sind für die Gesamtaufgabe ungeeignet, da sie nicht mit der Entkopplung von virtuellen Geräten und Netzen von der physischen Umgebung umgehen können. Jedoch entstehen genau hier Berührungspunkte an denen Dienstgütermanagement notwendig ist.

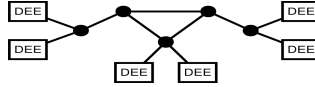
Der folgende Abschnitt 2 zeigt die Veränderungen im Netzmanagement, speziell im Dienstgütermanagement, durch die Einführung virtueller Netzkomponenten auf und nennt Auswirkungen auf Dienstgütermanagement. Im Anschluss daran entwickelt Abschnitt 3 Anforderungen an ein Dienstgütermanagementsystem das auch mit Virtualisierung umgehen kann. Kapitel 4 skizziert den aktuellen Entwicklungsstand einer Architektur, die in der Lage ist, diese Anforderungen zu erfüllen. Abschnitt 5 illustriert an einem Beispiel wie mit der vorgeschlagenen Architektur Dienstgütermanagement durchgeführt werden kann, bevor Abschnitt 6 diesen Beitrag mit einer Zusammenfassung abschließt.

0.2 Dienstgütermanagement in virtuellen Netzen

Der große Vorteil beim Einsatz von Virtualisierung ist die vielfache Nutzung weniger Komponenten bzw. das Zuweisen und effiziente Nutzen beschränkter Ressourcen. Die Umsetzung mittels virtueller Komponenten bewirkt in Netzen einen inflationären Anstieg von zu verwaltenden unterschiedlicher Komponenten und Verbindungen. Dieses Kapitel betrachtet die in diesem Kontext entstehenden



(a) Topologie aus Abbildung 0.2(b) mit zwei verschatteten Zwischenstationen durch einen Tunnel



(c) Beispieltopologie mit fünf Koppelkomponenten und sechs Dateneneinrichtungen

Abbildung 0.2: Beispieltopologie mit fünf Koppelkomponenten und sechs Dateneneinrichtungen

Herausforderungen für Dienstgütemanagement.

0.2.1 Werkzeuge zur Beschreibung von Netzen

Grundlegend können die Teilnehmer eines Kommunikationsnetzes nach ihrer Funktion und den Technologien die sie einsetzen unterschieden werden. So führen zum Beispiel die Autoren von [Tanenbaum und Wetherall 2010] Rechnernetze als „eine Sammlung autonomer Rechner die mittels einer einzelnen Technologie miteinander verbunden sind“ ein.

In einer Modellsicht können zwei Arten Netzteilnehmer unterschieden werden: Dateneneinrichtungen (DEE) erzeugen oder verarbeiten Daten die über ein Netz übertragen werden und Koppelkomponenten, die Daten weiterleiten und sie schlussendlich an den korrekten Empfänger ausliefern. Abbildungen 0.2(c), 0.2(b) und 0.2(a) zeigen drei Varianten eines Beispielnetzes, in dem DEEs Daten austauschen können. Da eine DEE keine Daten weiterleitet, sind die DEE um eine Topologie aus Koppelkomponenten angeordnet. Letztere sind in der Abbildung als Knoten im Netz dargestellt.

Zur Umsetzung und Abgrenzung von privaten Netzen stehen vor allem zwei Hilfsmittel zur Verfügung:

Zugangskontrolle. Mittels Zugangskontrolle werden die Teilnehmer einer logischen Topologie beschränkt. Abbildung 0.2(b) zeigt ein Netz, von dessen Zugang zwei DEEs und eine Koppelkomponente gegenüber der Ausgangssituation in Abbildung 0.2(c) ausgeschlossen wurden. Mit Zugangsbeschränkungen kann man Netze unabhängig ihrer physischen Topologie bilden und, umgekehrt, man muss beim Aufbau einer Infrastruktur nicht bereits ihre Anwendungen berücksichtigen.

Tunnel. Pfade durch das Netz können zu einer logischen Leitung, einem Tunnel zwischen zwei Komponenten, zusammengefasst werden. Dadurch werden längere Pfade im Netz verschattet: Abbildung 0.2(c) zeigt die vollständige Topologie, während in Abbildung 0.2(b) gegenüber 0.2(c) zwei DEEs und eine Koppelkomponente ausgeschlossen wurden. Abbildung 0.2(a) zeigt darauf aufbauend einen Tunnel zwischen zwei Koppelkomponenten, der gegenüber Abbildung 0.2(b) zwei Koppelkomponenten und drei Netzabschnitte zu einer logischen Leitung abstrahiert. Die Vorteile von Tunneln zeigen sich erst in komplexeren Szenarios. Ist das verschattete Netz zwischen den Koppelkomponenten größer, zum Beispiel das Internet, gelten für die Datenübertragung andere Randbedingungen als in lokalen Netzen. Diese können technischer Natur sein, zum Beispiel die eingesetzten und benötigten Technologien, oder auch administrative Aspekte umfassen, zum Beispiel die Festlegung welcher konkrete Pfad den Tunnel realisiert, sofern das Netze mehrere Möglichkeiten bietet.

Für alle mit den beiden genannten Konzepten entwickelten logischen Topologien und deren Umsetzung gilt stets, dass Koppelkomponenten auf Koppelkomponenten und DEEs auf DEEs abgebildet werden. Dadurch werden Anzahl und Struktur der logischen Topologien natürlich begrenzt. Durch die Virtualisierung von (End-)Geräten fällt diese Abbildungsvorschrift und physische DEEs werden eine Plattform, die nahezu beliebig weitere DEEs, Koppelkomponenten, Verbindungen und folglich ganze Netze realisieren kann. Um Zusicherungen gegenüber Kunden einzuhalten, muss diese Plattform Dienstgüte in Netzen realisieren können, analog zu Aufbauten ohne Virtualisierung.

Wird das VoIP-Beispiel so umgesetzt dass auf je einem Host eine virtuelle Maschine betrieben wird, kann man mit Zugangsbeschränkung ein virtuelles Netz einrichten, das sich über beide Hosts und die Koppelkomponente erstreckt, aber nur VM1 und VM2 als DEE in diesem Netz zugelassen werden. Die direkte Verbindung der virtuellen Infrastruktur wird dann als Netz bestehend aus zwei DEEs und drei Koppelkomponenten (Host A, Koppelkomponente, Host B) realisiert.

0.2.2 Einordnung im ISO OSI Schichtmodell

Um den Schritt von abstrakten Koppelkomponenten und DEEs auf reale Komponenten gehen zu können betrachtet dieser Abschnitt die Aufteilung von Teilproblemen in der Datenübertragung entlang des ISO OSI Referenzmodells. Daraus ergeben sich die für das Dienstgütemanagement relevanten physischen und virtuellen Komponenten.

Datenübertragung wird üblicherweise als Schichtung von Diensten implementiert. Standardmodell für Netze und ihre Schichtung ist das siebenschichtige ISO Open System Interconnection (OSI) Referenzmodell. Schichten in diesem Modell werden aufsteigend nummeriert; Schicht 1 ist die unterste Schicht, wäh-

rend Schicht 7 die höchste Schicht repräsentiert. DEEs implementieren alle sieben Schichten, während Koppelkomponenten in der Regel bis zu Schicht 3 implementieren.

Die Zwecke der Schichtung sind das Strukturieren von Teilproblemen und eine Anordnung und Kombination ihrer Lösungen. Jede Schicht erbringt einen Teildienst, und baut immer auf die Dienste der darunterliegenden Schicht auf, wobei die Aufgabe von Schicht 1 ist Bits über ein Medium zu übertragen. Diese Architektur hat folgende hervorhebenswerte Eigenschaften:

- Eine Schicht, bzw. ihre Implementierung, kann alle Teilprobleme der tieferen Schichten als gelöst betrachten.
- Ein Netzteilnehmer, der eine Schicht n implementiert, implementiert ebenfalls alle Schichten n-1 bis einschließlich Schicht 1.
- Daten verlassen und erreichen einen Netzteilnehmer stets über Schicht 1 Implementierungen.
- Es kommunizieren stets zwei Einheiten der selben Schicht.

Die Schichten 1-3 des OSI Modells bilden das Transportsystem und dienen der effektiven Übermittlung von Daten zwischen zwei Systemen. Der Dienst von Schicht 1 ist die Übertragung von Bits zwischen zwei direkt miteinander verbundenen Systemen. Aus der Möglichkeit Bits zu übertragen erzeugt Schicht 2 einen (je nach Implementierung mehr oder weniger) verlässlichen Kommunikationsdienst mit dem Systeme Datenblöcke, sogenannte Rahmen, austauschen können. Schicht 2 kann bereits Funktionen zur Zugangsbeschränkung und für Tunnel beinhalten.

Mit den Schichten 1 und 2 lässt sich bereits ein Netz realisieren, in dem DEEs Nachrichten austauschen können. Schicht 3 hat die Aufgabe Teilnetze zu verbinden und so größere Verbundnetze zu schaffen, mit dem Ziel dass jeder Endpunkt mit jedem anderen Endpunkt in dem Verbundnetz kommunizieren kann, egal in welchem Teilnetz sich dieser befindet. Demnach sind Tunnel und Zugangsbeschränkungen in und durch Teilnetze häufig auf Schicht 3 angesiedelt.

Die Schichten 4-7 legen die Nutzung des Transportsystems und anwendungsspezifische Aspekte der Kommunikation fest. Deshalb sind sie nicht teil des Transportsystems und relativ stark an Applikationen und Benutzer gebunden. Folglich eignen sie sich nicht direkt zur Virtualisierung von Netzen. Für Zugangsbeschränkungen und Tunnelmechanismen im Rahmen von Netzmanagement im Rechenzentrum sind daher die Schichten 2 und 3 maßgeblich. Hier entsteht nun die Problematik, dass es mehrere Möglichkeiten gibt virtuelle Komponenten in ein Netz einzubinden.

Die installierte Komponente um virtuelle DEEs zu betreiben ist der Virtualisierer, oder auch Hypervisor. Betrachtet man allein den Dienst Datenübertragung, so ist es die Hauptaufgabe des Virtualisierers den Datenverkehr von und zu den virtuellen DEEs zu vermitteln. Dadurch wird die physische DEE in der Modellsicht zu einer Koppelkomponente. Zur Erfüllung seiner Aufgabe hat ein Virtualisierer prinzipiell mehrere Möglichkeiten:

1. Indem der virtuellen DEE Zugang zur Hardware erlaubt wird erlangt sie direkten Zugang zur Schicht 1. Der Virtualisierer ist in diesem Fall eine Art Erweiterung der Schicht 1 Komponente der physischen DEE.
2. Ein Virtualisierer kann eine Schicht 2 Koppelkomponente (Switch) oder eine ganze Schicht 2 Topologie implementieren und somit virtuelle DEEs auf Schicht 2 in das physische Netz einspeisen.
3. Analog zu Schicht 2 kann ein Virtualisierer eine Schicht 3 Koppelkomponente (Router) oder Schicht 3 Topologie implementieren.

Mit den Möglichkeiten eines Virtualisierers ergibt sich Tabelle 0.1 als vollständige Liste von unterschiedlichen Komponenten in Virtualisierungsumgebungen, die eine Rolle beim Dienstgütemanagement spielen. Die Tabelle führt auch abkürzende Bezeichnungen für die jeweiligen Komponenten ein.

Name	Bezeichnung	Netzteilnehmer	Typ	OSI Schicht
Switch	Switch	Koppelkomponente	Physisch	2
Router	Router	Koppelkomponente	Physisch	3
Server mit Virtualisierer	Host	DEE	Physisch	7
Server ohne Virtualisierer	Server	DEE	Physisch	7
Virtueller Switch	vSwitch	Koppelkomponente	Virtuell	2
Virtueller Router	vRouter	Koppelkomponente	Virtuell	3
Virtuelle Maschine	VM	DEE	Virtuell	7

Tabelle 0.1: Komponenten in Virtualisierungsumgebungen

0.2.3 Dienstgütemanagement

Die vorausgehenden Kapitel beschreiben Virtualisierung in Netzen als eine Sammlung von Technologien um Netzkomponenten zu implementieren und logische Netze auf physische Netze aufzubringen. Dies geschieht in Virtualisierungsumgebungen, in denen ein physischer Aufbau vernetzter Computer von einer Vielzahl Kunden für unterschiedliche und voneinander unabhängige Zwecke eingesetzt wird.

Einerseits soll die Unabhängigkeit von anderen Anwendungen und Nutzern garantiert werden und andererseits soll eine bestimmte Leistung eines Dienstes innerhalb definierter Parameter ermöglicht werden. Aus der Konkurrenz durch Mehrfachnutzung und den Leistungsanforderungen an Dienste entsteht die Nachfrage nach Dienstgütezusicherungen und in der Folge Dienstgütemanagement, zur Umsetzung, Durchsetzung und Überwachung.

Dienstgüte in Netzen

Nachdem eine Datenendeinrichtung einmal an ein Netz angeschlossen wurde, besteht die Möglichkeit zur Kommunikation mit allen Netzteilnehmern unter Verwendung des vorhandenen Netzes. Dabei teilen sich Daten aus verschiedenen Interaktionen abschnittsweise die selben Leitungen und passieren die selben Koppelkomponenten. Je nach Technologie und Ausstattung, haben Leitungen und Koppelkomponenten beschränkte Kapazitäten und die Netzteilnehmer konkurrieren um verfügbare Ressourcen. Ob die Datenübertragung aus Sicht des Nutzers einwandfrei von statten gehen kann hängt von den freien Kapazitäten des Netzes ab.

Dienstgütemanagement dient dazu ein Netz so zu betreiben, dass es für im Voraus vereinbarte Nutzungen geeignet ist. Nach [Tanenbaum und Wetherall 2010] sind die klassischen Kennzahlen für Dienstgüte in Netzen:

- Übertragungsrate: Datenvolumen pro Zeit,
- Verzögerung: verstrichene Zeit zwischen Versand und Empfang einer Nachricht,
- Verlustrate: Anteil gesendeter Nachrichten die ihr Ziel nicht erreichen und
- erwartete Abweichungen bei der Betrachtung einzelner oder weniger Nachrichten: häufig unter der englischen Bezeichnung „Jitter“ geführt.

Diese Kennzahlen werden an bestimmten Stellen im Netz gemessen, so dass aus den gemessenen Größen Rückschlüsse auf die Dienstgüte der Datenübertragung ableitbar sind. Um einem Kunden für seine genutzten Dienste ein Maß an Dienstgüte zusichern, werden Messungen, Messpunkte und -Zeitraum sowie Grenzwerte für Messergebnisse in Service Level Agreements (SLAs) vereinbart. Danach obliegt es dem Betreiber das Netz zu konfigurieren und überwachen, so dass es für den Kunden innerhalb der spezifizierten Parameter arbeitet.

Aktivitäten im Dienstgütemanagement

Mit seinen Absichten fällt Dienstgütemanagement in die funktionalen Bereiche Konfigurations- und Leistungsmanagement der ISO OSI Managementarchitektur. In das Konfigurationsmanagement fallen vor allem Umsetzung und Durchsetzung, da es hier um das effektive Steuern der Komponenten geht, so dass sie den spezifizierten Anforderungen entsprechen. Leistungsmanagement wiederum prägt das Ausüben von Konfigurationsmanagement. Nach [Hegering et al. 1999] sind die durchzuführenden Maßnahmen im Leistungsmanagement:

- Bestimmen von Dienstgüteparametern und Metriken
- Überwachen aller Ressourcen auf Leistungsengepässe
- Durchführen von Messungen
- Auswerten von History Logs, d.h. Von Aufzeichnungen über Systemaktivitäten, Fehlerdateien usw.

- Aufbereiten von Meßdaten und Verfassen von Leistungsberichten
- Durchführen von Leistungs- und Kapazitätsplanungen. Hierzu gehört das Erstellen von analytischen oder simulativen Vorhersagemodellen, die dazu dienen Auswirkungen von neuen Anwendungen, von Tuningmaßnahmen (Maßnahmen zur Leistungssteigerung durch geeignete Feineinstellung von leistungsrelevanten Systemparametern) oder von Konfigurationsänderungen zu prüfen.

Allgemeine Dienstgüteparameter für Datenübertragung in Netzen sind bereits etabliert (vgl. Abschnitt 2.3.1).

Die Vermeidung von Ausfällen durch Messungen und Analysen ist intuitiv Teil des Leistungsmanagements, da ein ausgefallener Dienst im Allgemeinen nicht einsatzbereit ist und damit nicht von Nutzern bzw. Kunden für einen bestimmten Zweck eingesetzt werden kann. Die Abgrenzung zum Fehlermanagement ergibt sich nach [Hegering et al. 1999] daraus, dass sich Fehlermanagement mit der „Erkennung, Abgrenzung und Behebung von abnormalem Systemverhalten“ beschäftigt. Dies ist jedoch erst möglich sobald das abnormale Systemverhalten auftritt, während Leistungsmanagement bereits im Vorfeld abnormales Systemverhalten vermeidet. Mit dem Ziel Nutzern und Kunden eine gewisse Dienstgüte zu garantieren ist es abnormales Systemverhalten wenn das Netz nicht mehr in der Lage ist die Leistungsanforderungen eines virtuellen Netzes zu erfüllen.

Die Auswertung von mitgeführten Aufzeichnungen ist ein großer Aufgabenbereich um das Systemverhalten auch außerhalb der spezifizierten Dienstgüteparameter zu überwachen. Insbesondere in Virtualisierungsumgebungen kann dies eine wichtige Aufgabe sein, da hier viele virtuelle Infrastrukturen unabhängig voneinander definiert und betrieben werden. Dienstgüteparameter spezifizieren meist das Verhalten der Topologie die Gegenstand der Vereinbarung ist, und seltener die Vermeidung von Interaktion mit anderen, eventuell vorhandenen, Topologien.

Das Erstellen von Berichten auf Basis des gemessenen Systemverhaltens ist Teil der Schnittstelle des Leistungsmanagements nach außen; für alle Benutzer des Systems. Berichte dienen vor allem dem Nachweis von Aktivitäten im System und der Auslastung des Gesamtsystems, ohne direkte Auswirkungen auf den Betrieb des Systems.

Der letzte Aufgabenbereich umfasst Simulationen und Bedarfsplanungen und ist zwar Teil des Leistungsmanagements, aber trägt nicht direkt zum Ziel, der Beherrschung von Virtualisierungsumgebungen, so dass Dienstgüte in bereits bestehenden virtuellen Netzen garantiert werden kann, bei.

0.2.4 Herausforderungen durch Virtualisierung

Die vorausgehenden Abschnitte zeigen konzeptionelle Änderungen durch die Einführung virtueller Netzkomponenten. Auf Topologieebene wird die Abbildung

logischer Netze auf die vorhandene Infrastruktur erschwert, da nun Netzkomponenten nach Bedarf erzeugt und verändert werden können.

Während in traditionellen Infrastrukturen lediglich Netzflüsse um Ressourcen auf den Leitungen und in den Koppelkomponenten konkurrieren, gibt es in Virtualisierungsumgebungen noch die Problematik von virtuellen Koppelkomponenten, die mit virtuellen DEEs um die selben Kapazitäten der Hosts konkurrieren.

Betrachtet man eine einzelne Komponente, so verhalten sich virtuelle Komponenten zwar funktional entsprechend ihrer physischen Vorbilder, jedoch ihre Umsetzung unterscheiden sich weitreichend, von den Anschlussmöglichkeiten bis hin zu den Verarbeitungskapazitäten. Für durchgängiges Dienstgütemanagement müssen technisch Verfahren zur Verfügung stehen und kombiniert werden, um Dienstgütevereinbarungen auch in virtuellen Netzen und Komponenten zu realisieren und zu überwachen.

Da aus Sicht des Nutzers virtuelle Komponenten funktional nicht anders geartet sind als ihre physischen Vorbilder und der Einsatzzweck auch gleich bleibt, sind alle Probleme und Herausforderungen bei der effektiven Diensterbringung anzusiedeln. Hier greift Virtualisierung an drei Stellen ein:

1. Virtuelle Komponenten können Aufgaben physischer Komponenten komplett übernehmen, zum Beispiel die Übertragung von Daten zwischen zwei virtuellen DEEs auf dem selben physischen Rechner.
2. Virtualisierung bzw. die Virtualisierer steuern die Nutzung der physischen Komponenten wenn virtuelle Komponenten um physische Ressourcen konkurrieren. Dadurch greift Virtualisierung in die Ressourcenverwaltung ein.
3. In Virtualisierungsumgebungen können sich ständig Anzahl und Anforderungen virtueller Komponenten ändern. Das heißt im Gegensatz zu rein physischen Aufbauten entsteht durch Virtualisierung mehr Dynamik und die Konfiguration und Überwachung der Infrastruktur müssen dementsprechend angepasst werden.

Betrachtet man zum Beispiel einen Switch, kann man Aussagen bezüglich seiner Kapazitäten treffen die für Kapazitätsplanung, Ressourcenzuweisung und damit Dienstgütemanagement verwendbar sind. Tabelle 0.2 stellt drei Aussagen über einen physischen Switch den Eigenschaften eines virtuellen Switches gegenüber. Dieses Beispiel verdeutlicht wie unterschiedlich Komponenten im Dienstgütemanagement sein können, obwohl sie funktional identisch sind. Analog dazu müssen auch virtuelle Router anders behandelt werden als ihre physischen Vorbilder.

Während virtuelle Komponenten funktional ihren physischen Vorbildern entsprechen zeigen sich große Unterschiede in den Bereichen Beschreibung, Dienstgüte und Planung. Hier und für die Virtualisierer selbst gibt es mehr und andere Werkzeuge zur Überwachung und Steuerung. Mit diesen zusätzlichen Techniken zur Überwachung und Steuerung von Netzen, ihren Komponenten und den darin transportierten Flüssen, kann Dienstgütemanagement prinzipiell betrieben werden. Ein einsetzbares Managementsystem kombiniert alle Ansätze und imple-

Physischer Switch	Virtueller Switch
Es können höchstens so viele Leitungen angeschlossen werden wie Buchsen vorhanden sind.	Ein virtueller Switch kann mit beliebig vielen anderen Netzteilnehmern verbunden werden. Die Anzahl der virtuellen Buchsen ist nicht fest.
Die Kapazitäten des Switches sind bekannt.	Die Leistungsdaten hängen von dem zugrunde liegenden physischen Server ab, um dessen Ressourcen viele virtuelle Koppelkomponenten und DEEs konkurrieren.
Der Ressourcenaufwand einen Rahmen zwischen zwei Anschlüssen zu übergeben ist bekannt und immer gleich, egal um welches Paar von Anschlüsse es sich handelt.	Ein typischer virtueller Switch deutlich unterschiedliche Anschlussmöglichkeiten: <ul style="list-style-type: none"> • Eine virtuelle Schnittstelle über die andere virtuelle Komponenten angebonden sind. In diesem Fall werden Datenrahmen innerhalb eines Rechners kopiert oder verschoben. • Eine physische Schnittstelle, analog zu den Anschlüssen eines physischen Switches. Diese stellen in der Regel die Anbindung an das physische Netz dar. • Eine Schnittstelle auf einem anderen physischen Rechner. Häufig werden zusammen mit vSwitchen Tunnel eingesetzt, so dass ein vSwitch verteilt auf vielen Hosts existiert und dementsprechend Anschlüsse jedem dieser Rechner haben kann. Hier müssen Datenrahmen möglicherweise auf dem Weg zwischen zwei Anschlüssen des selben vSwitches das physische Netz durchqueren.

Tabelle 0.2: Gegenüberstellung eines physischen und virtuellen Switches

mentiert so Dienstgütemanagement in physischen und virtuellen Komponenten und Netzen gleichermaßen. Dadurch kann sichergestellt werden, dass ein Netz betrieben werden kann, dass es für im Voraus vereinbarte Nutzungen geeignet ist, unabhängig davon wie es durch die Infrastruktur dargestellt wird.

0.3 Zielsetzungen für Dienstgütemanagement für Netze in Virtualisierungsumgebungen

Dienstgütemanagement wird in diesem Beitrag mit bestimmten Absichten und Aktivitäten beim Verwalten einer Infrastruktur und den darin erbrachten Diensten beschrieben. Für einen Mehrwert im alltäglichen Betrieb werden alle Konzepte und Verfahren in Software, dem Managementsystem, implementiert, das in der Lage ist die spezifizierten Topologien und Anforderungen in Konfigurationen für die Virtualisierungsumgebung zu übersetzen, veranlassen und überwachen. Die Eigenschaften eines solchen Systems entsprechen den Spezifikationen einer Managementarchitektur.

Die ganzheitliche Beherrschung von IT-Infrastrukturen in Form von Netz- und Systemmanagement ist eine etablierte Disziplin der Informatik die sich unter anderem mit Dienstgüte und ihrer Zusicherung befasst. Dementsprechend ist Dienstgütemanagement für Netze in Virtualisierungsumgebungen eine Teildisziplin des Netz- und Systemmanagements. Abschnitt 2.3.2 bildet allgemeine Aufgaben des funktionalen Bereichs Leistungsmanagement der ISO OSI Managementarchitektur auf die vorliegende Problematik ab.

Aus dem abgesteckten Aufgabenbereich können Anforderungen an ein Managementsystem zum Dienstgütemanagement für Netze in Virtualisierungsumgebungen abgeleitet werden aus denen wiederum eine allgemeine Architektur für derartige Systeme abgeleitet werden kann. Stellvertretend für eine ausführlichen Anforderungsanalyse formuliert dieser Abschnitt Zielsetzungen für die Entwicklung einer Managementarchitektur.

0.3.1 Allgemeine Aufgaben des Managementsystems

Das Managementsystem ist das Werkzeug um Dienstgütemanagement zu betreiben. Es lässt sich bereits feststellen, dass das Managementsystem dadurch das Bindeglied zwischen Verwalter und Infrastruktur darstellt.

Die ursprüngliche Motivation für Netzdienstgütemanagement in Virtualisierungsumgebungen ist das Ziel Kunden eine an ihre Bedürfnisse angepasste Infrastruktur bereitzustellen und Eigenschaften dieser Infrastrukturen bezüglich Datenübertragung zu garantieren. Während des Betriebs wird das Managementsystem dazu eingesetzt (Leistungs-) Management der virtuellen Infrastrukturen

durchzuführen. Diese Eigenschaft ist prägend für das Managementsystem und demnach für die Managementarchitektur.

Vereinbarungen mit dem Kunden werden in virtuellen Infrastrukturen realisiert. Der Kunde benutzt die virtuelle Infrastruktur um seine IT-Dienste zu betreiben. Die Dienstgüteeigenschaften eines Kunden richten sich auf die Komponenten bzw. das Verhalten der virtuellen Infrastruktur. Am Ende müssen dennoch Virtualisierer und physische Koppelkomponenten konfiguriert werden, um den formulierten Vereinbarungen und Anforderungen zu genügen. Es geht bei der vorliegenden Problemstellung vorrangig um die indirekte Verwaltung der physischen Infrastruktur durch Verwalten der virtuellen Infrastrukturen.

Daraus ergibt sich ein Bild eines Managementsystems, das physische und virtuelle Netzkomponenten gleichermaßen zu dem Zweck verwaltet, Datenübertragung mit einer bestimmten Dienstgüte zu realisieren und Benutzern die Verwaltung von virtuellen Infrastrukturen, inklusive Dienstgüteparameter, ermöglicht.

0.3.2 Verwaltung der Dienstgüte von Pfade

Unter dem Blickwinkel Dienstleistung und Dienstenutzung zeigen sich in Virtualisierungsumgebungen zwei Ausprägungen: zum einen die Datenübertragung mit einer Dienstschichtung entlang des ISO OSI Referenzmodells und zum anderen die Bereitstellung von Infrastrukturen, wobei die geschichteten Dienste hier der Einsatz und die Kombination von Virtualisierungstechnologien sind.

Abbildung 0.2(c) in Abschnitt 2 unterscheidet zwischen Datenendeinrichtungen und Koppelkomponenten für eine Modellsicht auf Netze und Beschreibung der Datenflüsse. In dieser Darstellung bildet ein Netz mit diversen Koppelkomponenten den Kern der Infrastruktur und Datenendeinrichtungen sind um dieses Netz herum angesiedelt und daran angeschlossen. Mit diesem Modell, ohne ausgewiesene virtuelle Systeme, gibt es drei verschiedene Arten von Verbindungen zwischen zwei Komponenten, die mit Dienstgüteeigenschaften behaftet sein können:

- DEE mit DEE
- DEE mit Koppelkomponente
- Koppelkomponente mit Koppelkomponente

Um eine dienstgütebehaftete Verbindung auf eine Infrastruktur aufzubringen, muss ein Managementsystem alle Komponenten auf dem Pfad zwischen den gewählten Endpunkten entsprechend konfigurieren.

Abchnitt 2.4 zeigt anhand der Gegenüberstellung eines Switches mit einem vSwitch, dass virtuelle Systeme im Vergleich mit ihren physischen Vorbildern deutlich unterschiedliche für das Dienstgüteeigenschaften relevante Eigenschaften haben können. Insofern muss auch jedes Managementsystem für Dienstgüteeigenschaften zwischen virtuellen und physischen Systemen unterscheiden. Abbildung 0.3 zeigt ein Beispiel für eine Topologie mit physischen und virtuellen Systemen.

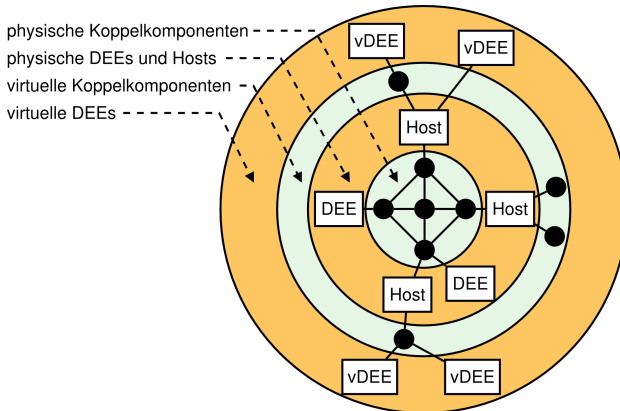


Abbildung 0.3: Eine Topologie mit physischen und virtuellen Komponenten

Im Kern der Infrastruktur befindet sich ein Netz aus physischen Koppelkomponenten, analog zu Abbildung 0.2(c) in Abschnitt 2. An dieses Netz angeschlossen sind physische DEEs, von denen manche Hosts sind. Hosts sind die Plattform für virtuelle Koppelkomponenten und DEEs. Das heißt deren Datenverkehr muss den Host passieren, um über das physische Netz übertragen zu werden. Dementsprechend sind in der Schicht um die Hosts virtuelle Koppelkomponenten angesiedelt und in der Schicht ganz außen die virtuellen DEEs.

Die Abbildung gruppiert die Systeme der Infrastruktur in Schichten von innen nach außen nach ihren Kommunikationseigenschaften, vor allem nach „direkten Nachbarn“ des effektiven Datenflusses. Die eingezeichneten Verbindungen zeigen mögliche Wege für die direkte Übertragung von Daten, ohne mittelbare Komponenten. Insbesondere sind keine Verbindungen eingezeichnet, die durch den Einsatz von Tunneltechniken zusätzlich möglich sind.

Bei dieser Strukturierung der Komponenten wird durch die Anzahl der Zwischenschritte deutlich, dass zum Beispiel die Kommunikation zwischen einem virtuellen Switch und einem physischen Switch anders realisiert werden muss, als die Kommunikation zwischen zwei physischen Switches. Charakterisiert man die „direkte“ Kommunikation zwischen einem physischen und einem virtuellen Switch entlang der ISO OSI Schichten, tritt der offensichtlich an der Kommunikation beteiligte Host nicht in Erscheinung, jedoch hängt die erreichbare Dienstgüte bei der Datenübertragung unter anderem von der Auslastung des Hosts ab.

Berücksichtigt man Virtualisierung und Tunneltechniken so ergibt sich folgende Liste an prinzipiellen möglichen Verbindungen die mit Dienstgüteeigenschaften behaftet sein können:

- DEE mit DEE
- virtuelle DEE mit DEE
- virtuelle DEE mit virtuelle DEE
- DEE mit Koppelkomponente
- virtuelle DEE mit Koppelkomponente
- Koppelkomponente mit Koppelkomponente
- virtuelle Koppelkomponente mit Koppelkomponente
- virtuelle Koppelkomponente mit virtuelle Koppelkomponente

Die Unterscheidung zwischen Host und Server ist hier für das Leistungsmanagement nicht ausschlaggebend, da beide auf OSI Schicht 7 anzusiedeln sind. Der Begriff „virtuelle DEE“ meint in den meisten Fällen und in Abbildung 0.4 VMs. Eine VM ist meist ein virtueller Server, jedoch ist es denkbar, dass z.B. für Testzwecke, auf einer virtuellen Maschine ein Virtualisierer betrieben wird. Rekursive Virtualisierung und „vHosts“ werden hier jedoch nicht genauer betrachtet.

Ein Dienstgütemanagementsystem für Virtualisierungsumgebungen unterscheidet zwischen Pfaden und Pfadsegmenten aus der erweiterten Liste und erstellt letztendlich Konfigurationen für alle Teilsysteme. Die Aktivitäten des Leistungsmanagements dienen dazu sicherzustellen, dass die virtuellen Infrastrukturen der Nutzer bzw. Kunden tatsächlich den zugesicherten Eigenschaften entsprechen.

0.3.3 Abgeleitete Zielsetzungen

Eine virtuelle Infrastruktur, die auf die Bedürfnisse eines Kunden hin spezifiziert wurde, wird vom Managementsystem umgesetzt, das heißt, lediglich das Managementsystem verfügt über das Netz einer virtuellen Infrastruktur als Ganzes. Aus diesem Grund ist das Managementsystem nicht auf Leistungsmanagement im Betrieb beschränkt, sondern von Anfang bis Ende an der Bereitstellung und Verwaltung von virtuellen Infrastrukturen beteiligt.

Eine virtuelle Infrastruktur ist ein IT-Dienst, dessen Lebenszyklus nach [Dreo 2002] beschrieben werden kann, insbesondere, da in einer Virtualisierungsumgebung viele virtuelle Infrastrukturen ihren kompletten Lebenszyklus durchlaufen. Mit diesem Lebenszyklusmodell bedeutet von Anfang bis Ende von der Bereitstellung über Betrieb und Anpassung bis zur Auflösung. Der Dienstlebenszyklus nach Dreo beginnt bereits bei der Formulierung des zu erbringenden Dienstes, noch vor dessen Umsetzung. Das Managementsystem dient der Steuerung der vorhandenen IT-Infrastruktur und ist deshalb erst bei der Umsetzung, also der ursprünglichen Bereitstellung einer virtuellen Infrastruktur, beteiligt.

Die Beschreibung einer virtuellen Infrastruktur inklusive ihrer Dienstgüteeigenschaften wird in das Managementsystem eingegeben. Das Managementsystem kann daraufhin das Netz zwischen den (virtuellen) Endpunkten bestimmen und steuern. Sind die Endpunkte bekannt, können virtuelle Netze und Pfade geschaltet werden. Das Managementsystem kontrolliert isolierte virtuelle Netze,

überwacht diese und kann Anwendern Managementfunktionen auf das virtuelle Netz anbieten.

Da das Managementsystem den Verlauf der virtuellen Pfade durch die physische Infrastruktur kennt und steuert, kann es Ressourcenzuweisung und -Nutzung koordinieren, das heißt während des Betriebs Veränderungen an der ursprünglich aufgebrachten Infrastruktur vornehmen. Umgekehrt kann es auf Veränderungen reagieren, wie zum Beispiel dem Hinzufügen eines Endpunkts in eine virtuelle Infrastruktur, oder aber das Migrieren eines virtuellen Endpunkts auf einen anderen Host. Letztendlich ist das Managementsystem auch an der Auflösung einer virtuellen Infrastruktur beteiligt indem reservierte Ressourcen freigegeben werden und logische Verbindungen, z.B. Tunnel, abgebaut werden.

Aus dem Ansinnen Leistungsmanagement zu betreiben, der Aufgabe virtuelle Infrastrukturen zu Verwalten, der Aufgabe der Managementzugang für Anwender zu sein und dem Lebenszyklus virtueller Infrastrukturen ergeben sich folgende Ansprüche an ein Managementsystem für Dienstgütemanagement für Netze in Virtualisierungsumgebungen:

1. Es müssen Modelle von physischen und virtuellen Infrastrukturen vorgehalten werden. Das Managementsystem reagiert auch auf Änderungen am Gesamtsystem. Deshalb muss das Managementsystem Repräsentationen der Soll- und Ist-Zustände der einzelnen Topologien, inklusive Dienstgüteparameter, haben um Aktionen ableiten zu können.
2. Zugang zu den Informationen (und Funktionen) muss beschränkt werden, um eine Isolation der Infrastrukturen zu garantieren. Der Betreiber nimmt eine Sonderrolle ein, da dieser auch die physischen Komponenten direkt verwaltet.
3. Dienstgütemanagement einer virtuellen Infrastruktur muss möglich sein, ohne zusätzliches Wissen über ihre Umsetzung. Dem Kunden soll eine stabile, sich nicht verändernde Infrastruktur angeboten werden, die komplett isoliert von anderen Infrastrukturen betrachtet werden kann.
4. Dem Anwender arbeitet mit generalisierten Funktionen zur Festlegung und Steuerung von Dienstgüteparametern und löst nicht direkt Managementaktionen an Komponenten aus.
5. Die von Anwendern ausgelösten Funktionen müssen automatisch auf spezialisierte Anweisungen abgebildet werden. Die spezialisierten Anweisungen beziehen sich auf Teilstrecken, Pfadsegmente, aus der in Abschnitt 3.2 eingeführten Liste. Die Abbildungen werden wiederholt, bis daraus Anweisungen an unmittelbar interagierende physische und virtuelle Komponenten entstehen.
6. Netzabschnitte müssen zu Pfaden verknüpft werden können um die logischen Verbindungen virtueller Infrastrukturen umzusetzen. Ebenso müssen, als Reaktion auf Einflüsse von außen oder von Anwendern, bestehende Pfade modifizierbar sein.

7. Das Managementsystem muss alle Komponenten steuern können. Diese wurden in Tabelle 0.1 in Abschnitt 2.2 aufgeführt. Einige Komponenten, zum Beispiel Virtualisierer, können bereits durch ein anderes Managementsystem verwaltet werden. Ein Managementsystem für Dienstgütemanagement für Netze in Virtualisierungsumgebungen muss auch diese Teilsysteme koordinieren.
8. Für allgemeine Dienstgüteparameter müssen Steuer- und Messfunktionen koordiniert werden, um Aussagen über die Erfüllung von Zusicherungen zu treffen. Da das Managementsystem die Pfade kontrolliert muss es auch die Messungen der Teilabschnitte und des gesamten Pfades koordinieren und daraus Aussagen ableiten.
9. Analog zu Pfaden müssen auch Messungen und Messabschnitte koordiniert und zusammengefasst werden.
10. Zur effektiven Durchführung von Leistungsmanagement muss es für Messungen auch Trendanalysen und Frühwarnsysteme geben, um Engpässe zu erkennen.
11. Bei drohenden Leistungsengpässen muss das Managementsystem warnen, insbesondere wenn ein Anwender eine Managementfunktion auslösen möchte, die einen drohenden Engpass verschlimmern kann. Dazu müssen die Auswirkungen von Managementoperationen vor der effektiven Umsetzung überprüft werden.

Ein Managementsystem, das diesen Zielen entspricht kann alle Nutzer beim Netzdienstgütemanagement in Virtualisierungsumgebungen unterstützen. Virtuelle Infrastrukturen können mit Dienstgüteattributen versehen werden, die das Gesamtsystem so steuern, dass die Anforderungen der Kunden erfüllt werden.

0.4 Architekturentwicklung für Dienstgütemanagement für Netze in Virtualisierungsumgebungen

Aus den zuvor besprochenen Herausforderungen und daraus entwickelten Zielsetzungen kann eine Managementarchitektur für Dienstgütemanagementsysteme für Netze in Virtualisierungsumgebungen entwickelt werden. Architekturen sind im unified software development process nach [Jacobson et al. 1999] konzeptionelle Vorlagen für Implementierungen von Softwaresystemen; genauer handelt es sich hier um eine Managementarchitektur für Managementsysteme.

Der Kern einer Managementarchitektur nach OSI wird in [Hegering et al. 1999] aus vier Teilmodellen zusammengesetzt. Diese beschäftigen sich mit der Beschreibung ...

- der zu verwaltenden Objekte und ihren Beziehungen zueinander (Informa-

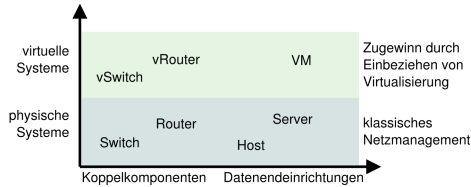


Abbildung 0.4: Kategorisierung verwaltbarer Komponenten

tionsmodell),

- der Funktionen die zur Durchführung von Management umgesetzt werden müssen (Funktionsmodell),
- der Regelung und Verteilung von Kompetenzen und Zuständigkeiten auf Nutzer (Organisationsmodell) und
- der Interaktionen von Teilsystemen und die zu kommunizierenden Inhalte (Kommunikationsmodell).

Dieser Abschnitt zeigt den aktuellen Entwicklungsstand einer Managementarchitektur und fokussiert dabei auf die benötigten Komponenten und deren Interaktion. Der wesentliche Beitrag dieser neu entwickelten Architektur ist die Kombination von Netzmanagement und dem Management virtualisierter Komponenten zum Zwecke des Dienstgütemanagements.

Dienstgütemanagement mit zugesicherten, überwachten und technisch durchgesetzten Eigenschaften als Teil von klassischem Netzmanagement kann bisher innerhalb von physischen Netzen umgesetzt werden. Die im Folgenden vorgestellte Architektur dehnt diesen Wirkungsbereich auch auf virtuelle Komponenten aus und ermöglicht so Dienstgütemanagement für alle Topologien innerhalb einer Virtualisierungsinfrastruktur. Abbildung 0.4 visualisiert den Zugewinn als die Einbeziehung von virtuellen Komponenten. Die untere dunklere Fläche beinhaltet die Komponenten zwischen denen heute bereits Dienstgütemanagement umgesetzt werden kann. Die hellere Fläche umfasst die neuen Komponenten, die als Endpunkt einer dienstgütebehafteten Verbindung verwaltet werden können.

Die Erweiterung des Wirkungsbereichs von Dienstgütemanagement wird konzeptionell durch das Einbeziehen der Übergänge zwischen virtuellen und physischen Komponenten und den dadurch ermöglichten logischen Verbindungen im Dienstgütemanagement erreicht. Sofern es Pfade durch ein Netz betrifft, sind dies die in Abschnitt 3.2 aufgezählten Verbindungen die mit Dienstgüteeigenschaften behaftet sein können.

0.4.1 Behandlung gegenläufiger Ziele

Die im vorausgegangenen Abschnitt 3.3 formulierten Ziele eines Managementsystems beinhalten meistens Abbildung, Verschattung oder Automatisierung. Dies ergibt sich daraus, dass beim Management von Virtualisierungsumgebungen mehrere gegenläufige Aspekte zusammentreffen.

Virtuelle Infrastrukturen werden zusammengefasst und teilen sich die selben physischen Ressourcen. Dies ist gegenläufig zu den Bestreben virtuelle Infrastrukturen strikt voneinander zu trennen, so dass sie sich nicht gegenseitig beeinflussen und für jede virtuelle Infrastruktur einzeln Dienstgütemanagement zu betreiben.

Dienstgütemanagement benötigt eine sehr präzise Steuerung jeder einzelnen beteiligten Komponente. Hier entsteht Reibung durch die vielen Indirektionen: der Kunde bekommt eine angepasste virtuelle Infrastruktur, die durch Hosts realisiert wird, die über ein Netz verbunden sind das virtuelle Leitungen beinhalten kann.

Physische und virtuelle Komponenten unterscheiden sich beim Durchführen von Konfigurations- und Leistungsmanagement voneinander. Da Benutzer jedoch nicht mit einer globalen Sicht auf die Virtualisierungsumgebung arbeiten, sondern lediglich ihre jeweiligen virtuellen Infrastrukturen betreuen, müssen die Managementfunktionen zur Durchführung von Dienstgütemanagement einheitlich sein.

Schlussendlich gibt es noch den allgemeinen Aspekt im Dienstgütemanagement, dass Dienstgüteparameter in der Regel für Leitungen bzw. Verbindungen zwischen zwei Komponenten spezifiziert werden. Allerdings findet die Umsetzung mittels Konfiguration und Überwachung in den Komponenten statt.

Zusammenfassend ergibt sich, dass die Architektur prinzipiell darauf ausgerichtet werden muss Abstraktionen zu bilden bzw. aufzulösen. Gemessene Leistungsdaten werden korreliert um daraus die relevanten Daten für virtuelle Komponenten und Pfade zu extrahieren und durchgeführte Managementoperation werden zerlegt und an ausführende Module delegiert.

0.4.2 Architekturüberblick

Abbildung 0.5 zeigt die hauptsächlichen Aufgabenbereiche der Architektur und wie sie sich in die Verwaltung von Komponenten einbetten. Die Aufteilung folgt prinzipiell dem Deming-Kreis "Plan-Do-Check-Act" für Qualitätsmanagement, wobei die hier beschriebene Reihenfolge am agierenden Benutzer verankert ist: Zuerst wird auf der abstrakten Ebene der virtuellen Infrastrukturen ein Soll-Zustand festgelegt (Act). Im nächsten Schritt wird ein Soll-Zustand für die gesamte Virtualisierungsumgebung abgeleitet (Plan). Daraufhin wird das System in den neuen Soll-Zustand überführt (Do) und kontinuierlich zum Zweck des Leistungsmanagements überwacht (Check).

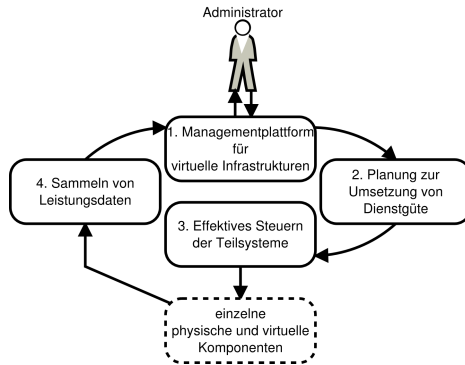


Abbildung 0.5: Abgedeckte Aufgabenbereiche

Die vier Kästen mit durchgezogenen Linien repräsentieren die Aufgabengebiete: 1. Bereitstellen eines Managementzugangs zum Verwalten von virtuellen Infrastrukturen, 2. Entwicklung und Koordination von Strategien zur Umsetzung von Dienstgütern, 3. Steuerung der individuellen Komponenten und 4. Sammeln von Leistungsdaten. Die Nummerierung entspricht der Nummerierung im Bild. Ein Benutzer der Dienstgütermanagement betreibt, benötigt dafür Informationen und setzt Managementbefehle ab, die im Endeffekt die virtuellen und physischen Komponenten der Virtualisierungsumgebung konfigurieren.

Die Pfeile weg vom Benutzer in Richtung der Komponenten, dem gestrichelten Kasten in der Abbildung, deuten den Verarbeitungsweg von Managementbefehlen bis zur effektiven Ausführung an. Die Pfeile zum Benutzer hin skizzieren den Weg und die Aufbereitung von Informationen um dem Benutzer Dienstgütermanagement zu ermöglichen. Die eingezeichneten Befehls- und Informationsflüsse sind exemplarisch. Zwischen den einzelnen funktionalen Komponenten existieren mehrere Beziehungen und Regelkreise (siehe Abschnitt 4.3), die ein konsistentes und reaktives System sicherstellen.

Der Managementzugang implementiert einen wesentlichen Teil der strikten Trennung der unterschiedlichen Infrastrukturen und die geforderten abstrakten Managementfunktionen, um Dienstgütermanagement zu ermöglichen. Das Hauptaugenmerk liegt auf den Modellen mit denen die Infrastrukturen der Kunden repräsentiert werden. Durch das Auswerten vorhandener Daten und das Abbilden auf gespeicherte Modelle wird der Ist-Zustand von virtuellen Infrastrukturen ermittelt und dem Nutzer des Systems zugänglich gemacht. Umgekehrt werden Änderungen am Modell als neuer Soll-Zustand gespeichert.

Der zweite Bereich entwickelt eine generelle Strategie um die Virtualisierungsumgebung in den den neuen Soll-Zustand zu überführen. Hier werden die logischen

Verbindungen und dienstgütespezifischen Einstellungen bzw. Anforderungen analysiert. Dabei werden logische Verbindungen in ihre Bestandteile aufgeteilt, bis alle relevanten Teilabschnitte identifiziert wurden, die auch nicht mehr weiter aufgeteilt werden können. Anschließend werden die Dienstgüteanforderungen der ursprünglichen logischen Verbindung auf die Teilabschnitte umgelegt. Das Ergebnis ist eine Menge von dienstgütespezifischen Konfigurationen für die Kommunikation direkter Nachbarn. Durch die Umsetzung der Konfigurationen wird die Virtualisierungsumgebung, und damit die virtuellen Infrastrukturen, in den Soll-Zustand überführt.

Die effektive Umsetzung ist der dritte Aufgabenbereich der Architektur. Dieser Bereich ist der Werkzeugkasten der Architektur zur Steuerung der Dienstgüte zwischen zwei unmittelbar kommunizierenden Komponenten. Für die einzelnen Schritte der Strategie zum Erreichen des Soll-Zustands werden hier für die jeweiligen Komponenten die entsprechenden Managementoperationen ausgewählt und ausgeführt.

Aktivitäten im Leistungsmanagement (vgl. Abschnitt 2.3.2) setzen massiv auf die Interpretation und Auswertung von gemessenen Daten. Der verbleibende Aufgabenbereich ist deshalb die Sammlung von relevanten Daten für das Leistungsmanagement der Virtualisierungsumgebung und insbesondere den virtuellen Infrastrukturen. Die dafür spezifizierten Messverfahren orientieren sich an den Modellen der virtuellen Infrastrukturen über die man Aussagen treffen möchte. Darum können sich Messabschnitte über viele Komponenten und verschieden lange Netzabschnitte erstrecken.

Die folgenden Abschnitte verfeinern diese Aufgabenbereich zu funktionalen Komponenten, die als Einheiten die Teilaufgaben wahrnehmen implementiert werden können.

0.4.3 Funktionale Komponenten

Die Aufteilung in allgemeine Aufgabenbereiche liefert erste Schnittstellen in Form von erwarteten Ergebnissen und benötigten Informationen bzw. Eingaben. Die Verfeinerung von Aufgabenbereichen in funktionale Komponenten die als Teilsysteme eines Managementsystems implementiert werden können erfolgt anhand von benötigten Informationen und Teilmodellen innerhalb eines Aufgabenbereichs. Zum Beispiel wird die Strategie um eine bestimmte logische Verbindung zu implementieren im Aufgabenbereich 2 erstellt und in den Aufgabenbereichen 3 und 4 verwendet. Daraus ergibt sich für jedes dieser Gebiete eine funktionale Komponente die sich mit Strategien befasst.

Modelle, Strategien, Zustände und Messdaten werden meist für die Erfüllung mehrerer Aufgaben unterschiedlicher Komponenten benötigt. Für einen Softwareentwurf ist es sinnvoll diese Daten mit einer zentralen Datenbank zu verwalten um vor allem deren Konsistenz und Verfügbarkeit zu garantieren. Die im Folgenden

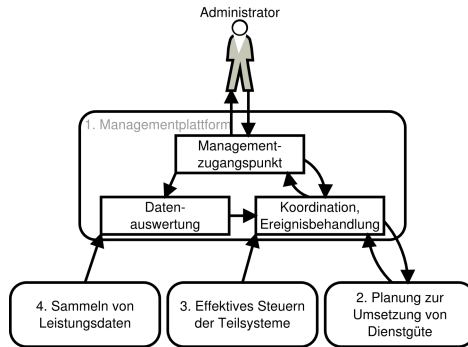


Abbildung 0.6: Funktionale Komponenten der Managementplattform

gezeigten Architekturkomponenten und ihre Interaktionen verzichten auf die Datenbank als Zwischenhändler für Informationen.

Managementplattform

Die Managementplattform interagiert mit Benutzern und ist der Zugang zur Konfiguration von Dienstgütemanagement in Netzen in Virtualisierungsumgebungen. Mit einem Fokus auf Dienstgütemanagement in Netzen muss die Architektur darauf ausgelegt werden mit anderen Managementsystemen, mit anderen Aufgaben, zu interagieren und eventuell integriert zu werden. Das heißt *der Benutzer* kann neben einem Menschen, der eine Anwendung bedient, auch ein anderes Softwaresystem sein.

Abbildung 0.6 zeigt die funktionalen Komponenten der Managementplattform, ihre Interaktionen untereinander, mit dem Benutzer und den anderen Aufgabengebieten. Der Benutzer interagiert lediglich mit dem *Managementzugangspunkt*. Hier kann der aktuelle Zustand der virtuellen Infrastrukturen bezüglich Dienstgüte und Leistungsmanagement eingesehen werden und ein Soll-Zustand definiert werden. Dafür ist es notwendig aus den Messdaten der gemeinsam genutzten Infrastruktur individuelle Werte zu berechnen und Berichte zu erstellen. Datenauswertung geschieht entweder kontinuierlich, oder ausgelöst durch eine Benutzeranfrage. Deshalb ist die Datenauswertung eine selbstständige funktionale Komponente und nicht Teil des Managementzugangspunkts.

Die dritte Komponente der Managementplattform dient der Koordination. Managementaktionen können vom Benutzer oder von Automatismen im Leistungsmanagement ausgelöst werden. Auf der anderen Seite muss aus einer gewünschten Konfigurationsänderung erst eine Strategie zur Umsetzung entwickelt werden. Mit Strategieentwicklung, Automatismen und Benutzern gibt es hier mindestens

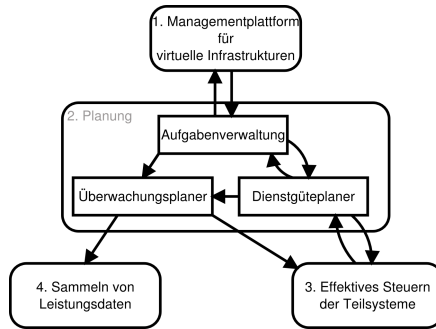


Abbildung 0.7: Funktionale Komponenten der Planung

drei voneinander unabhängig arbeitende Teile der Architektur wodurch eine koordinierende Einheit notwendig wird um sinnvoll effektives Management betreiben zu können. Mit Blick auf die Interaktion mit anderen Komponenten stellt die Koordination sicher, dass ein Soll-Zustand vollständig definiert wurde, bevor andere Komponenten daraus Änderungen an den produktiven Systemen ableiten und ein wirksamer Eingriff in den laufenden Betrieb stattfindet.

Planung

Das Problem ein bestehendes System von einem Ist- in einen Soll-Zustand zu überführen ist pauschal betrachtet nicht spezifisch für Virtualisierung. Ebenso ist es betriebswirtschaftlich intuitiv den Ressourceneinsatz zu minimieren und gleichzeitig die Dienstgüte maximal vieler virtueller Infrastrukturen zu garantieren zu wollen. Dadurch wird die Problemstellung virtuelle Infrastrukturen in eine Virtualisierungsumgebung einzubetten zu einem Optimierungsproblem.

Da Optimalitätskriterien für jede virtuelle Infrastruktur und sogar für jede logische Verbindung innerhalb des Systems individuell festgelegt wird, können kaum allgemeine Aussagen zu Planung und Optimierung getroffen werden. Sofern es den Betrieb der Virtualisierungsumgebung und das Durchführen von Leistungsmanagement betrifft, ist es zunächst wichtig überhaupt alle Dienstgüteeanforderungen erfüllen zu können. Insofern steht der Dienstgüteplaner in Abbildung 0.7 stellvertretend für beliebige Ansätze die geeignet sind aus dem Modell einer virtuellen Infrastruktur ein technisches Vorgehen abzuleiten, mit dem die Virtualisierungsumgebung konfiguriert werden kann. Für die Qualität eines solchen Planers ist maßgeblich ob die resultierende Konfiguration der Virtualisierungsumgebung geeignet ist die Dienstgüteeanforderungen der virtuellen Infrastrukturen umzusetzen.

Die anderen funktionalen Komponenten in diesem Aufgabenbereich sind die

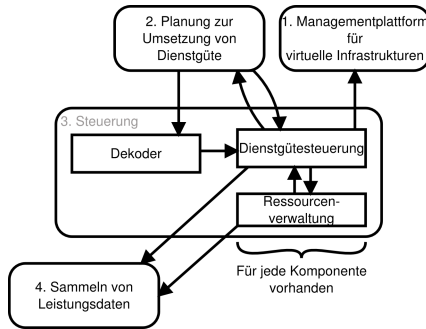


Abbildung 0.8: Funktionale Komponenten der effektiven Steuerung

Aufgabenverwaltung und der Überwachungsplaner. Die Aufgabenverwaltung dient vor allem der Überwachung des Fortschritts der Planungen und bietet einen Ansatzpunkt um manche Managementaktionen gegenüber anderen zu priorisieren, zum Beispiel zum zeitnahen Reagieren auf Leistungsengpässe. Der Überwachungsplaner entwickelt Strategien um Messungen im Rahmen des Dienstgütermanagements durchzuführen. Die Strategie zur Datenerhebung hängt von der geplanten Abbildung der virtuellen Infrastruktur auf die zugrunde liegende physische Infrastruktur an und ist deshalb ebenso eine Teilfunktion der Planung wie die Abbildung selbst.

Abbildung 0.7 enthält bidirektionale Beziehungen, die Regelkreise zwischen den beteiligten Komponenten andeuten. Da es sich um ein Optimierungsproblem handelt und in der Regel viele virtuelle Infrastrukturen existieren ist es möglich, dass zu einem gewünschten Soll-Zustand erst nach aufwendigeren Berechnungen eine zielführende Strategie entwickelt werden kann, eventuell ist dies nicht möglich. Um zu verhindern, dass einzelne Teilaufgaben oder Teilsysteme die Verwaltung der kompletten Virtualisierungsumgebung dominieren, oder gar blockieren, sind Regelkreise vorgesehen, die Fehlerbehandlungen und unterschiedliche Grade der Automatisierung ermöglichen.

Komponentensteuerung

Jede beteiligte Komponente verfügt über Ressourcen und besitzt Mechanismen um Ressourcen zu reservieren. Die genaue Umsetzung hängt von der Komponente und manchmal von dem konkret eingesetzten Produkt ab. Zum Beispiel verfügt ein Virtualisierer über die CPU(s) eines Hosts und kann einzelnen VMs Rechenzeit zuweisen, während Switches und Router ihre Kapazitäten meist in Tranchen von Nachrichten (oder Bytes) pro Zeiteinheit zuweisen. Im physischen Fall kann man eine Reservierung von Bytes pro Zeiteinheit häufig direkt an die Komponente

übermitteln. Handelt es sich um eine virtuelle Koppelkomponente, muss häufig neben der Reservierung in der Komponente zusätzlich der Virtualisierer veranlasst werden der virtuellen Komponenten die zur Erfüllung der Aufgabe benötigten Ressourcen zu garantieren.

In Abbildung 0.8 ist der Dekoder dafür zuständig aus den entwickelten Strategien alle solchen effektiven Konfigurationsanweisungen zu entwickeln. Dazu gehören auch Anweisungen die Komponenten veranlassen Messungen durchzuführen und die eigenen Leistungsdaten zu überwachen und zugänglich zu machen. Letzteres kann zum Beispiel durch eine Datenbank implementiert werden, in der jede Komponente in regelmäßigen Abständen ihren Zustand hinterlegt.

Für jede Komponente gibt es eine funktionale Komponente zur Dienstgütesteuerung und eine weitere zur Verwaltung der eigenen Ressourcen. Die Ressourcenverwaltung dient hauptsächlich der Verwaltung von Zuweisungen und dem Erstellen von Berichten bezüglich zugewiesenen und freien Ressourcen. Die Dienstgütesteuerung einer Komponente nimmt Konfigurationsanweisungen entgegen und setzt diese um. Dadurch wird das Verhalten von Komponenten dahingehend gesteuert, dass auf den entsprechenden Pfadsegmenten der logischen und physischen Netze die geforderte Dienstgüte geliefert wird. Im Vorfeld interagiert die Dienstgütesteuerung mit dem Planer während der Strategieentwicklung und gibt darüber Auskunft, ob diese Komponente in der Lage ist die angefragten Dienstgüteeigenschaften zu liefern. Nach der Konfiguration und im Betrieb interagiert sie mit der Ressourcenverwaltung, um auf Nutzungsprofile durch nachjustieren der Zuweisungen zu reagieren. Wird es der Komponente unvorhergesehen unmöglich die zugesicherte Dienstgüte zu halten, wird dies der Koordination in der Managementplattform mitgeteilt.

Datenerhebung

Nach der Liste von Aktivitäten im Leistungsmanagement aus [Hegering et al. 1999] (vgl. Abschnitt 2.3.2) lässt sich ablesen, dass das reine Leistungsmanagement erst nach der Implementierung von dienstgütebehafteten Pfaden virtueller Topologien beginnt. Aus dem laufenden System können drei unterschiedliche Arten von Daten erhoben werden:

- Verfügbare Leistungsdaten einzelner Komponenten,
- Registrieren von durchgeführten Managementoperationen aller funktionalen Komponenten und Teilsysteme, und
- Ergebnisse von gezielt durchgeführten Messungen.

Leistungsdaten und Informationen bezüglich Managementoperationen werden von Sensoren in den jeweiligen Komponenten erhoben und gespeichert. Auch hier kann eine Datenbank zum Einsatz kommen, um die Daten anderen, insbesondere der funktionalen Komponente zur Auswertung von Daten in der Managementplattform, zur Verfügung zu stellen.

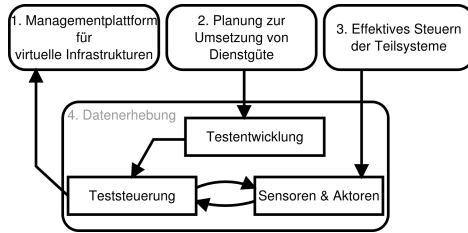


Abbildung 0.9: Funktionale Komponenten zur Datenerhebung

Die Sensoren und Aktoren in Abbildung 0.9 werden in bzw. auf den Komponenten implementiert. Die Aktoren dienen vor allem der Durchführung von Tests und gezielten Messungen. Die Tests werden aus den Überwachungsstrategien entwickelt und regelmäßig bzw. der Strategie entsprechend von der Teststeuerung ausgeführt. Die Ergebnisse dieser Tests werden zur Auswertung an die Managementplattform übergeben, die weitere Aktionen auslösen kann, sollte dies notwendig sein.

Zusammenfassung

Fügt man die beschriebenen Teilgebiete zusammen, erhält man die in Abbildung 0.10 dargestellte Übersicht der funktionalen Komponenten einer Architektur für Dienstgütemanagement für Netze in Virtualisierungsumgebungen. Die Zwischenschritte in der Befehlsverarbeitung, um Managementaktionen des Benutzers auf effektive Konfigurationsänderungen in den Komponenten umzusetzen, basieren auf Modellen der Infrastrukturen mit denen Soll- und Ist-Zustände dargestellt werden, entsprechend des Ziels A1.

Indem die einzige vorgesehene Steuermöglichkeit die Managementplattform ist, kann eine strikte Trennung zwischen virtuellen Infrastrukturen im Management realisiert werden, auch wenn die jeweiligen Komponenten sich die selbe zugrunde liegende physische Infrastruktur teilen. Dadurch wird das Ziel A2 erreicht.

Die Ziele A3, A4, A5 und A6 werden ebenfalls durch die automatisierte Planungsstufe und die darum angeordneten funktionalen Gruppen erreicht. Der Benutzer arbeitet lediglich mit einer abstrahierten Sicht, während der Soll-Zustand wird daraus automatisch abgeleitet und die entsprechende Konfiguration der Virtualisierungsumgebung ebenfalls durch Automatismen geschieht.

Um das Ziel A7, alle Komponenten müssen gesteuert werden können, zu erreichen wurde der Aufgabenbereich für Komponentensteuerung aufgeteilt und der Dekoder eingeführt. Dadurch werden gewünschte Konfigurationen erst sehr spät im Ablauf für einzelne Komponenten spezialisiert und ein großer Teil der Architektur ist agnostisch gegenüber Technologien und Produkten. Um zusätzliche und andere Arten von Komponenten zu konfigurieren muss lediglich der Dekoder

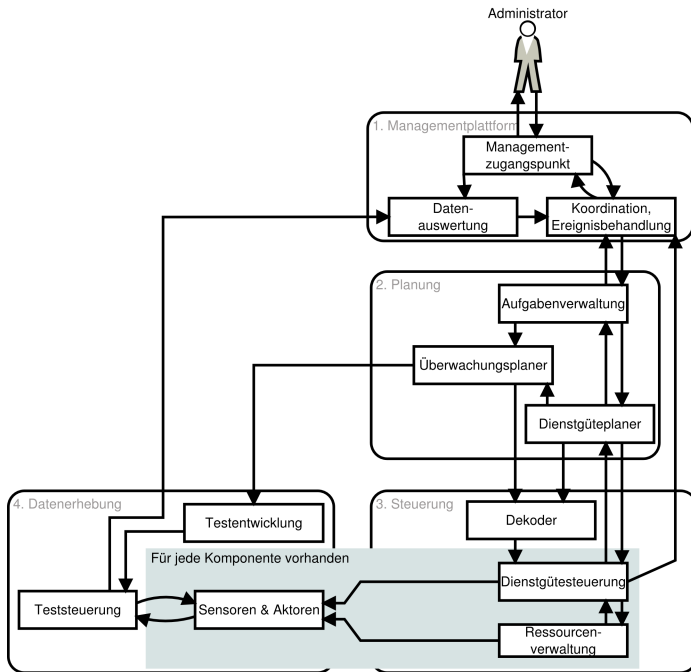


Abbildung 0.10: Überblick aller funktionalen Komponenten

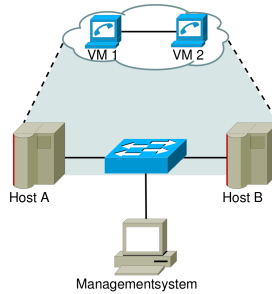


Abbildung 0.11: Aufbau für Anwendungsbeispiel

erweitert werden.

Die Ziele A8, A9, A10 und A11 betreffen die Überwachung der Virtualisierungsumgebung und die Durchführung von Leistungsmanagement. Die Aufgaben zur Erfüllung der Anforderungen werden im Wesentlichen im Aufgabenbereich Datenerhebung behandelt. Maßgeblich für das Verhalten der entsprechenden funktionalen Komponenten ist ein auf die dienstgütebehafteten Pfade spezialisierter Überwachungsplan. Aus diesem werden Strategien und Messverfahren zur Datenerhebung abgeleitet. In diesem Teilgebiet ist es die Komponente “Testentwicklung” die aus dem Plan konkrete Handlungen ableitet. Diese Komponente kann analog zum Dekoder erweitert werden um mehr und andere Messungen zu ermöglichen. Die Architektur sieht eine Komponente zur Auswertung der Daten vor, die gegebenenfalls Reaktionen des Systems auslösen kann.

0.5 Anwendungsbeispiel

Dieser Abschnitt verdeutlicht die Funktionsweise eines Managementsystems entsprechend der beschriebenen Architektur an dem Beispielszenario aus Abschnitt 4. Abbildung 0.11 zeigt erneut die Virtualisierungsumgebung bestehend aus einem Switch und den beiden Hosts A und B und den virtuellen Maschinen VM 1 und VM 2, zwischen denen konstant eine minimalen Übertragungsrate von 64 kbps in jede Richtung zugesichert werden soll.

Der Switch, die Hosts und die VMs sind mit allen benötigten Komponenten entsprechend der Architektur ausgestattet: Sensoren, Aktoren, Dienstgütesteuerung und Ressourcenverwaltung. Für die effektive Umsetzung wird angenommen, dass VM1 auf Host A und VM2 auf Host B betrieben wird. Das heißt das virtuelle Netz erstreckt sich über die ganze physische Infrastruktur und das Managementsystem erstellt entsprechende Konfigurationen.

In diesem Beispiel wird Dienstgütemanagement betrieben, indem für die Datenübertragung zwischen den beiden VMs explizit für jede Kommunikationsrichtung eine minimale Datenrate von 64 kbps eingerichtet wird. Das heißt ein Administrator benutzt die Managementplattform um diese beiden Regeln an die Verbindung zwischen VM1 und VM2 zu heften. Das Veränderte Modell wird als neuer Soll-Zustand der virtuellen Infrastruktur definiert und der Abschluss des Konfigurationsvorgangs als Ereignis vom Managementsystem erkannt.

Aus dieser Managementaktion folgt eine Konfiguration für die Virtualisierungs-umgebung um diese Eigenschaft der Datenübertragung zwischen diesen beiden VMs zu garantieren. Das Managementsystem erstellt automatisch eine Strategie um die Virtualisierungsumgebung in den neuen Soll-Zustand zu überführen und einen Überwachungsplan um zu überprüfen ob die Änderungen wirksam sind. Der neue Soll-Zustand sieht vor, dass ...

- die Hosts die Nutzung ihrer Anbindung an den Switch dahingehend verwalten, so dass speziell für den Datenverkehr zwischen VM 1 und VM 2 mindestens 64 kbps in jede Richtung zur Verfügung stehen und
- der Switch zwischen Host A und Host B mindestens 64 kbps pro Richtung garantiert.

Die Konfiguration wird auf den Hosts und dem Switch umgesetzt und es werden Daten gesammelt. Der Kunde erhält daraus relevante Informationen zu seiner formulierten Dienstgüteanforderung und Leistungsmanagement im Sinne der frühzeitigen Erkennung und Vermeidung von Engpässen wird durchgeführt.

Der Dienstgüteplaner erkennt zunächst, dass der Datenfluss über die logische Leitung zwischen VM 1 und VM 2 effektiv die Host A und B sowie den Switch passiert. Daraufhin wird die Anforderung nach zweimal 64 kbps für die einzelnen Netzabschnitte neu formuliert. Der Teilabschnitt zwischen Host A und Host B kann Bestandteil vieler ähnlicher logischer Leitungen sein. Die Neuformulierung heißt in diesem Fall der Teilabschnitt muss die bisher zugesicherte Datenrate und weitere 64 kbps pro Richtung zusichern.

Daraufhin kommuniziert der Planer mit den beteiligten Komponenten (Host A, Host B, Switch) um festzustellen, ob die einzelnen Teilsysteme in ihrem gegenwärtigen Zustand in der Lage sind die zusätzlichen Anforderungen zu erfüllen. Ist dies der Fall wird der Plan akzeptiert und es steht fest welchen Weg die Daten durch das Netz nehmen werden und welche Eigenschaften auf den einzelnen Teilabschnitten zugesichert werden müssen.

Der Überwachungsplaner leitet aus den geplanten Änderungen am System Messungen ab. Hier muss die Datenrate auf den einzelnen Anschlüssen der Komponenten gemessen werden, um den Datenfluss zwischen VM 1 und VM 2 nachzuvollziehen.

Der Dekoder erstellt die effektiven Konfigurationen. Dazu werden die Hosts und der Switch konfiguriert um einerseits Übertragungsrate für den gewünschten Datenfluss bereit zustellen und andererseits um den Datenfluss zu beobachten.

Über die Datenrate können Komponenten in der Regel Aussagen bezüglich der aktuellen Auslastung und ungenutzten Kapazitäten machen. Diese Information wird gespeichert und vom Managementsystem ausgewertet. Dieses kann so den Kunden über die erreichten Datenraten auf dem Weg zwischen VM 1 und VM 2 informieren. Ferner kann gewarnt werden, sollten die ungenutzten und damit freien Kapazitäten stetig geringer werden, wodurch sich ein Leistungsengpass ankündigen kann.

In diesem Beispiel kann der Kunde seine Dienstgüteeanforderungen für das Modell seiner Infrastruktur spezifizieren und das Managementsystem übernimmt die Abbildung auf die Teilsysteme der gesamten Virtualisierungsumgebung. Nach der Konfiguration werden Daten erhoben um die Dienstgüte zu messen und zu überprüfen.

0.6 Zusammenfassung

Die Bereitstellung von angepassten Infrastrukturen durch Virtualisierung hat ihre Vorteile vor allem darin, dass nicht für jeden Auftrag Geräte angeschafft und Verbindungen gesteckt werden müssen. Statt dessen kann man mit virtuellen Komponenten Topologien zusammenstellen ohne den physischen Aufbau verändern zu müssen.

Durch den Einsatz von Virtualisierung und der damit beabsichtigten Mehrfachnutzung der zugrunde liegenden physischen Infrastruktur entstehen neue Berührungspunkte und mehrere Komponenten konkurrieren um beschränkte Ressourcen. Dienstgütemanagement verfolgt das Ziel Netze und ihre Nutzung so zu steuern, dass Leistungsengpässe vermieden werden und alle Leistungsanforderungen erfüllt werden können.

Während die mit Virtualisierung erzeugten Infrastrukturen in ihrer Anwendung ihren physischen Vorbildern gleichwertig sind, weisen sie Alleinstellungsmerkmale auf, die im Management eine Rolle spielen und ggf. anders behandelt werden müssen. Um Dienstgütemanagement zu ermöglichen benötigt man Werkzeuge um auf der einen Seite mit der Heterogenität zwischen physischen und virtuellen Systemen umzugehen und auf der anderen Seite aus der Virtualisierungsumgebung sinnvolle Aussagen für abstrahierte Sichten abzuleiten.

Dieser Beitrag formuliert Zeile für eine Architektur für Dienstgütemanagementsysteme die in Virtualisierungsumgebungen eingesetzt werden können. Im Anschluss daran werden einzelne funktionalen Aspekte einer solchen Architektur und ihre Arbeitsweisen an einem Beispiel erläutert. Benutzer führen Management an abstrakten Modellen durch um die Komplexität des Gesamtsystems zu verbergen und einen Soll-Zustand zu definieren, der in einem separaten Schritt umgesetzt wird. Zwischenschritte, die in Implementierungen automatisiert ablaufen können, planen Konfigurationsänderungen die, das Gesamtsystem in den

Soll-Zustand überführen. Durch das Sammeln und Auswerten von Leistungsdaten werden die abstrakten Modelle für die Interaktion mit dem Benutzer mit aktuellen Daten versorgt.

Dienstgütemanagement beinhaltet Planung für den Einsatz von Ressourcen und dementsprechend auch eine Reservierung freier Kapazitäten. Die hier vorgestellte Architektur zum Durchführen von Dienstgütemanagement in virtuellen Netzen ist ein Fortschritt dahingehend, dass nun auch virtuelle Komponenten und Verbindungen verwaltet werden können.

Dies ist eine Voraussetzung um im weiteren Verlauf Dienstgütemanagement von virtuellen Netzen mit denen von virtuellen Servern zu integrieren. Letztendlich kann man so integriertes Dienstgütemanagement für IT-Dienste realisieren, analog zu rein physischen Infrastrukturen.

Literaturverzeichnis

[Tanenbaum und Wetherall 2010] : Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall, Computer Networks (5th Edition), Prentice Hall, Oktober 2010, ISBN13: 978-0132126953

[Hegering et al. 1999]: Hegering, H.-G. und Abeck, S. und Neumair, B., Integrated Management of Networked Systems -- Concepts, Architectures and their Operational Application, Morgan Kaufmann Publishers, 1999, ISBN 1-55860-571-1

[Dreo 2002]: Dreo Rodosek, G., A Framework for IT Service Management, Habilitation, Ludwig-Maximilians-Universität München, Juni 2002.

[Jacobson et al. 1999]: Ivar Jacobson, Grady Booch, James Rumbaugh, The Unified Software Development Process, Addison-Wesley, Februar 199, ISBN-13: 978-0201571691