

On-The-Fly Computing: Ein Referenzmodell für individualisierte IT-Dienstleistungen in dynamischen Märkten

Daniel Szopinski¹, Bahar Jazayeri², Gregor Engels² und Dennis Kundisch¹

Abstract: Das Enterprise Architecture Management stellt umfangreiche Methoden, Modelle und Frameworks für die Modellierung von Unternehmensarchitekturen zur Verfügung. Die Entwicklung von Software und deren Integration in IT-Landschaften ist heutzutage zunehmend von Komplexität und Unsicherheit geprägt. Dieser Beitrag (Research-in-progress) möchte ein neues Paradigma – das *On-The-Fly Computing* – vorschlagen, um diesen Herausforderungen zu begegnen, mögliche Lösungsansätze zu diskutieren sowie erste Ergebnisse eines Referenzmodells für individualisierte IT-Dienstleistungen in dynamischen Software-Märkten dokumentieren.

Keywords: On-The-Fly Computing, Referenzmodellierung, Enterprise Architecture Management.

1 Einleitung

Das Enterprise Architecture Management (EAM) hat seit der Veröffentlichung von Zachman [Za87] in Praxis und Forschung zahlreiche umfangreiche Methoden, Modelle und Frameworks hervorgebracht. EAM gilt heute als etablierter und wichtiger Teil des Geschäfts- und IT-Managements [SFS13] und unterstützt dabei, Unternehmensarchitekturen mit ihren unterschiedlichen Ebenen (z. B. Business Architecture, Information Systems Architecture, Technology Architecture) zu erfassen und aufeinander abzustimmen [WF06].

Die Entwicklung von Software und deren ganzheitliche Betrachtung durch das EAM ist zunehmend von Komplexität und Unsicherheit geprägt [La16]. So stellt sich bspw. die aktuelle Capgemini-Studie „IT-Trends 2017“ der Frage, ob die Digitalisierung etablierte Unternehmensstrukturen überfordert und kommt zu dem Ergebnis, dass die heute erforderliche Agilität bei der Entwicklung und dem Betrieb von Software eine Herausforderung ist. Gleichzeitig gewinnt Agilität an Relevanz. So würden Entscheidungsträger in der IT Individualanwendungen gerne wesentlich häufiger (als ein- bis dreimal pro Jahr) aktualisieren. Auch fällt es ihnen zunehmend schwerer von der Fachseite geforderte IT-Funktionalitäten in ihre IT-Landschaften einzubinden [Ca17].

¹ Universität Paderborn, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik insb. Digitale Märkte, Warburger Straße 100, 33098 Paderborn, {vorname.nachname}@wiwi.uni-paderborn.de

² Universität Paderborn, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Lehrstuhl für Datenbank- und Informationssysteme, Warburger Straße 100, 33098 Paderborn, {vorname.nachname}@uni-paderborn.de

Folgen der beschriebenen Entwicklungen sind immer stärker modularisierte und verteilte Software sowie heterogene IT-Landschaften.

Dieser Beitrag möchte ein neues Paradigma – das *On-The-Fly Computing* – vorschlagen, um die zuvor beschriebenen Herausforderungen und mögliche Lösungsansätze zu diskutieren sowie erste Ergebnisse eines Referenzmodells für individualisierte IT-Dienstleistungen in dynamischen Software-Märkten dokumentieren.

2 On-The-Fly Computing

„Unsere Vision des On-The-Fly Computing ist die von individuell und automatisch konfigurierten und zur Ausführung gebrachten IT-Dienstleistungen aus auf Märkten frei gehandelten, flexibel kombinierbaren Services. Gleichzeitig zielen wir auf die Organisation von Märkten ab, deren Teilnehmer durch geeignetes unternehmerisches Handeln einen lebendigen Markt der Services aufrechterhalten.“ [Un15]

Der DFG-Sonderforschungsbereich *On-The-Fly Computing* (kurz: OTF Computing) an der Universität Paderborn hat sich dieser Vision verschrieben und erforscht disziplinübergreifend die Grundlagen (insbesondere Fragestellungen aus der Informatik, Wirtschaftsinformatik und den Wirtschaftswissenschaften) für die Realisierung dieser Vision. Mit dem OTF Computing schlagen wir ein Paradigma vor, das sich dem Spannungsfeld der in der Einleitung skizzierten Anforderungen annimmt und weltweit verfügbare und verteilte Märkte für individualisierte IT-Dienstleistungen ermöglicht. Diese Märkte nennen wir OTF-Märkte. Im Folgenden beschreiben wir kurz unser Verständnis von OTF-Märkten sowie die Rollen die Marktteilnehmer auf solchen OTF-Märkten einnehmen können.

2.1 OTF-Märkte

Märkte stellen die sozio-ökonomische, technische und rechtliche Infrastruktur für die Zusammenführung und Abwicklung von Transaktionen zur Verfügung [WHN03]. Das gilt auch für OTF-Märkte. Es sind im Speziellen die folgenden drei Charakteristika, die OTF-Märkte ausmachen.

Die IT-Dienstleistungen werden elektronisch gehandelt. Waren es früher insbesondere Finanz-, Güter-, und Dienstleistungsströme die zunehmend auf elektronischen Märkten gehandelt wurden [WHN03], zielen OTF-Märkte darauf ab, zukünftig auch IT-Dienstleistungen elektronisch zu handeln. Herausfordernd ist dabei sowohl die erwartete Heterogenität der Services (in fachlicher wie auch softwaretechnischer Hinsicht), als auch die Identifizierung geeigneter Preisfindungsmechanismen für solche Services (z.B. Listenpreise, Auktionen, Preise die von Merkmalen der IT-Dienstleistung oder der Kunden abhängen, Pay-per-use oder

kostenlose durch Werbung finanzierte Services).

Die IT-Dienstleistungen werden aus mehreren einzelnen Services komponiert. Komponierte Services ermöglichen die Wiederverwendung von häufig nachgefragten und/oder standardisierten Komponenten einer IT-Dienstleistung und ermöglichen gleichzeitig auch die Ergänzung durch neue, individuelle Services. Die hierfür notwendigen zentralen Funktionen eines OTF-Marktes bilden Suche, Matching, Komposition, Verifikation, Ausführung und Monitoring von Services. Sowohl bei der Komposition von existierenden Services, als auch der Entwicklung neuer Services sind verschiedene Marktteilnehmer beteiligt (die wir im folgenden Abschnitt beschreiben).

Die IT-Dienstleistungen sind Erfahrungsgüter. Erfahrungsgüter zeichnen sich dadurch aus, dass der Kunde bzw. End User die Qualität erst nach vollzogenem Konsum bzw. der Nutzung feststellen kann [SV98]. Diese Eigenschaft haben auch IT-Dienstleistungen auf OTF-Märkten, da sie für den End User individuell zusammengestellt und konfiguriert werden. Da IT-Dienstleistungen auf einem OTF-Markt aus mehreren einzelnen Services bestehen können, kann die Qualität solcher komponierter Services im Vorhinein nur schwer festgestellt werden. Durch Bewertungssysteme können End User auf Erfahrungen zurückgreifen, die in der Vergangenheit mit anderen Marktteilnehmern oder den von ihnen bereitgestellten IT-Dienstleistungen gemacht wurden. Es entstehen Lerneffekte, die auch Auswirkungen auf das Nachfrageverhalten der Marktteilnehmer haben.

2.2 Rollen

Wir unterscheiden sechs Rollen, die Marktteilnehmer auf OTF-Märkten annehmen können. Diese lassen sich in Requester (End User, Service Requester) und Provider (OTF Provider, Service Provider, Compute Center, Market Provider) aufteilen. Marktteilnehmer können mehrere Rollen auf einem OTF-Markt haben.

End User fragen IT-Dienstleistungen auf einem OTF-Markt nach. Falls der OTF-Markt diese bereits zur Verfügung stellt, können End User solche Services umgehend nutzen. Andernfalls wird die gewünschte IT-Dienstleistung auf Basis der Anforderungsspezifikationen der End User neu entwickelt bzw. aus mehreren schon existierenden Services komponiert. End User eines OTF-Marktes unterscheiden sich bezüglich des domänenspezifischen Wissens (z.B. Experte oder Laie), des technischen Wissens (z.B. Anwender oder Softwareentwickler), den nötigen Sicherheitsanforderungen (z.B. Individuum, kleine, mittlere oder große Organisation), und den technischen Voraussetzungen des End Users (z.B. Computer, Notebook, Tablet Smartphone, oder Server).

Service Requester nehmen Anforderungen die von End Usern definiert werden (z.B. natürlichsprachlich, modellbasiert, szenariobasiert, oder formal) entgegen und verarbeitet diese so, dass daraus Anfragen für komponierte und/oder einzelne Services erstellt werden können.

OTF Provider bündeln domänenspezifisches Wissen und Erfahrung in der Komposition von Services. OTF Provider können aus den Anforderungen von Service Requestern erforderliche Software- und Hardwarespezifikationen identifizieren. OTF Provider leiten diese Spezifikationen in Form von Anfragen an passende Service Provider und Compute Center weiter. Der OTF Provider stimmt einzelne Services und Ressourcen aufeinander ab und stellt sie für den End User zusammen.

Service Provider stellen Software zur Verfügung, die Bestandteil von komponierten Services werden kann (z.B. funktionsübergreifende Software für die Text- und Grafikverarbeitung oder funktionsbezogene Software für die Buchhaltung oder Produktionsplanung und -steuerung).

Compute Center stellen Ressourcen (z.B. Rechenleistung oder Speicherkapazität) für die Ausführung von Services zur Verfügung (z.B. im Hinblick auf Verfügbarkeit, Geschwindigkeit, und/oder Volumen).

Market Provider sind Marktbetreiber und haben maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung von OTF-Märkten indem sie Regeln definieren, nach denen die Marktteilnehmer sich auf solchen OTF-Märkten bewegen dürfen. Market Provider stellen auch die hierfür notwendige Transaktionsdienstleistungen zur Verfügung (z.B. Anfrage erstellen, Angebot erstellen, Vertrag annehmen/ablehnen). Typischer Weise unterscheiden sich OTF-Märkte hinsichtlich (in Anlehnung an [WHN03]) des Zugangs zum Markt (z.B. öffentlich oder privat), dem Zeitpunkt an dem Informationen über andere Marktteilnehmer veröffentlicht werden (z.B. sofort, zeitverzögert oder nur für ausgewählte Marktteilnehmer in unterschiedlichen Detaillierungsgraden), den Preisfindungsmechanismen (z.B. fixe bzw. dynamische Preise), und dem Gebührenmodell des Market Providers (z.B. einheitliche Gebühren für alle Marktteilnehmer, Preisdifferenzierung zwischen verschiedenen Marktteilnehmern oder keine Gebühren bzw. werbefinanzierte OTF-Märkte ohne Gebühren).

3 Gestaltung eines Referenzmodells für OTF-Märkte

Wir strukturieren unser Vorgehen zur Entwicklung eines Referenzmodells (als spezielle Klasse eines Informationsmodells) für OTF-Märkte anhand der Methode zur Entwicklung von Referenzarchitekturen von Timm et al. [TSF17], die die Arbeiten zur konfigurativen Referenzmodellierung von Becker et al. [Be12] erweitern. Die Methode umfasst insgesamt fünf Phasen: Projektziel, Modellierungsansatz, Referenzmodellierung, Modellevaluation und Modell Release. Wir betrachten das zu entwickelnde Referenzmodell als ersten Schritt hin zu einem umfassenden Architekturframework für das OTF Computing [Ja16a]. Daher adressieren wir im Rahmen dieses Beitrags zunächst die ersten drei Phasen, die auch die Grundlage für die spätere Abstraktion und Evaluierung des Referenzmodells bilden.

(1) Projektziel: Das Ziel ist die Entwicklung eines Referenzmodells als Bestandteil

eines Architekturframeworks [AGG12] für OTF-Märkte. Das Architekturframework soll dabei – je nach Bedarf – zahlreiche unterschiedliche Möglichkeiten zur Instanziierung von OTF-Märkten bereithalten.

(2) Modellierungsansatz: Die Basis für die Modellierung des Referenzmodells bildet unser Meta-Modell, das die grundlegenden Diagramm- und Modellarten aufführt (siehe Abbildung 1). Das Referenzmodell soll Struktur (Klassen- und Komponentendiagramme), Verhalten (Use-Case-, Zustands-, Aktivitäts- und Sequenzdiagramme) sowie Variabilitäten (Feature-Modell) von OTF-Märkten abbilden.

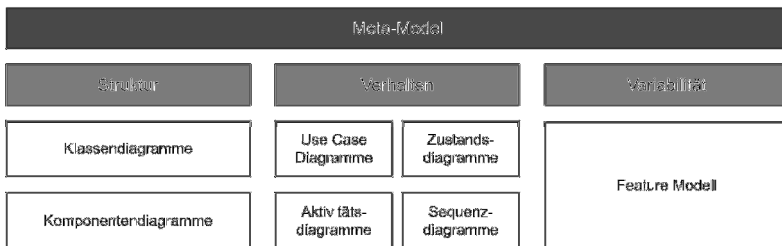


Abb. 1: Meta-Modell für die Referenzmodellierung eines On-The-Fly Computing-Marktes.

(3) Referenzmodellierung: Für die Entwicklung eines ersten Referenzmodells verbinden wir deduktives und induktives Vorgehen. In einem ersten deduktiven Schritt haben wir 10 semi-strukturierte Interviews mit 20 WissenschaftlerInnen (Informatiker, Wirtschaftsinformatiker, und Wirtschaftswissenschaftler) aus allen Teilprojekten des Forschungsprojektes geführt. Die Interviews dienten insbesondere dazu herauszufinden, welche strukturgebenden Klassen und Komponenten für die Forschungsfragen an denen die WissenschaftlerInnen arbeiten, relevant sind. Zusätzlich ermöglichten die Interviews, Zusammenhänge zwischen den Teilprojekten des Forschungsprojektes zu identifizieren und so das Verhalten in Form von Use-Cases, Zuständen, Aktivitäten und Sequenzen zu erfassen. Neben der Struktur und des Verhaltens von OTF-Märkten haben wir im Rahmen eines systematischen Literatur-Reviews Features von IT-Dienstleistungen als Ausgangspunkt für Variabilitäten des Architekturframeworks zukünftiger OTF-Märkte identifiziert [Ja16b]. In einem zweiten induktiven Schritt haben wir dann die Erkenntnisse aus dem deduktiven Schritt im Rahmen eines Workshops (in Anlehnung an [Fe14]) strukturiert und konsolidiert.

Aus den diskutierten Anforderungen für OTF-Märkte sowie dem beschriebenen Vorgehen zur Entwicklung von Referenzarchitekturen haben wir den in Abbildung 2 beschriebenen typischen Verlauf einer Anfrage in einem OTF-Markt identifiziert, die aus insgesamt vier Schritten besteht:

- (1) Der End User fragt einen Service indem der End User eine Anforderungsdefinition für den Service erstellt und an den Service Requester richtet.
- (2) Der Service Requester nimmt die Anforderungsdefinition entgegen und verarbeitet diese zu mehreren für den OTF-Markt handhabbaren technischen Spezifikationen.

- (3) Der vom Service Requester ausgewählte OTF Provider sucht nun geeignete Service Provider, die Services in Form von Software bereitstellen sowie Compute Center, die die notwendigen Hardware-Ressourcen für die Ausführungsumgebung anbieten.
- (4) Der OTF Provider stellt dem End User den komponierten Service zur Verfügung.

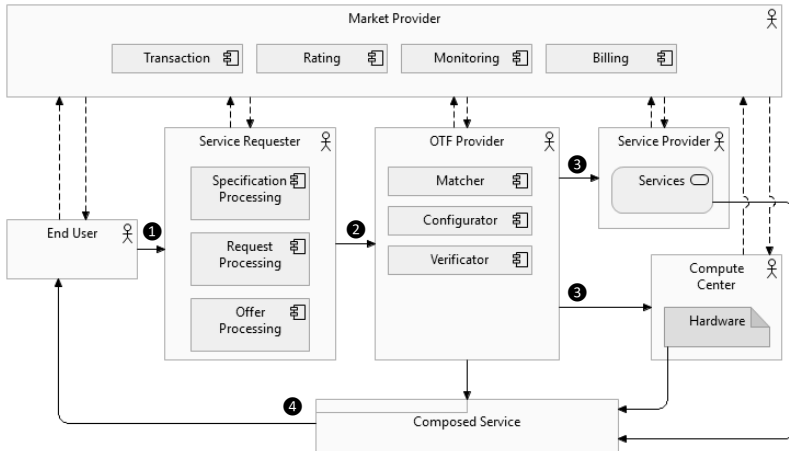


Abb. 2: Schematische Darstellung eines On-The-Fly Computing-Marktes (gestrichelte Linien zeigen die Relationen zur Abwicklung von Transaktionen mit dem Market Provider).

Erweiterungen der beschriebenen Funktionsweise von OTF-Märkten werden bereits in zahlreiche Richtungen diskutiert (z.B. öffentliche oder unternehmensinterne OTF-Märkte). Das Architekturframework soll es ermöglichen konkrete OTF-Märkte in verschiedenen Domänen instanziiert werden können (z.B. OTF-Märkte für Mobile Apps oder Cloud Services). Nächste Schritte auf dem Weg zu einem Architekturframework für OTF-Märkte umfassen daher die umfassende Evaluierung des Referenzmodells (u.a. Modellevaluation [TSF17]) sowie die Entwicklung von Methoden zur Instanziierung von konkreten OTF-Märkten [En15].

4 Zusammenfassung und Ausblick

Das EAM hat seine Ursprünge in der Praxis und ergänzt um die Erfahrungen aus der Forschung (insb. der Softwareentwicklung) findet das EAM breite Anwendung und Akzeptanz. Aus der unternehmerischen Praxis heraus ergibt sich zunehmend die Anforderung eines strategisch ausgerichteten EAM [Ah12], dass es erlaubt Marktveränderungen zeitnah in Unternehmensarchitekturen abzubilden. So ändern sich bspw. durch neue Geschäftsmodelle etablierte Regeln und Strukturen ganzer Industrien (z.B. Telekommunikationsindustrie [CD16], oder Softwareindustrie [Br14]), die die Art und Weise wie Unternehmen für ihre Kunden Wert schaffen enorm verändern.

Die Vision des Paradigmas OTF Computings ermöglicht durch seine Interdisziplinarität

neben der grundlegenden theoretischen Fundierung des EAM zukünftig auch theoretische Einflüsse über die Informatik hinaus zu berücksichtigen (z.B. Soziologie, Psychologie, oder Organisationswissenschaften) [La16]. Auch wurden mittlerweile zahlreiche Methoden, IT-Artefakte und Modelle entwickelt [Sc06], die die Anwendung des EAM erleichtern sollen. Die Effektivität dieser Methoden, IT-Artefakte und Modelle ist bisher jedoch nur bedingt evaluiert und lässt Raum für zukünftige Forschung. Langfristig ist auch die Evaluierung konkreter Instanzen des OTF-Architekturframeworks anhand von messbaren Erfolgsfaktoren denkbar [LMR16], um Aussagen über dessen Nützlichkeit treffen zu können.

5 Literaturverzeichnis

- [AGG12] Angelov, S.; Grefen, P.; Greefhorst, D.: A framework for analysis and design of software reference architectures. *Information and Software Technology* 54/5, S. 417–431, 2012.
- [Ah12] Ahlemann, F.; Stettiner, E.; Messerschmidt, M.; Legner, C. (Hrsg.): *Strategic Enterprise Architecture Management. Challenges, Best Practices, and Future Developments*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [Be12] Becker, J. et al.: Konfigurative Referenzmodellierung. In (Becker, J., Knackstedt, R., Hrsg.): *Wissensmanagement mit Referenzmodellen*. Physica-Verlag, Heidelberg, S. 25–144, 2002.
- [Br14] Brockmann, C.: *An approach to design the business model of an ERP vendor*. Schriften der Forschungsvereinigung Software, GITO, Berlin, 2014.
- [Ca17] Capgemini: *Studie IT-Trends 2017. Überfordert Digitalisierung etablierte Unternehmensstrukturen?*, S. 1–44, 2017.
- [CD16] Czarnecki, C.; Dietze, C.: *Reference Architecture for the Telecommunications Industry: Transformation of Strategy, Organization, Processes, Data, and Applications*. Springer, Berlin, Heidelberg, S. 3-8, 2016.
- [LMR16] Lange, M.; Mendling, J.; Recker, J.: An empirical analysis of the factors and measures of Enterprise Architecture Management success. *European Journal of Information Systems* 25/5, S. 411–431, 2016.
- [Fe14] Fettke, P.: Eine Methode zur induktiven Entwicklung von Referenzmodellen. In (Kundisch, D.; Suhl, L.; Beckmann, L., Hrsg.) *Tagungsband der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI 2014)*, Paderborn, Deutschland, S. 1034–1047, 2014.
- [Ja16a] Jazayeri, B.: Architectural management of on-the-fly computing markets. In (Bahsoon, R.; Weinreich R., Hrsg.) *Proceedings of the 10th European Conference on Software Architecture Workshops (ECSAW 2016)*, Kopenhagen, Dänemark, S. 42–43, 2016.
- [Ja16b] Jazayeri, B. et al.: Features of IT Service Markets: A Systematic Literature Review. In (Sheng, Q. Z. et al., Hrsg.) *Proceedings of the 14th International Conference on Service-Oriented Computing (ICSOC 2016)*, Banff, Kanada, S. 301–316, 2016.
- [LMR16] Lange, M.; Mendling, J.; Recker, J.: An empirical analysis of the factors and measures

- of Enterprise Architecture Management success. *European Journal of Information Systems* 25/5, S. 411–431, 2016.
- [La16] Lapalme, J. et al.: Exploring the future of enterprise architecture. A Zachman perspective. *Computers in Industry* 79, S. 103–113, 2016.
- [En15] Engels, G. et al.: *Quasar Enterprise: Anwendungslandschaften serviceorientiert gestalten*. dpunkt, Heidelberg, 2015.
- [SV98] Shapiro, C.; Varian, H. R.: *Information rules. A strategic guide to the network economy*. Harvard Business School Press, Boston, USA, 1998.
- [SFS13] Simon, D.; Fischbach, K.; Schoder, D.: An exploration of enterprise architecture research. *Communications of the Association for Information Systems* 32/1, S. 1–72, 2013.
- [TSF17] Timm, F.; Sandkuhl, K.; Fellmann, M.: Towards A Method for Developing Reference Enterprise Architectures. In (Leimeister, J. M.; Brenner, W., Hrsg.) *Tagungsband der 13. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2017)*, St. Gallen, Schweiz, S. 331–345, 2017.
- [Un15] Universität Paderborn: Antrag des Sonderforschungsbereichs „On-The-Fly Computing“. *Individualisierte IT-Dienstleistungen in dynamischen Märkten*, 2015.
- [Sc06] Schekkerman, J.: *How to survive in the jungle of enterprise architecture frameworks. Creating or choosing an enterprise architecture framework*. Trafford Publishing, Victoria, Kanada, 2006.
- [WF06] Winter, R.; Fischer, R.: Essential Layers, Artifacts, and Dependencies of Enterprise Architecture. In (IEEE Computer Society, Hrsg.) *Proceedings of the 10th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops (EDOCW 2006)*, Hong Kong, China, S. 30–38, 2006.
- [WHN03] Weinhardt, C.; Holtmann, C.; Neumann, D.: *Market-Engineering. Wirtschaftsinformatik* 45/6, S. 635–640, 2003.
- [Za87] Zachman, J. A.: A framework for information systems architecture. *IBM Systems Journal* 26/3; S. 276–292, 1987.

Danksagung: Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Sonderforschungsbereichs „On-The-Fly Computing“ (SFB 901) unterstützt.