

Vorgehensmodell zur fachlichen Bewertung serviceorientierter Architekturen

Matthias Stutz, Stephan Aier

Universität St. Gallen
Institut für Wirtschaftsinformatik
Müller-Friedberg-Strasse 8
CH-9000 St. Gallen
{matthias.stutz; stephan.aier}@unisg.ch

Abstract: Wesentlich für eine zielorientierte Steuerung serviceorientierter Architekturen ist ihre Bewertung. Geeignete Bewertungsansätze sind derzeit nicht vorhanden. Zwar werden oft technische Kennzahlen wie Verfügbarkeit oder Reaktionszeiten einzelner Services gemessen, die eigentliche Wirkung auf die Flexibilisierung der Geschäftsprozesse lässt sich aber so nicht darstellen. Auf Basis der Analyse bestehender Verfahren wird ein ganzheitlicher Bewertungsansatz entworfen und in ein systematisches Vorgehensmodell integriert. Durch die strukturierte Ableitung architekturelevanter Attribute aus fachlichen Geschäftsanforderungen können Messgrößen zur Analyse und Bewertung der Szenarien und damit der Wirkung serviceorientierter Architektur gebildet werden.

1 Motivation

Trotz der stetig steigenden Komplexität der IT-Systemlandschaften großer Organisationen soll deren IT sich immer schneller ändernde Geschäftsprozesse unterstützen [WS05]. Um die Komplexität handhabbar zu machen und Unternehmensarchitekturen wieder effizient managen zu können, werden unter anderem Ansätze wie serviceorientierte Architekturen (SOA) diskutiert [Si07]. Die Grundidee einer SOA ist es, fachliche Funktionalität in kleinen, lose gekoppelten Einheiten (Services) zu kapseln, um diese schließlich technisch implementierten Services flexibel zu Prozessen zusammensetzen zu können. Bislang wird SOA allerdings vorrangig auf einer technischen Ebene der Softwareentwicklung diskutiert [Oe06]. Das eigentliche Potenzial einer SOA liegt in ihrer konzeptionellen Mittlerfunktion zwischen Geschäftsprozessen und Softwaresystemen mit Hilfe fachlicher Services.

Um den Anspruch einer SOA zu erfüllen, in Unternehmensarchitekturen einen Abgleich von fachlichen Anforderungen und technischer Umsetzung herbeizuführen, muss die technische Sichtweise um nicht technische Aspekte erweitert werden [KTV07]. Dazu wird im Folgenden die Position von SOA als Architekturparadigma innerhalb von Unternehmensarchitekturen dargestellt (Abbildung 1).

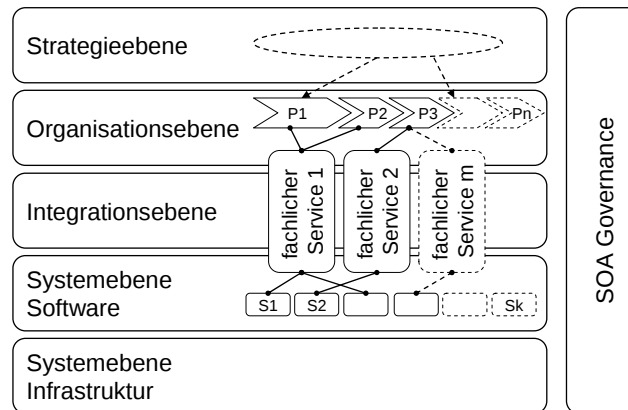


Abbildung 1: Ebenen und Elemente der Unternehmensarchitektur, in Anlehnung an [WF06]

Eine wesentliche Herausforderung ist es, die tatsächliche Wirkung und den Nutzen einer SOA in der Unternehmensarchitektur nachzuweisen. Zwar werden oft technische Kennzahlen wie Verfügbarkeit oder Reaktionszeiten einzelner Services gemessen, die Wirkung auf die Flexibilisierung der Geschäftsprozesse lässt sich so jedoch nicht abbilden. Aus dieser Notwendigkeit leitet sich die Forschungsfrage des vorliegenden Beitrags ab: „Wie lassen sich serviceorientierte Architekturen aus einer ganzheitlichen Perspektive bewerten?“

Wird SOA als ein Gestaltungsparadigma für Unternehmensarchitekturen betrachtet, so ergeben sich daraus die zu bewertenden Artefakte einer SOA. Im Kern sind dies die eigentlichen Architekturartefakte, d.h. der SOA-relevanten Elemente der Unternehmensarchitektur, welche sich primär auf Organisations-, Integrations- und Softwareebene befinden und fallweise durch die strategische Positionierung erweitert werden (Abbildung 1). Auf einer Metaebene befinden sich die ebenfalls bewertungsrelevanten Artefakte der SOA-Governance [SS07]. Diese umfassen zum einen die Architekturmanagement-Prozesse [SW07] wie Planung, Entwicklung, Betrieb und Steuerung der Architektur sowie die dazu notwendigen organisatorischen Strukturen wie Gremien, Komitees und Rollen, welche in der Unternehmung verankert werden müssen. Durch die Bewertung der Artefakte der Metaebene können indirekt Effizienz und Effektivität der Zusammenarbeit gemessen werden [CH06].

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein vierstufiger Forschungsprozess in Anlehnung an [Pe06] auf Grundlage des Design-Science-Paradigmas [He04] angewandt. Dazu wird anhand des dargestellten Forschungsbedarfs (Abschnitt 1) und auf Basis der Analyse bestehender Ansätze (Abschnitt 2) ein Vorgehensmodell entwickelt (Abschnitt 3), welches zur Verringerung der identifizierten Forschungslücke beitragen soll. Das entwickelte Methodenartefakt wird anschließend einer kritischen Evaluation (Abschnitt 4) unterzogen.

2 Bestehende Ansätze

Im Folgenden werden bestehende Ansätze zur Bewertung von serviceorientierten Architekturen diskutiert. Hierbei haben sich in der Praxis und Theorie zwei Typen von Bewertungsmethoden etabliert – qualitative Reifegradmodelle sowie quantitative Softwarearchitekturmetriken.

2.1 Reifegradmodelle

Der Begriff Reife wurde erstmals in einem von Crosby entworfenen Modell, dem *Quality Management Maturity Grid* (QMMG) erwähnt [Cr79] und bezeichnet das Ausmaß, in dem ein Prozess definiert, beschrieben, geplant, gesteuert und kontrolliert wird. Die Struktur des QMMG war Vorlage für das spätere *Capability Maturity Model for Software* des Software Engineering Institute der Carnegie Mellon University [Ba98; Pa93]. Das Nachfolgemodell *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) hilft, den Reifegrad von Softwareentwicklungsprozessen zu ermitteln, um gezielt Verbesserungen vornehmen zu können [Kn06]. Das Konzept der Reifegradmodelle hat neben der Softwareentwicklung [CHM01; KI02] auch in anderen Disziplinen, wie z.B. dem strategischen Alignment [HV93], dem Business/IT-Alignment [Lu00] und der Business Process Management Maturity [RB04], Verbreitung gefunden. Auch für IS-Architekturen wurden Reifegradmodelle entwickelt, wie z.B. das *IT Architecture Capability Maturity Model* [De03] oder *advancing Enterprise Architecture Maturity* [Fe05].

Zwei weitere Modelle haben sich in jüngster Zeit für serviceorientierte Architekturen etabliert. Das *SOA Maturity Model* (SOAMM) ist ein fünfstufiges Reifegradmodell für serviceorientierte Architekturen [So05]. Das Modell stellt eine Methode zur Bestimmung des Implementierungsfortschrittes einer SOA zur Verfügung, indem innerhalb jeder Stufe eine bestimmte Architekturimplementierung empfohlen wird. So lässt sich die Reife anhand der erreichten Stufe beschreiben. Das Modell ist Grundlage für das von der OASIS entwickelte *Reference Model for SOA* [OA06].

Das *Service Integration Maturity Model* (SIMM) ist ein aus sieben Ebenen bestehendes Reifegradmodell für serviceorientierte Architekturen. Das Modell hilft bei der Umsetzung einer SOA, indem es typische Implementierungen aufzeigt [AH05]. Dabei wird nicht die Architektur bewertet, sondern die Integration der Services. Das Reifegradmodell wird heute als *The Open Group Service Integration Maturity Model* (OSIMM) aktiv weiterentwickelt [Op07].

Ein Vorteil der beschriebenen Reifegradmodelle ist die breite Bewertungsbasis, welche durch die Anwendung abgedeckt wird. Trotzdem werden aber Aspekte wie z.B. SOA-Governance nicht adressiert (Abbildung 1). Ein weiterer Nachteil der Modelle ist, dass sie die Fähigkeiten, welche eine Organisation haben muss, wohl beschreiben, nicht aber, wie diese im Einzelnen auszugestalten und umzusetzen sind. Dadurch lassen sich Reifegradmodelle nur zur Grobpositionierung verwenden und sind deswegen „nur“ dazu geeignet SOA zu verstehen. Resultierend aus diesen Überlegungen werden im Folgenden Softwarearchitekturmetriken für die SOA-Bewertung analysiert.

2.2 Szenariobasierte Bewertungsansätze

Metrische Ansätze zur Bewertung von Softwarearchitekturen haben sich in der Softwareentwicklung etabliert [Zu98]. Rubey et al. publizierten 1968 einen ersten Versuch die Anforderungen an Softwaresysteme zu messen [FP98]. Softwaremetriken decken seither ein breites Spektrum ab, wobei hauptsächlich Prozesse, Produkte oder Ressourcen als Bewertungsobjekte betrachtet werden [FP98]. Um Softwarearchitekturen zielorientiert bewerten zu können, haben sich zusätzlich Anfang der 1990er Jahre szenariobasierte Bewertungsmethoden durchgesetzt [CKK02]. Damit war es möglich, die Erreichung eines gewünschten, zukünftigen Zustands der Softwarearchitektur und die Maßnahmen, die zu diesem Zustand führen, zu steuern [He02]. Im Folgenden werden die drei bekanntesten szenariobasierten Bewertungsmethoden vorgestellt.

Die *Software Architecture Analysis Method* (SAAM) am Software Engineering Institute an der Carnegie Mellon University entwickelt [Ka94]. Das Ziel ist die Untersuchung der Änderbarkeit von Softwarearchitekturen anhand verschiedener Qualitätsattribute wie Modifizierbarkeit, Portierbarkeit und Performance [Ka94]. Dazu werden alternative Szenarien erarbeitet und kontextspezifisch bewertet.

Die *Architecture Trade-Off Analysis Method* (ATAM) ist die Weiterentwicklung der SAAM [KKC00]. Dabei wurde die SAAM mit neuen Konzepten, wie z.B. den Utility-Bäumen, den Tradeoff Points und den Sensitivity Points erweitert [KKC00]. Damit wurde es möglich, Architekturentscheidungen in Bezug auf verschiedene Qualitätsmerkmale unter Berücksichtigung der wechselseitigen Auswirkungen zu treffen.

Ebenfalls an der Carnegie Mellon University ist die *Cost-Benefit Analysis Method* (CBAM) entstanden [Mo03]. Bei diesem szenariobasierten Ansatz werden explizite Geschäftsziele und deren Operationalisierung betrachtet, indem Kosten-Nutzen-Analysen in die Bewertung der Szenarien einfließen [Mo03].

Die dargestellten Ansätze der szenariobasierten Architekturbewertungen für Softwarearchitekturen weisen wegen ihres gemeinsamen Ursprungs hohe Ähnlichkeiten und Abhängigkeiten auf. So lassen sich die CBAM und die ATAM in einem integrierten Modell gleichzeitig anwenden [No03]. Aus diesem Grund werden im Folgenden die szenariobasierten Architekturbewertungsmethoden nicht einzeln, sondern gemeinsam für die Eignung zur Bewertung von serviceorientierten Architekturen betrachtet.

2.3 Eignung der Ansätze zur Bewertung von SOA

Anhand der skizzierten Reifegradmodelle und der szenariobasierten Architekturbewertungsmethoden lässt sich festhalten, dass beide Ansätze Vor- und Nachteile haben. So haben sich Reifegradmodelle auf Grundlage ihres Bewertungsspektrums *Top-down* entwickelt, wohingegen szenariobasierte Methodiken *Bottom-up* entstanden sind [VST05]. Zur Entwicklung einer Architekturbewertungsmethode für serviceorientierte Architekturen eignen sich szenariobasierte Architekturbewertungsmethoden insgesamt besser, da sie spezifischere und quantitative Aussagen über die untersuchten Bewertungsobjekte zulassen. Somit wird für den weiteren Verlauf eine Adaption der klassischen szenarioba-

sierten Architekturbewertungsmethoden auf Grundlage der ATAM und CBAM für serviceorientierte Archieturen entwickelt.

3 Entwicklung des Vorgehensmodells

Um die identifizierte Forschungslücke bezüglich der fachlichen Bewertung von serviceorientierten Architekturen zu schließen, wird im Folgenden ein Vorgehensmodell entwickelt. In Anlehnung an [Gu94] ist ein Vorgehensmodell wesentlicher Bestandteil einer Methode und besteht aus einer geordneten Menge von Aktivitäten.

Auf Grundlage der vorgestellten Ansätze werden Methodenfragmente der szenariobasierten Architekturbewertung für serviceorientierte Architekturen adaptiert und erweitert. Das Ziel von Architekturszenarien ist die hypothetische Vorhersage der Qualität eines Systems, bevor es implementiert wird [KKC00]. Somit können verschiedene Ausprägungen einer SOA mittels Analyse der Vor- und Nachteile bewertet werden, um so eine Grundlage für Architekturentscheide zu erhalten [Si06].

Basierend auf einer fachlichen (*business driven*) und architekturenspezifischen (*architecture driven*) Betrachtung kann für die szenariobasierte Bewertung von serviceorientierten Architekturen folgende Vorgehensweise adaptiert werden (Abbildung 2).

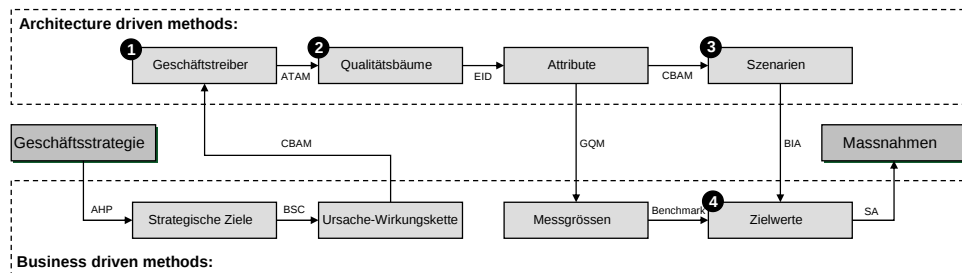


Abbildung 2: Vorgehensweise der szenariobasierten Architekturbewertung für SOA

Die fachliche Betrachtungsweise (*business driven*) ist notwendig, um die Umsetzung der funktionalen Geschäftsanforderungen an die serviceorientierte Architektur sicherzustellen [St07]. Dazu werden die strategischen Ziele mit Hilfe der Balanced Scorecard (BSC) [KN92; KN96; KN97] in architekturelevante Vorgaben transformiert. Demgegenüber fokussiert die architekturenspezifische Betrachtung auf die Sicherstellung qualitativer Architektureigenschaften. Hierbei können Szenarien helfen, die serviceorientierte Architektur anhand ihrer Bewertungsaspekte zu gestalten.

Innerhalb der adaptierten Vorgehensweise können vier Kernaktivitäten (1, 2, 3, 4) der szenariobasierten Architekturbewertung für serviceorientierte Architekturen identifiziert werden, welche im Weiteren detaillierter beschrieben werden.

3.1 Identifikation von architekturelevanten Geschäftstreibern

Ausgehend von der Geschäftsstrategie werden architekturelevante Strategieobjekte zur Umsetzung des Geschäftsmodells identifiziert [He02], welche mit Hilfe des *Analytic Hierarchy Process* (AHP) [SV94] priorisiert und in strategische Ziele übersetzt werden. Die sogenannten *Strategy-Maps* [KN04] der BSC verknüpfen die strategischen Ziele mit Ursache-Wirkungsketten. Anhand dieser Abhängigkeiten werden mit der CBAM den Geschäftszielen Geschäftstreiber zugeordnet [Mo03] (Tabelle 1).

Geschäftsstrategieszenario	Strategieobjekte	strategische Ziele	architekturelevante Geschäftstreiber
Erreichung einer dominanten Marktposition	Marktanteil	Kostenführerschaft, Effizienz	Geschwindigkeit (Time to Market)

Tabelle 1: Beispielszenario zur Identifikation von architekturelevanten Geschäftstreibern

Die identifizierten architekturelevanten Geschäftstreiber ❶ können in einem nächsten Schritt anhand von Qualitätsbäumen für serviceorientierte Architekturen in qualitative Architekturattribute transformiert werden.

3.2 Entwicklung von Qualitätsbäumen für serviceorientierte Architekturen

In Anlehnung an ATAM werden Qualitätsbäume ❷ für serviceorientierte Architekturen entwickelt [CKK02]. Dazu werden den architekturelevanten Geschäftstreibern sachlogische Qualitätsmerkmale hierarchisch zugeordnet [He02]. Diese Vorgehensweise erlaubt es, Architekturattribute modular in einem komplexen System abzubilden (Abbildung 3).

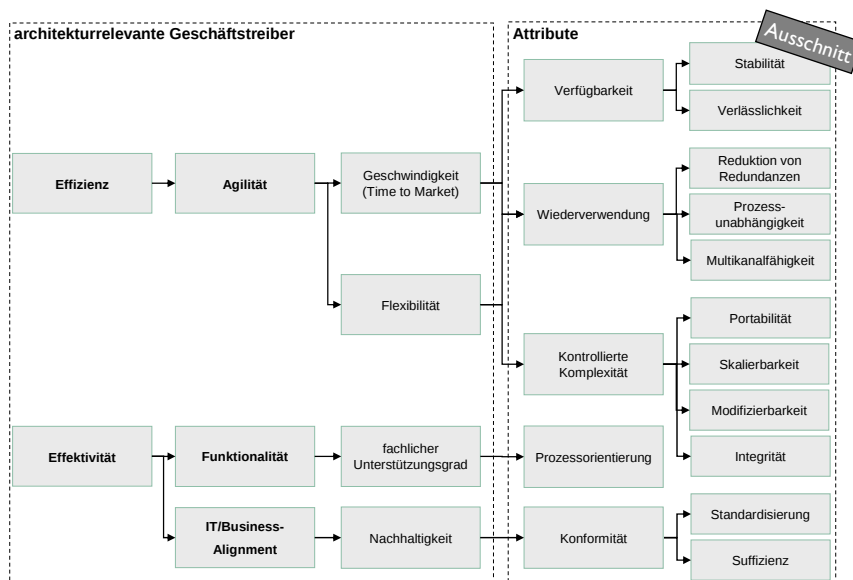


Abbildung 3: Exemplarischer Qualitätsbaum für serviceorientierte Architekturen

Die wesentlichen architekturelevanten Geschäftstreiber für serviceorientierte Architekturen lassen sich auf Agilität, Funktionalität und fachliche Wiederverwendung reduzieren [Ai07]. Bei der anschließenden Operationalisierung der identifizierten Geschäftstreiber in spezifische Architektureigenschaften können Redundanzen und Überschneidungen der Qualitätsattribute mit Hilfe der Anwendung und Darstellung von *Extended Influence Diagrams* [Ai07; Jo06] kontrolliert werden. Ebenfalls können innerhalb der abgeleiteten Architekturparameter konträre Ziele auftreten. So lassen sich z.B. hohe Wiederverwendung und Agilität nicht gleichzeitig realisieren. Es muss ein Kompromiss zwischen beiden Eigenschaften durch Maximierung des Gesamtnutzens gefunden werden (Abbildung 4).

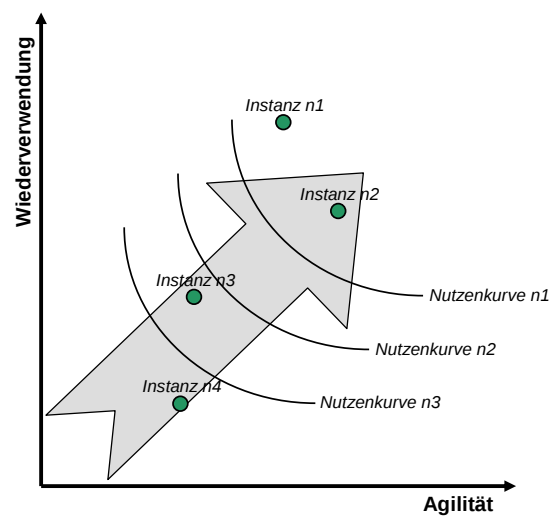


Abbildung 4: Beispiel konträrer Qualitätsziele für serviceorientierte Architekturen

Nach der Definition der Qualitätsbäume für serviceorientierte Architekturen werden den identifizierten Architekturattributen mit Hilfe der *Goal-Question-Metrik*(GQM)-Methode [BW84] Messgrößen zugewiesen (Abbildung 5).

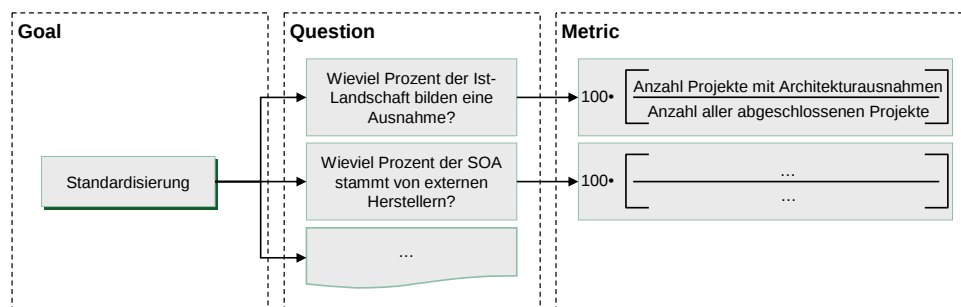


Abbildung 5: Beispiel einer Operationalisierung des Attributs *Standardisierung*

Die Bildung von solchen operativ messbaren Evaluationsmetriken soll helfen, die anschließend identifizierten Szenarien quantitativ anhand von Indikatoren bewerten zu können [Si06].

3.3 Identifikation von Szenarien für serviceorientierte Architekturen

Auf Basis der identifizierten Architektureigenschaften werden mit Hilfe der CBAM und ATAM Szenarien ❸ zur Bewertung von serviceorientierten Architekturen gebildet [No03]. Verschiedene Qualitätsausprägungen werden dazu den einzelnen Attributen zugewiesen und anhand des Zielerreichungsgrades der architekturelevanten Geschäftstreiber verglichen. Bei der Identifikation solcher Szenarien ist zu beachten, dass sie sich für einen aussagekräftigen Vergleich klar abgrenzen und unterscheiden lassen [CKK02].

3.4 Analyse und Bewertung der Szenarien

Abschließend werden die hypothetischen Szenarien aus Sicht der Unternehmung bewertet. Für jedes Szenario gilt es, die entsprechenden Ausprägungen der abgeleiteten Messgrößen zu berechnen und entsprechende Zielwerte ❹ zu bilden. Anhand derer lassen sich die verschiedenen Szenarien und deren Wirkung quantitativ mit Hilfe einer *Business Impact Analyse* (BIA) vergleichen und bewerten. Als zusätzliche Bewertungsgrundlage eignen sich Benchmarks mit vergleichbaren Architekturimplementierungen oder „*best-practice*“-Ansätze. Nach der Bewertung und Auswahl der Szenarien werden im letzten Schritt die zur Umsetzung notwendigen Maßnahmen anhand von *strategischen Aktionen* (SA) [KN97] identifiziert.

4 Evaluation des Vorgehensmodells

Das entwickelte Vorgehensmodell wird gemäß dem angewandten Forschungsprozess einer kritischen Evaluation am Beispiel eines führenden deutschen Finanzdienstleisters bewertet. Ziel des Unternehmens ist es, seine Architektur so zu gestalten, dass diese sich den schnell wechselnden Marktanforderungen ebenso schnell anpassen kann. Deshalb entschied man sich früh, die Prinzipien serviceorientierter Architekturen anzuwenden. Dazu wurde eine Drei-Schichten-Architektur auf Basis der bestehenden Host-Systeme aufgebaut. Mittels einer speziellen Schnittstelle konnte die funktionale Integration mit der bewährten Host-Welt geschaffen werden. Darauf aufbauend wurde ein fachliches Prozessportal mit derzeit über 1.600 fachlichen Services entwickelt. Nachdem die Basis für den Aufbau einer serviceorientierten Architektur gelegt worden ist, wurde die Notwendigkeit zur Bewertung bestehender und potenziell neu zu entwickelnder Services erkannt. Dazu wurde ein Bewertungsansatz auf Basis des hier vorgeschlagenen Vorgehensmodells implementiert. Abgeleitet wurden acht Messgrößen zur fachlichen Bewertung von serviceorientierten Architekturen und mit Hilfe der Balanced Scorecard gruppiert (vgl. Abbildung 6).

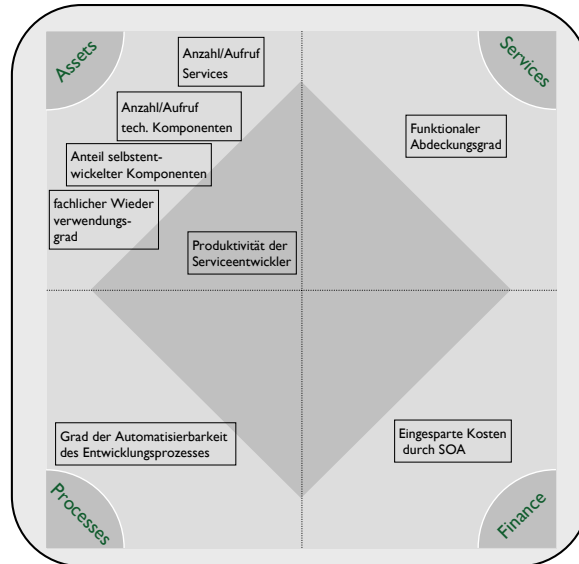


Abbildung 6: Fachliches Bewertungsszenario für serviceorientierte Architekturen

Mit Hilfe der abgeleiteten Messgrößen können die fachlichen und architekturenspezifischen Bewertungsaspekte integriert betrachtet werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel dieses Beitrags ist die Entwicklung eines Vorgehensmodells, welches geeignet ist, SOA nicht nur auf einer technischen Ebene, sondern als Paradigma für die Flexibilisierung von Unternehmensarchitekturen in den entsprechenden Einsatzszenarien zu beurteilen. Auf Basis einer Analyse bestehender Verfahren wurde ein szenariobasierter Bewertungsansatz adaptiert. Der dargestellte Ansatz für die Bewertung serviceorientierter Architekturen vereint eine fachliche und architekturenspezifische Bewertung durch ein systematisches Vorgehen. Durch die Transformation der strategischen Geschäftsanforderungen in architekturenrelevante Attribute können Messgrößen zur Analyse von Architekturszenarien gebildet werden. Weiterer Forschungsbedarf ist nötig, um das Vorgehensmodell in eine integrierte und umfassende Gesamtmethode einzubetten.

Literaturverzeichnis

- [AH05] Arsanjani, A.; Holley, K.: Increase Flexibility with the Service Integration Maturity Model (SIMM). <http://www-128.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-soa-simm/>, Abruf am 10.9.2007.
- [Ai07] Aier, S. et al.: Deriving SOA Evaluation Metrics in an Enterprise Architecture Context. In: Proceedings, 2nd International SeMSoc Workshop – Business Oriented Aspects

- concerning Semantics and Methodologies in Service-oriented Computing at the Fifth International Conference on Service Oriented Computing, Vienna, Austria 2007.
- [Ba98] Balzert, H.: Lehrbuch der Software-Technik. Software-Management, Software-Qualitätssicherung, Unternehmensmodellierung. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin 1998.
 - [BW84] Basili, V. R.; Weiss, D. M.: A Methodology for Collecting Valid Software Engineering Data. In: IEEE Transactions on Software Engineering 10 (1984) 6.
 - [CH06] Carton, R. B.; Hofer, C. W.: Measuring Organizational Performance: Metrics for Entrepreneurship and Strategic Management Research. Edward Elgar, Northampton, Massachusetts 2006.
 - [CHM01] Curtis, B.; Hefley, W. E.; Miller, S. A.: People Capability Maturity Model (P-CMM). Pittsburgh, PA 2001.
 - [CKK02] Clements, P.; Kazman, R.; Klein, M.: Evaluating Software Architectures. Addison-Wesley, Boston, San Francisco, New York, e.a. 2002.
 - [Cr79] Crosby, P. B.: Quality Is Free – The Art of Making Quality Certain. McGraw-Hill, New York, NY 1979.
 - [De03] The Department of Commerce Enterprise: IT Architecture Capability Maturity Model. Washington, D.C. 2003.
 - [Fe05] The Federal CIO Council: Advancing Enterprise Architecture Maturity. <http://www.actgov.org/actiac/documents/sigs/easig/EAMaturityWP013105.pdf>, Abruf am 10.9.2007.
 - [FP98] Fenton, N. E.; Pfleeger, S. L.: Software Metrics - A Rigorous & Practical Approach. 2 Aufl., PWS Publishing Company, Boston et al. 1998.
 - [Gu94] Gutzwiller, T. A.: Das CC RIM-Referenzmodell für den Entwurf von betrieblichen, transaktionsorientierten Informationssystemen. Physica, Heidelberg 1994.
 - [He02] Heinrich, L. J.: Informationsmanagement: Planung, Überwachung und Steuerung der Informationsinfrastruktur. 7. Aufl. Aufl., Oldenbourg, München, Wien 2002.
 - [He04] Hevner, A. R. et al.: Design Science in Information Systems Research. In: MIS Quarterly 28 (2004) 1, S. 75-105.
 - [HV93] Henderson, J. C.; Venkatraman, N.: Strategic alignment: Leveraging information technology for transforming organizations. In: IBM Systems Journal 32 (1993) 1, S. 4-16.
 - [Jo06] Johnson, P. et al.: Extended Influence Diagrams for Enterprise Architectural Analysis. In: Proceedings, 10th IEEE International Annual Enterprise Distributed Object Computing Conference 2006, S. 1-10.
 - [Ka94] Kazman, R. et al.: SAAM: A Method for Analyzing the Properties of Software Architectures. In: Proceedings, Proceedings of the 16th international conference on Software Engineering, Sorrento, Italy 1994, S. 91-90.
 - [KI02] Kwak, Y. H.; Ibbs, C. W.: Project Management Process Maturity (PM)² Model. In: Journal of Management in Engineering 18 (2002) 3, S. 150-155.
 - [KKC00] Kazman, R.; Klein, M.; Clements, P.: ATAM: Method for Architecture Evaluation. Software Engineering Institute Carnegie Mellon University 2000.
 - [KN04] Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: Strategy Maps. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2004.
 - [Kn06] Kneuper, R.: CMMI - Verbesserung von Softwareprozessen mit Capability Maturity Model Integration. 2. Aufl. Aufl., dpunkt, Heidelberg 2006.
 - [KN92] Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: The Balanced Scorecard - Measures that Drive Performance. In: Harvard Business Review 70 (1992) 1, S. 71-79.
 - [KN96] Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. In: Harvard Business Review January-February (1996), S. 75-85.
 - [KN97] Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: Balanced Scorecard. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1997.
 - [KTV07] Kilian-Kehr, R.; Terzidis, O.; Voelz, D.: Industrialisation of the Software Sector. In: Wirtschaftsinformatik 49 (2007) Sonderheft, Februar, S. 62-71.

- [Lu00] Luftman, J. N.: Assessing Business-IT Alignment Maturity. In: Communications of the Association for Information Systems (AIS) 4 (2000) 14, S. 1-50.
- [Mo03] Moore, M. et al.: Quantifying the Value of Architecture Design Decisions: Lessons from the Field. In: Proceedings, Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering (ICSE 25), Portland, Oregon 2003.
- [No03] Nord, R. L. et al.: Integrating the Architecture Tradeoff Analysis Method (ATAM) with the Cost Benefit Analysis Method (CBAM). www.sei.cmu.edu/pub/documents/03.reports/pdf/03tn038.pdf, Abruf am 8.2.2007.
- [OA06] OASIS: Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0. <http://www.oasis-open.org/committees/download.php/19679/soa-rm-cs.pdf>, Abruf am 11.9.2007.
- [Oe06] Oey, K. J. et al.: Mehr als alter Wein in neuen Schläuchen: Eine einführende Darstellung des Konzepts der serviceorientierten Architekturen. In: Aier, S.; Schönherr, M. (Hrsg.): Unternehmensarchitekturen und Systemintegration. Gito, Berlin 2006, S. 197–220.
- [Op07] The Open Group: The Open Group Service Integration Maturity Model. <http://www.opengroup.org/projects/osimm/>, Abruf am 5.9.2007.
- [Pa93] Paulk, M. C. et al.: Capability Maturity Model(SM) for Software, Version 1.1. Pittsburgh, PA 1993.
- [Pe06] Peffers, K. et al.: The Design Science Research Process: A Model for Producing and Presenting Information Systems Research. In: Proceedings, First International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology, Claremont, CA 2006.
- [RB04] Rosemann, M.; de Bruin, T.: Application of a Holistic Model for Determining BPM Maturity. In: Washington D.C. 2004, S. 1-21.
- [Si06] Simonsson, M. et al.: Scenario-Based Evaluation of Enterprise Architecture - A Top-Down Approach for CIO Decision-Making. In: Proceedings, International Conference on Enterprise Information Systems 2006.
- [Si07] Siedersleben, J.: SOA revisited: Komponentenorientierung bei Systemlandschaften. In: Wirtschaftsinformatik 49 (2007) Sonderheft, Februar, S. 110-117.
- [So05] Sonic Software et al.: A new Service-oriented Architecture (SOA) Maturity Model. <http://www.systinet.com/dl/SOA-Maturity-WP.pdf>, Abruf am 12.9.2007.
- [SS07] Schelp, J.; Stutz, M.: SOA Governance. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik 42 (2007) 253, S. 66-73.
- [St07] Stutz, M.: Enterprise Architecture as a Source for Sustainable Competitive Advantage. In: Proceedings, Swiss - Italian Workshop on Information Systems, St. Gallen 2007.
- [SV94] Saaty, T. L.; Vargas, L. G.: Decision Making in Economic, Political, Social and Technological Environments with the Analytic Hierarchy Process. RWS Publications, Pittsburgh 1994.
- [SW07] Schelp, J.; Winter, R.: Towards a Methodology for Service Construction. In: Proceedings, Hicss-40 2007, S. 64a (61-67).
- [VST05] Vasconcelos, A.; Sousa, P.; Tribolet, J.: Information System Architecture Evaluation: From Software to Enterprise Level Approaches. In: Proceedings, 12th European Conference On Information Technology Evaluation (ECITE 2005), Turku, Finland 2005.
- [WF06] Winter, R.; Fischer, R.: Essential Layers, Artifacts, and Dependencies of Enterprise Architecture. In: Proceedings, EDOC Workshop on Trends in Enterprise Architecture Research (TEAR 2006), Los Alamitos, CA, USA 2006.
- [WS05] Winter, R.; Schelp, J.: Dienst-Orientierung im Business Engineering. In: HMD - Praxis Der Wirtschaftsinformatik 42 (2005) 241, S. 45-54.
- [Zu98] Zuse, H.: A Framework of Software Measurement. Walter de Gruyter, Berlin, New York 1998.