

# **Analyse der Dienstgüte in komplexen IT-Service-Infrastrukturen mittels Simulation**

## ***Quality of Services analysis of IT service Infrastructures***

Benjamin Gunia, Achim Schmidtman, Fachhochschule Dortmund, Dortmund (Germany), gunia@stud.fh-dortmund.de, achim.schmidtman@fh-dortmund.de

**Abstract:** On the basis of an interface which has been developed, a complex IT service infrastructure can be realistically portrayed in a simulation environment, founded on the information provided by a configuration management database (CMDB). Building on this model, an analysis and optimization of the IT infrastructure is to follow by means of specified metrics on quality of service taken from the area of network planning and optimization. Thus, the simulation of potential changes (for instance an extension of the network or the control of performance with regard to concluded service level agreements in the case of a change) is rendered possible. This simulation or its results respectively finally make it possible to give the change management process, in particular in terms of guaranteeing the monitored execution of the changes, a new form of effectiveness and quality which is not yet possible at the present time.

## **1 Einleitung**

Die Hauptaufgabe von IT-Abteilungen in Unternehmen besteht heutzutage in der Erbringung von Dienstleistungen, die bedarfsgerecht, effizient und mit hoher Qualität bereitgestellt werden. Die Effizienz und Qualität basieren dabei maßgeblich auf der Dienstgüte der zugrundeliegenden IT-Infrastruktur der Computernetzwerke. Dabei stehen die einzelnen Komponenten des Netzwerkes in einer anwendungsbetonten Wechselwirkung, welche die Leistungsfähigkeit und somit den Durchsatz in einem Netzwerk bestimmt. Ist es möglich ein zu untersuchendes Computernetzwerk realitätsnah abzubilden, lässt sich zum einem der aktuelle Zustand des Netzwerkes über verschiedene Metriken aus dem Bereich der Netzwerkplanung/-optimierung klassifizieren und zum anderen lassen sich Prognosen über mögliche Veränderungen (Changes) treffen.

Vor diesem Hintergrund soll eine Anbindung eines CMDB-Systems über eine Schnittstelle an eine Simulationsumgebung nach Kruse (2012) stattfinden. Dadurch wird eine Automatisierung der sonst sehr zeitaufwändigen und komplexen Aufgabe der Modellierung eines realitätsnahen Computernetzwerkes angestrebt, wodurch

eine hohe Wirtschaftlichkeit erzeugt wird. Auf Basis dieses Modells werden dann mittels Simulation Analysen der Dienstgüte durchgeführt

Im Folgenden werden dafür zunächst die Metriken zur Klassifizierung der Quality of Services oder auch Dienstgüte eines Netzwerkes, welche bereits in verschiedenen Dokumenten der ITU-T (International Telecommunication Unit-Telecommunication Standardization Sector) sowie der IPPM WG (IP Performance Metrics Working Group) spezifiziert wurden, beispielhaft vorgestellt. In der darauffolgenden Phase wird das verwendete Schichtenmodell (Hybrides-Referenzmodell), in welches die einzelnen Komponenten eines Netzwerkes eingegliedert werden, vorgestellt. Die Gliederung in ein Schichtenmodell unterstützt dabei konzeptionell die Abbildung der Kommunikation der einzelnen Systeme durch eine hierarchische Aufteilung der für eine Kommunikation benötigten Dienste (Protokolle). Durch eine derartige Zerlegung der Komponenten wird die benötigte realitätsnahe Modellierung des Computernetzwerkes ermöglicht. Abschließend wird die verwendete Simulationsumgebung sowie die Abbildung der IT-Service Infrastruktur Komponenten beispielhaft vorgestellt.

## 2 Quality of Services (QoS)

Die Quality of Services oder Dienstgüte eines Netzwerkes besitzt ihren Ursprung im Bereich der Netzwerkplanung/-optimierung und wurde von verschiedenen Organisationen spezifiziert.

In den Dokumenten der ITU-T (International Telecommunication Unit-Telecommunication Standardization Sector) wird die Dienstgüte in die folgenden drei Bereiche unterteilt. Die QoS-Maßnahmen zur Sicherstellung der Realisierung von Diensten durch die Einhaltung bestimmter Parameter. Die QoS-Charakteristiken umfassen messbare Größen (Parameter), die das Verhalten der Datenübertragung in einem Netzwerk beschreiben. Abschließend umfassen QoS-Anforderungen die Anforderungen der Anwendungen an das Netzwerk (Siemens 2012). Die IPPM WG (IP Performance Metrics Working Group) wurde von der IEFT (Internet Engineering Task Force) initiiert. Die IPPM Working Group hat eine Reihe an Standardmetriken entwickelt, welche für eine Einschätzung der Leistung, Qualität und Zuverlässigkeit von Netzwerken eingesetzt werden können. Damit die Ergebnisse vergleichbar sind und es auch nach der IPPM als eine Metrik bezeichnet werden darf, müssen für die Durchführung die zwei folgend aufgeführten Bedingungen erfüllt werden. So muss zum einen definiert werden was die quantifizierbare Größe beinhaltet und zum anderen müssen alle Nebenbedingungen welche das Ergebnis beeinflussen beschrieben und definiert werden (Siemens 2012).

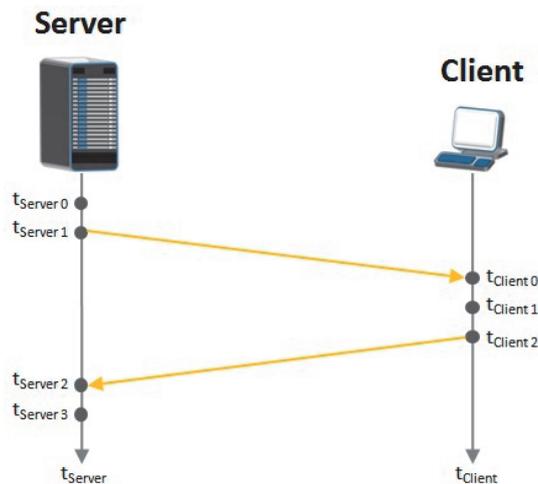
Die IPPM spezifizierte dazu ein Rahmenwerk und bestimmte die zu definierenden Größen. Darüber hinaus wurde von der Working Group eine Reihe an Metriken (darunter auch das One Way Delay) definiert. Die vollständige Liste der von der IPPM Working Group entwickelten Metriken ist auf der Website der IEFT (<http://datatracker.ietf.org/wg/ippm>) aufgeführt.

### 2.1 Verzögerung auf einem Netzwerkpfades

Eine Verzögerung (engl. Delay) beschreibt die Latenz zwischen der erfolgreichen Übertragung und dem Empfang eines Datenpaketes. Im Folgenden wird

exemplarisch die Analyse eines Netzwerkpfades (Komponenten-übergreifende Analyse) anhand der One Way Delay Metrik vorgestellt. Um darauffolgend die Analyse einer einzelnen Komponente anhand des Paket-Switch exemplarisch vorzustellen.

Die in der Abbildung 1, dargestellte Zeitdauer auf den Zeitachsen der Server und Client -Komponente wird von den Anwendungen, dem Betriebssystem sowie der Netzwerkhardware, für die Übertragung oder die Verwaltung des Empfanges eines Datenpaketes beansprucht.



**Abbildung 1:** Verzögerung auf einem Netzwerkpfad

### 2.1.1 One Way Delay (OWD)

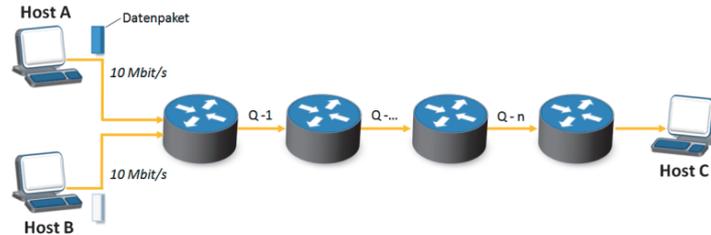
Das One Way Delay (deutsch: Einweg Verzögerung) entspricht der Verzögerung einer unidirektionalen Datenübertragung auf einem festgelegten Netzwerkpfad. Dabei wird die Zeitspanne zwischen Senden des ersten Bits eines Datenpaketes des Senders und dem Empfang des letzten Bits bei dem Empfänger definiert (Dreßler 2003). Diese Metrik ermöglicht somit eine komponentenübergreifende Analyse. Für die Ermittlung der Einweg Verzögerung sind im RFC 2679 folgende Parameter relevant:

- Bezugszeitpunkt
- Transportprotokoll
- Port Nummer
- Paketlänge
- DSCP Markierung (Differentiated Service Codepoint) RFC2475

Können Auffälligkeiten festgestellt werden oder wird eine Qualitätsverbesserung angestrebt, können einzelne Komponenten weitergehend analysiert werden. Dies erfolgt im Folgenden exemplarisch anhand eines Packet-Switch.

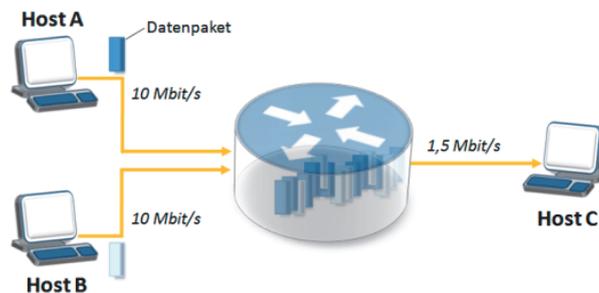
### 2.1.2 Packet-Switch

Packet-Switches (Switch, Bridge oder Router) arbeiten nach der sogenannten Store-and-Forward Übertragung. Die Store-and-Forward Übertragung arbeitet nach dem Prinzip, das zunächst das gesamte Datenpaket einer Datenübertragung empfangen werden muss, bevor es weiter zum nächsten Knoten des Netzwerkes gesendet wird (s. Abb. 2). Das Prinzip der Store-and-Forward Übertragung führt somit zu einer Verzögerung auf dem Übertragungskanal (Kurose und Ross 2008).



**Abbildung 2:** Store and Forward Verfahren

Ein Packet-Switch besitzt zudem sogenannte Ausgangspuffer, an welcher Stelle die Datenpakete gespeichert werden, die über eine Leitung versendet werden sollen, worüber allerdings zu diesem Zeitpunkt noch die Übertragung eines anderen Datenpaketes stattfindet. Das Prinzip der Ausgangspuffer, führt somit zu einer weiteren Verzögerung, der sogenannten Warteschlangenverzögerung (engl. queuing delay).



**Abbildung 3:** Bottleneck

Außerdem kann es bei eintreffenden Datenpaketen zu einem Datenpaketverlust führen, wenn bereits das maximale Speichervolumen des Ausgangspuffers erreicht ist. Die Warteschlangenverzögerung kann nicht ohne weiteres berechnet werden, da sie von der aktuellen Belastung des Netzwerkes abhängt und mit ihr variiert.

Übersteigt die Ankunftsrate eingehender Datenpakete, die Anzahl der Datenpakete die versendet werden können, stauen sich die Datenpakete an, bis der Ausgangspuffer vollständig gefüllt ist und es schließlich zum Datenverlust kommt (Kurose und Ross 2008). Wie bereits erwähnt hängt die Warteschlangenverzögerung

von der aktuellen Belastung des Netzwerkes ab, somit führt nicht automatisch eine, wie in der Abbildung 3, aufgeführte Verengung der Datenübertragungsrate innerhalb eines Netzwerkes zu Paket-verlusten. Jedoch wird durch eine derartige Konzeption des Netzwerkes, der Verlust von Datenpaketen bei der Datenübertragung gefördert. Daneben existieren noch die in der Abbildung 4 aufgeführten weiteren Verzögerungsarten.

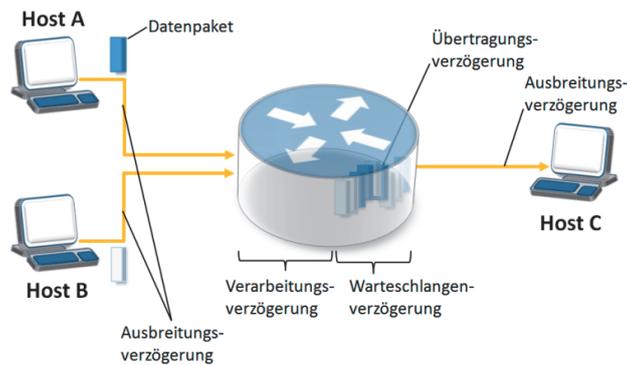


Abbildung 4: Verzögerungsarten

## 2.2 Verkehrswert

Der Verkehrswert ist ein Instrument zum Einschätzen der Warteschlangenverzögerung an Knoten. Dadurch können Erkenntnisse über die Auslastung von Knoten in einem Netzwerk gewonnen werden. Die Berechnung des Verkehrswertes erfolgt unter der Annahme eines unbegrenzten Ausgangspuffers, dabei wird die durchschnittliche Rate eingehender Pakete im Verhältnis zur Übertragungs-geschwindigkeit gesetzt. Die Berechnung des Verkehrswertes gestattet nun Aussagen über das Warteschlangenverhalten zu treffen. Somit wächst die Warteschlange, unter der Annahme eines unbegrenzten Ausgangspuffer, bei einem Verkehrswert  $> 1$  gegen unendlich an (Kurose und Ross 2008).

Daraus folgt, dass die Konzeption des Netzwerkes stets so gestaltet sein sollte, das der Verkehrswert niemals  $> 1$  (s. Abb. 5) und somit die Überlastung von Knoten vermieden werden.

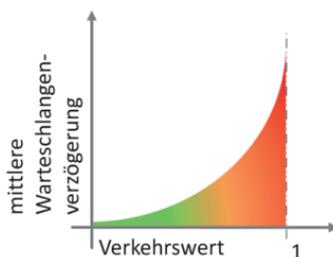


Abbildung 5: Verkehrswert

### 2.3 Interpretation von Ergebnissen

Ein Simulationslauf eines Netzwerkes liefert Messreihen mit einer großen Anzahl an Messergebnissen. Dabei können verschiedene Größen für eine Quantifizierung der Messergebnisse genutzt werden. Der Mittelwert drückt dabei die durchschnittliche Eigenschaft eines Netzwerkpfades aus. Die Extremwerte einer Messreihe, können dahingegen dafür genutzt werden die Grenzwerte eines Netzwerkpfades oder einer Komponente aufzudecken (Siemens 2005).

## 3 Abbildung der Komponenten in ein Schichtenmodell

Schichtenmodelle unterstützen dabei konzeptionell die Kommunikation der Systeme durch eine hierarchische Aufteilung der für eine Kommunikation benötigten Dienste. Dabei stellt jede Schicht seiner hierarchisch übergeordneten Dienste zur Verfügung (Kappes 2007).

Sowohl die Struktur des ISO/OSI sowie des TCP/IP Referenzmodell wird für den Einsatz zur Klassifizierung der Kommunikation in einem Netzwerk von Tanenbaum (2003) kritisiert. Dadurch entstand das Hybride Referenzmodell, welches sich sowohl an dem ISO/OSI- sowie an dem TCP/IP-Referenzmodell orientiert und die Vorteile ohne die jeweiligen Nachteile in einem Referenzmodell vereint.

Der Dienst einer Schicht wird durch die Kommunikation mit der hierarchisch gleichen Schicht auf dem anderen Knoten (innerhalb des Netzwerkes) realisiert. Die Regeln einer Kommunikation einer Schicht, werden durch das der Schicht zugehörige Protokoll festgelegt. Das Protokoll legt dabei den Ablauf der Kommunikation fest. Dabei übertragen die einzelnen Schichten nicht getrennt voneinander sondern über die hierarchisch darunterliegenden Schichten zusammen Daten. Dafür besitzen die einzelnen Schichten definierte Schnittstellen, wodurch die für ein heterogenes Netzwerk erforderliche Flexibilität erreicht (Tanenbaum 2003).

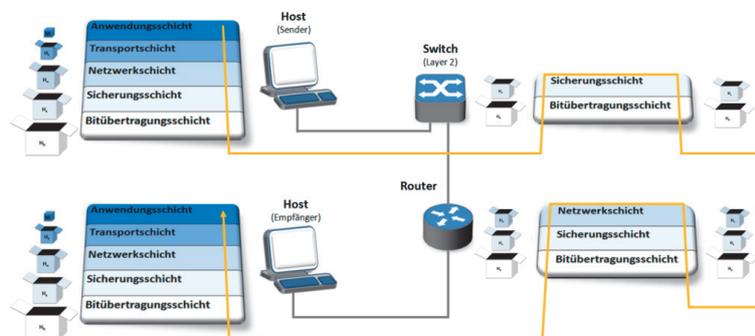


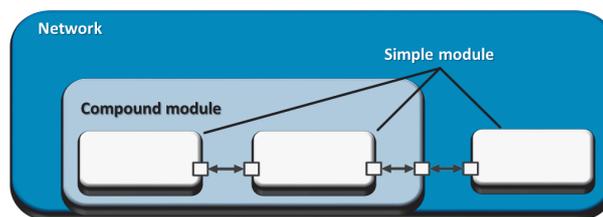
Abbildung 6: Kommunikationsablauf

## 4 Simulationsmodell

Für die Simulation, wird die diskrete ereignisgesteuerte Simulationsumgebung OMNeT++ ([www.omnetpp.org](http://www.omnetpp.org)) eingesetzt. Bei OMNeT++ handelt es sich in erster Hinsicht, um eine erweiterbare, modulare und Komponenten-basierte C++

Simulationsbibliothek sowie ein Simulationsframework, welches dazu dient, Netzwerksimulatoren zu entwickeln (OMNeT++ 2013a). Zusätzlich wird für die Abbildung und Simulation der Netzwerkkommunikation das INET Framework (Open Source Framework zur Simulation der Kommunikation innerhalb von Computernetzwerken (INET 2013)), welches bereits viele der in einem Computernetzwerk genutzten und für die Simulation benötigten Komponenten und Protokolle implementiert hat, verwendet.

Simulationsmodelle in OMNeT++ bestehen aus Modulen, über welche die Kommunikation durch den Austausch von Nachrichten (messages) erfolgt. Diese Module können beliebig tief hierarchisch untergegliedert werden (siehe Abbildung 7) und ermöglichen so eine hohe Detailtiefe bei der Abbildung der IT Service Komponenten (OMNeT++ 2013b).

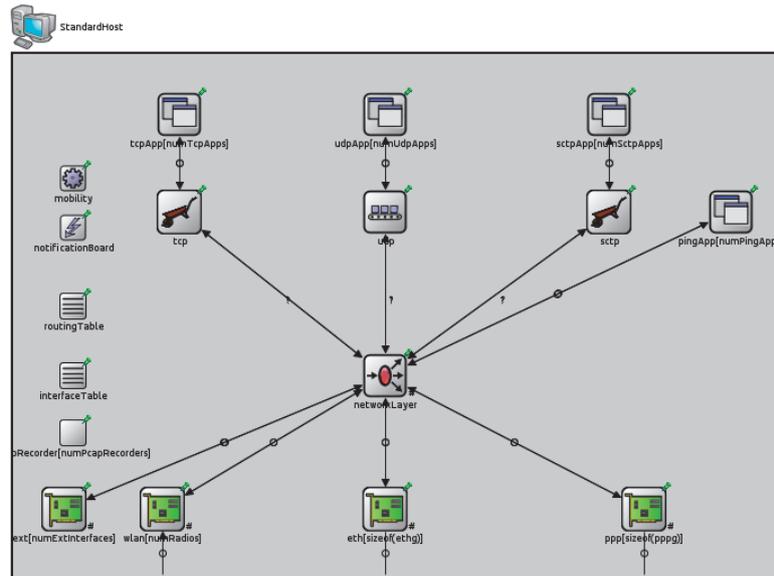


**Abbildung 7:** Modulhierarchie

Im Folgenden findet beispielhaft die Beschreibung eines Host Compound module statt. Dabei kann aus Gründen der Komplexität nicht auf jedes einzelne Compound module bis hin zum letzten Simple Modul eingegangen werden.

#### 4.1 Die StandardHost Komponente

Bei der StandardHost Komponente handelt es sich um ein Compound module für die Modellierung eines IPv4 Host der bereits über diverse Protokolle verschiedener Schichten verfügt. Die folgende Abbildung 8 zeigt die Architektur der StandardHost Komponente im Detail. Dabei bedarf es im Rahmen des Projektes allerdings aus Gründen der Usability einer weiteren Anpassung bzw. Übertragung des Hybriden Referenzmodells auf die angeführte Standardhost Architektur.



**Abbildung 8:** *StandardHost Compound module*

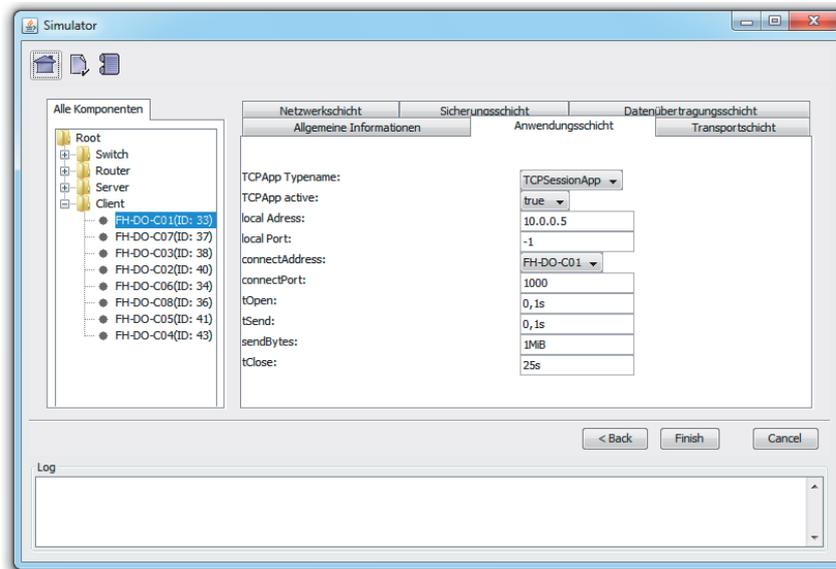
Die obersten drei Komponenten bilden die Anwendungen der Anwendungsschicht, welche TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol) und/oder SCTP (Stream Control Transmission Protocol) Daten erhalten und/oder erzeugen. Dabei handelt es sich wiederum um Compound module. Beispielhaft kann in dem Modell eine TCP Anwendung erzeugt werden, welche ein TCP Datenaufkommen generiert. Die Anwendungen erzeugen dazu Objekte, welche die Daten repräsentieren. Dabei sind bereits verschiedene Ausprägungen von TCP Anwendungen, welche eine spezifische Charakteristik der Anwendung oder des Datenaufkommens ermöglichen, im INET Framework implementiert.

Das TCP Protokoll ist in der Transportschicht implementiert. Ein TCP Modul kann an  $n$  TCP Anwendungen angeschlossen sein und zudem  $m$  Verbindungen pro Anwendung besitzen. Zudem wurden im entwickelten TCP Modul des INET Framework bereits einige RFCs implementiert. Die erste Standardisierung erfolgte im RFC 793, welche die Kernfunktionalität des TCP Protokolls spezifiziert. In den weiteren RFCs erfolgten dahingegen Modifikationen und Erweiterungen an dem TCP Standard.

## 4.2 Abbildung der IT-Service Infrastruktur

Für die Abbildung der IT-Service Infrastruktur, werden die in Kapitel 2 identifizierten Parameter sowie die benötigten Informationen über die Kommunikationsstruktur (s. Kap. 3) aus einem CMDB-System über eine Schnittstelle importiert. Dazu wurde die Schnittstelle nach Kruse (2012) erweitert, um nicht identifizierte oder zusätzliche Parameter aus dem CMDB-System, welche jedoch für eine Metrik oder für eine realitätsnahe Abbildung in Form eines Schichtenmodells benötigt werden, zu konfigurieren. Die folgende Abbildung 9 stellt beispielhaft die Konfiguration der Parameter, eines aus dem CMDB-System

importierten Clients, der auf der Anwendungsschicht basierenden TCP Session für eine Simulation dar.



*Abbildung 9: Konfiguration eines Clients in der Schnittstelle*

### 4.3 Abbildung der IT Services

Die angestrebte Detailtiefe der IT-Infrastruktur wird dabei durch die Abbildung einzelner IT-Service Komponenten, welche sich auf die Software, Hardware oder Infrastruktur beziehen (Bartsch 2010), erzeugt. Bei der Abbildung der IT-Services in der Simulationsumgebung, erfolgt zunächst die IT-Service Betrachtung der Bereitstellung der Infrastruktur, darauf aufbauend ist eine Betrachtung der Bereitstellung von Software bzw. der Anwendungen und den darauf aufsetzenden Geschäftsprozessen denkbar. Dabei wird die Bereitstellung von Software auf die Ebene der Anwendungsschicht aufgesetzt. Die Bereitstellung der Infrastruktur erfolgt hingegen durch die Abbildung auf die identifizierten Schichten des Referenzmodells. Die folgende Abbildung 10 stellt dies beispielhaft dar.

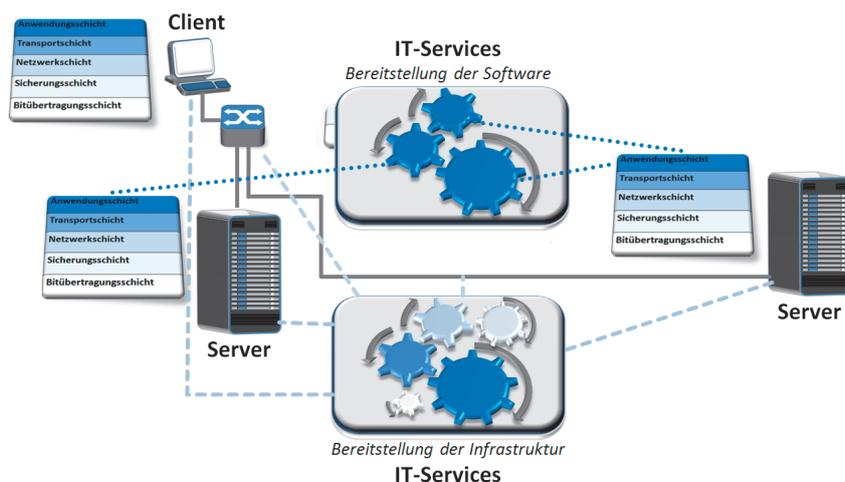


Abbildung 10: Abbildung der IT-Services in der Simulation

## 5 Zusammenfassung

Die Simulation von IT-Services auf Grundlage der IT-Infrastruktur ermöglicht eine neue Sichtweise. Durch die Abbildung von Veränderungen (Changes) in einem Computernetzwerk, innerhalb einer Simulationsumgebung, resultiert schließlich ein Ansatzpunkt der es zum einen ermöglicht, etwaige Anpassungen durch realitätsnahe Simulationsexperimente mit einem Gesamtüberblick über alle Komponenten zu analysieren, planen und kontrolliert durchführen zu können. Zum anderen können durch die Analyse, Bestimmung und Optimierung der Dienstgüte über Metriken aus dem Bereich der Netzwerkplanung/-optimierung, Schwachstellen oder Engpässe identifiziert werden, um die Qualität von hierarchisch darauf aufsetzenden IT-Services sicherzustellen. Darüber hinaus lassen sich quantitative Aussagen über die Eigenschaften der von den IT-Services genutzten IT-Infrastruktur treffen. Dies kann dem Anwender eine in diesem Umfeld neuartige Repräsentation der Daten, hinsichtlich der Qualität, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Netzwerkes, welche in der Literatur in diesem Umfeld auch als Quality of Service bezeichnet werden, ermöglichen. Durch die Anbindung an eine CMDB und der Migration der Informationen in eine Simulationsumgebung wird zudem der Wirtschaftlichkeit sowie der Realitätsnähe nachgetragen.

Die Erweiterung der Schnittstelle nach Kruse (2012), befindet sich derzeit in der Entwicklung. Darüber hinaus wurden im Rahmen des Projektes bereits weitere Simulationsarten für die Analyse, auf Grundlage der in einem CMDB-System hinterlegten Informationen, identifiziert.

## Literatur

Bartsch C., Modellierung und Simulation von IT-Dienstleistungsprozessen, Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, 2010

- Dreßler, F.: Monitoring of Networks for Time-Synchronous Communication, Dissertation, Arbeitsberichte des Instituts für Informatik Band 36, Nummer 4, Mai 2003
- INET Framework for OMNeT++, Manual, URL: <http://inet.omnetpp.org/doc/INET/inet-manual-draft.pdf>, 2011, Abruf 21. März 2013
- Siemens, E.: Verteiltes Messen der Dienstgüte und Netzwerk-Performance in IP-Netzen, Dissertation, Universität Hannover, August 2005
- Kappes, M.: Netzwerk- und Datensicherheit – Eine praktische Einführung 1. Auflage 2007
- Kruse, T.: Entwicklung einer Schnittstelle für die Interaktion zwischen einer CMDB und einem Simulator. Masterarbeit, Fachhochschule Dortmund 2012. (*Zur Nutzung überlassen von Thorsten Kruse*)
- Kurose, J. F., Ross, W. K.: Computernetzwerke – Der Top-Down-Ansatz, 5. Akt. Auflage, 2008
- OMNeT++: URL: <http://www.omnetpp.org/> Abruf März 2013a
- OMNeT++: User Manual Version 4.3. URL: <http://www.omnetpp.org/doc/omnetpp/Manual.pdf>, Abruf 24. Mai 2013b
- Tanenbaum, A. S.: Computernetzwerke 4. Überarbeitete Auflage Pearson Studium, Juli 2003