

# Quantitative Modellierung des Leistungsverhaltens SOA-basierter Systeme mit FMC-QE

Stephan Kluth

stephan.kluth@hpi.uni-potsdam.de

**Abstract:** Der folgende Artikel gibt einen Kurzüberblick über ein Promotionsvorhaben im Bereich der Quantitativen Modellierung. In der Dissertation soll die Modellierungsmethodik FMC-QE (Fundamental Modeling Concepts for Quantitative Evaluation) beschrieben werden. FMC-QE basiert auf der Modellierungssprache FMC sowie den Modellierungs- und Berechnungsmethoden der Warteschlangentheorie und der Zeitbehafteten Petrinetze mit dem Hauptaugenmerk auf hierarchische Modellierung. Die Berechnung der analytischen Modelle hat das Verkehrsflussgesetz und das Gesetz von Little als Grundlage.

## 1 Motivation

Im Bereich der mathematisch-analytischen Performance-Modellierung und -Analyse existieren derzeit i.W. zwei methodische Ansätze: die Warteschlangentheorie und die Theorie der Zeitbehafteten Petrinetze. Beide Ansätze haben Vor- und Nachteile. Die Vorteile der Warteschlangentheorie liegen in ausgereiften Analysemöglichkeiten und guter Berechenbarkeit. Ein Nachteil ist die begrenzte Mächtigkeit zur Modellierung komplexer Systeme. Die Zeitbehafteten Petrinetze sind mächtiger, was die Modellierung nebenläufiger Prozesse betrifft. Mit steigender Komplexität tritt dabei allerdings das Problem der Zustandsraumexplosion auf, welches der praktischen Anwendbarkeit oftmals eine Grenze setzt.

Die Modellierungsmethodik FMC-QE (Fundamental Modeling Concepts for Quantitative Evaluation) [Zor07, Zor08], welche die Modellierungssprache FMC [KGT06] zur Beschreibung von quantitativen Modellen erweitert, integriert Ideen und Ergebnisse der Zeitbehafteten Petrinetze und Warteschlangenmodelle in einem 3-dimensionalen hierarchischen Beschreibungsraum.

Ziel von FMC-QE ist die skalierbare Anwendbarkeit auf komplexe IT-basierte Systeme, welche einer mathematisch analytischen Behandlung bisher weitestgehend unzugänglich waren und daher nur simulativ oder rein experimentell analysiert werden können. Das quantitativ zu modellierende IT-System wird zunächst - FMC entsprechend - in 3 beliebig feingranularen hierarchischen Diagrammen dargestellt, welche die statische, die dynamische und die inhaltliche Sicht auf das System repräsentieren. Aus Struktur und Parametern der 3 Diagramme wird unter der Annahme der Stationarität ein hierarchisches Gleichungssystem abgeleitet, welches auf den Fundamentalgesetzen der Leistungsanalyse basiert, nämlich dem Satz von Little [Lit61] und dem sog. Verkehrsflußgesetz [Jai91].

## 2 Inhalt der Arbeit

In der Dissertation soll die Mächtigkeit des FMC-QE-Ansatzes untersucht und dessen Anwendbarkeit auf konkrete Problemstellungen im Bereich der Service orientierten Architekturen (SOA) gezeigt werden. Das Spektrum reicht dabei von architekturellen Entwurfsentscheidungen über Quality of Service (QoS) Optimierung existierender Systeme bis hin zur Aushandlung und Überwachung von Service Level Agreements (SLAs).

Innerhalb der geplanten Arbeit soll zunächst ein Überblick über die existierenden Warteschlangen- und die Zeitbehafteten Petrinetz-Modelle, sowie über weitere Modellierungsansätze, wie beispielsweise UML und SDL mit Erweiterungen, gegeben werden. Es werden die Beschreibungsparadigmen erläutert sowie wichtige Ergebnisse und Formeln dargestellt. Dies soll einerseits den Stand der Technik veranschaulichen und weiterhin eine Grundlage für die weiteren Abschnitte sein und damit FMC-QE mit traditionellen bzw. konkurrierenden Verfahren vergleichen.

Im zweiten Abschnitt soll die Modellierungsmethodik FMC-QE dargestellt werden. Dabei werden zunächst die grundlegenden Modellierungsparadigmen und -methoden sowie der FMC-QE-Kalkül mit seinem Formelapparat vorgestellt. Die grundlegenden Modelle werden zusätzlich anhand exemplarischer Beispiele beschrieben. In diesem Abschnitt sollen außerdem Fragestellungen, wie: Wie geschieht die Lastgenerierung? oder: Wie sind Einheiten richtig zu verwenden? untersucht werden. Des Weiteren sollen die Prinzipien von hierarchischer Modellierung und Modelltransformation erläutert werden.

Im dritten Teil sollen einige Beispiele aus bekannten Fachbüchern der Warteschlangenmodelle, der zeitbehafteten Petrinetze und SOA-Beispiele mit FMC-QE modelliert werden, um weitere Fragestellungen zu identifizieren und die Sprache zu evaluieren. In diesem Bereich wurden unter anderem das Axis2 Webservice Framework [CKPZ08] und eine servicebasierte SAP NetWeaver Applikation [SKC<sup>+</sup>08] untersucht.

Die vorliegende Arbeit wird durch drei weitere Dissertationsvorhaben im Bereich von FMC-QE ergänzt. Das erste Vorhaben konzentriert sich auf die Anwendungsbereiche von FMC-QE und die hierarchische Modellierung, das zweite erläutert u. a. spezifische Modellierungen im Bereich der Service orientierten Architekturen und das dritte ist eine FMC-QE Toolentwicklung.

## 3 FMC-QE Kurzeinführung

### 3.1 Diagrammarten

**FMC-QE Entity Relationship Diagramm** Die hierarchische Modellierung der quantitativen Aspekte der Bedienanforderungen steht im Mittelpunkt von FMC-QE. Die Bedienanforderungsstrukturen (Service Request Structures) werden mit Hilfe von Entity Relationship Diagrammen dargestellt. Neben der Modellierung der Bedienanforderungen inklusive der Verkehrsflusskoeffizienten ( $v_{int}$ ) werden hier die Beziehungen zwischen den

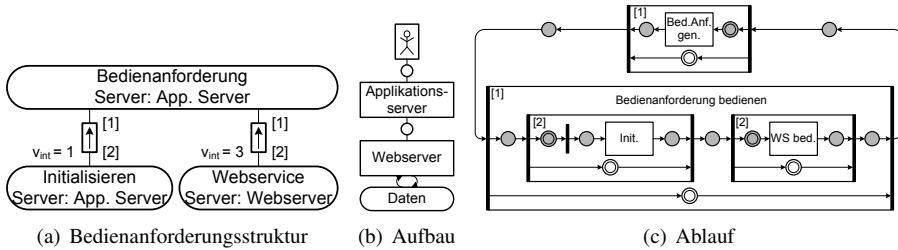


Abbildung 1: FMC-QE Diagramme

einzelnen Diagrammen eines Modells definiert.

Abbildung 1(a) zeigt die Struktur einer einfachen Bedienanforderung. In diesem Beispiel wird eine *Bedienanforderung* in weitere Bedienanforderungen *Initialisieren* und  $3 \times$  ( $v_{int} = 3$ ) *Webservice* verfeinert. Die *Bedienanforderung* ist auf der Hierarchiestufe [1] (der höchsten) und die anderen Bedienanforderungen sind auf Stufe [2]. Die Beziehungen zu den anderen Diagrammen werden so realisiert, dass die Transitionen im Petrinetz und die Bedienanforderungen die gleichen Indizes haben und in der Entität außerdem ein Server-Attribut, welches auf das Aufbaudiagramm verweist, definiert wird.

**FMC-QE Aufbaudiagramm** Die statischen Strukturen werden in Aufbaudiagrammen beschrieben. Sie haben Ähnlichkeit mit Warteschlangennetzen, gehen jedoch aufgrund ihrer hierarchischen Strukturen mit strenger Unterscheidung von Kontroll- und Bedienstationen, aktiven und passiven Komponenten und bei letzteren zwischen Speichern und Kanälen in ihrer Mächtigkeit weit darüber hinaus.

Abbildung 1(b) zeigt eine einfache Struktur mit zwei Servern (*Applikationsserver* und *Webservice*), die über einen Kanal (eine flüchtige Kommunikationsverbindung) verbunden sind. Der *Webservice* ist zusätzlich mit einem Speicher (Inhalte, z.B. *Daten*) verbunden.

**FMC-QE Petrinetz** Abläufe und Kontrollstrukturen werden in FMC-QE in farbigen Petrinetzen dargestellt. Neben der Hierarchisierung ist eine weitere Besonderheit, dass in FMC-QE Petrinetzen die grauen Stellen operative Marken - die Bedienanforderungen (Service Requests) und Bedienrückmeldungen (Service Responses) - und die weißen Stellen Kontrollmarken beinhalten.

Abbildung 1(c) zeigt den Ablauf des beschriebenen Beispiels inkl. Bedienanforderungsgenerierung. (Weitere Beschreibungen der FMC-QE Diagrammart in [Klu07].)

### 3.2 FMC-QE Tableau

Das FMC-QE- Tableau (Tabelle 1) stellt das parametrisierte, berechenbare Modell des quantitativ zu analysierenden Systems dar und wird durch Transformation der zuvor er-

Tabelle 1: FMC-QE - Tableau

Experimental Parameters:	
$N_{ges}$	20
$\lambda_{bot} = \min(B_j)$	20,0000
$f = \lambda_{bot}/\lambda$	0,9000
$\lambda$	18,0000

Service Request Section						Mapping		Dynamic Evaluation Section						
Hierarchy Level [bb]	Service Request SR <sub>q</sub>	$p_{[bb-1]}$	$v_{[ext]}$	$v_{[int]}$ [bb]	$v_{[bb]}$	Server <sub>i</sub>	$X_i$	$\mu_i = m_i/X_i$	$\lambda_i$	$n_{i,q}$	$n_{i,s}$	$n_i = n_{i,q} + n_{i,s}$	$R_i$	$\rho_i$
2	Webservice bedienen	1	1	3	3	Appl. Server	0,0500	20,0000	54,0000	8,1000	0,9000	9,0000	0,17	0,9000
2	Initialisieren	1	1	1	1	Webserver	0,0300	33,3333	18,0000	0,9000	0,5400	0,5400	0,03	
1	Bedienanforderung	1	1	1	1		0,0800		18,0000	8,1000	1,4400	9,5400	0,53	
1	Bed.anf. generieren	1	1	1	1	Ext.	0,5811	18,0000	18,0000	0,0000	10,4600	10,4600	0,58	1,0000

Server Section					M/M/m bzw. M/M/∞					
Server	$X_i$	$m_i$	$\mu_i^* m_i$	$\mu_j$	$\lambda_j$	$\rho_i$	$\rho_{e,j}$	$\rho_{i,q}$	$\eta_i$	$R_i$
Appl. Server	0,0500	1	20	20,0000	18,0000	0,9000	0,1000	8,1000	0,9000	0,5000
Webserver	0,0300	∞		33,3333	18,0000			0,5400	0,5400	0,0300

stellten 3 Diagramme in ein hierarchisches Gleichungssystem gewonnen. Dieses ist selbst für hoch komplexe Modelle leicht berechenbar, indem die Baumstruktur rekursiv durchlaufen und dabei interpretativ abgearbeitet wird. Der erste Prototyp eines Interpreters existiert bereits.

## Literatur

- [CKPZ08] Flavius Copaciu, Stephan Kluth, Tomasz Porzucek und Werner Zorn. Hierarchical Modeling of the Axis2 Web Services Framework with FMC-QE. Accepted at the Third International Conference on COMMUNICATION SYSTEMS SOFTWARE and MIDDLEWARE (COMSWARE 2008), 2008.
- [Jai91] Raj Jain. *The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling*. John Wiley & Sons, New York, USA, 1991.
- [KGT06] Andreas Knöpfel, Bernhard Gröne und Peter Tabeling. *Fundamental Modeling Concepts: Effective Communication of IT Systems*. John Wiley & Sons, March 2006.
- [Klu07] Stephan Kluth. FMC-QE - Positioning, Basic Definitions and Graphical Representation. Presented at the Spring 2007 Workshop of the HPI Research School on Service-Oriented Systems Engineering, Potsdam, Germany, April 2007.
- [Lit61] John D. C. Little. A Proof of the Queuing Formula  $L = \lambda * W$ . *Operations Research*, 9:383–387, 1961.
- [SKC<sup>+</sup>08] Marcel Seelig, Stephan Kluth, Flavius Copaciu, Tomasz Porzucek, Nico Naumann und Steffen Kühn. Comparison of Simulation and Performance Modeling - A Case Study. Accepted at the 15th IEEE International Conference on Engineering of Computer-Based Systems (ECBS 2008), 2008.
- [Zor07] Werner Zorn. FMC-QE - A New Approach in Quantitative Modeling. In Hamid R. Arabnia, Hrsg., *International Conference on Modeling, Simulation and Visualization Methods (MSV 2007) within WorldComp '07*, Seiten 280 – 287, Las Vegas, USA, June 2007. CSREA Press.
- [Zor08] Werner Zorn. Hierarchische Modellierung basierend auf Bedienanforderungen. In Paul Müller, Hrsg., *21.DFN- Arbeitstagung über Kommunikationsnetze*, Kaiserslautern, Germany, May 2007, erscheint 2008. Universität Kaiserslautern.